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

中兴通讯技术
ZTE TECHNOLOGY JOURNAL

www.zte.com.cn/magazine

2014年2月 • 第1期

专题：社会网络技术、应用与市场

中兴通讯技术 ZTE TECHNOLOGY JOURNAL 二〇一四年二月 第二十卷第一期 总第一一四期

《中兴通讯技术》第6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）

编委（按姓氏拼音排序）

艾　波　中国联通学院党委书记，北京大学兼职教授，北京邮电大学兼职教授
曹淑敏　工信部电信研究院院长、教授级高工
陈建平　上海交通大学电子信息与电气工程学院电子工程系教授
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、教授
陈锡生　南京邮电大学通信与信息工程学院教授
程时端　北京邮电大学网络技术研究院教授
高　文　中国工程院院士，北京大学信息科学技术学院教授
葛建华　西安电子科技大学通信工程学院副院长、教授
顾畹仪　北京邮电大学信息光子学与光通信研究院教授
郭云飞　解放军信息工程大学副校长
管海兵　上海交通大学电子信息与电气工程学院副院长、教授
侯为贵　中兴通讯股份有限公司董事长
何士友　中兴通讯股份有限公司执行副总裁
洪　波　中兴发展股份有限公司总裁
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、教授
江　华　中兴通讯股份有限公司副总裁
蒋林涛　工信部电信研究院科技委主任、教授级高工
雷震洲　工信部电信研究院科技委副主任、教授级高工
李红滨　北京大学科研部副部长，信息科学技术学院教授
李建东　西安电子科技大学副校长、教授
李乐民　中国工程院院士，电子科技大学通信与信息工程学院教授
李融林　华南理工大学电子与信息学院教授
李少谦　电子科技大学通信抗干扰技术国家重点实验室主任、教授
李　星　清华大学电子工程系教授，CERNET 网络中心副主任
马建国　天津大学电子信息工程学院院长、教授
孟洛明　北京邮电大学职称评审委员会主任，学术委员会副主任，网络与交换技术国家重点实验室主任、教授
糜正琨　南京邮电大学通信与信息工程学院教授
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、教授
谈振辉　北京交通大学原校长，电子信息工程学院教授
唐雄燕　中国联通网络技术研究院首席专家、教授级高工
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董事、高级副总裁
王　京　清华大学教授，清华大学信息科学与技术国家实验室副主任
王文东　北京邮电大学网络技术研究院副院长、教授
王晓明　中兴通讯微电子研究院院长
王育民　西安电子科技大学通信工程学院教授
韦乐平　中国电信集团公司科技委主任、教授级高工
卫　国　中国科学技术大学信息科学技术学院教授
邬贺铨　中国工程院原副院长、院士
吴克利　香港中文大学电子工程系教授
徐安士　北京大学信息科学技术学院教授
须成忠　美国韦恩州立大学电子与计算机工程系主任、教授，中科院深圳先进技术研究院首席科学家、云计算中心主任
续合元　工信部电信研究院通信标准研究所总工、教授级高工
薛一波　清华大学 CPU&SOC 中心副主任，信息技术研究院研究员
杨义先　北京邮电大学信息安全中心主任，灾备技术国家工程实验室主任、教授
杨　震　南京邮电大学校长、教授
尤肖虎　东南大学信息科学与工程学院院长、教授
乐光新　北京邮电大学信息与通信工程学院教授
张宏科　北京交通大学下一代互联网国家工程实验室主任、教授
张　平　北京邮电大学泛网无线通信教育部重点实验室主任、教授
张同须　中国移动通信集团设计院副院长兼总工
张智江　中国联合网络通信有限公司网络建设部总经理、教授级高工
赵厚麟　国际电信联盟（ITU）副秘书长、俄罗斯电信科学院院士
赵慧玲　中国电信股份有限公司北京研究院总工程师、教授级高工
赵先明　中兴通讯股份有限公司执行副总裁
郑纬民　清华大学计算机系高性能计算研究所所长、教授，中国计算机学会理事长
钟义信　北京邮电大学计算机学院教授
朱近康　中国科技大学信息科学技术学院教授

目次

中兴通讯技术　总第114期　第20卷　第1期　2014年2月

卷首特稿

02 M-ICT产业发展动态及值得关注的要点 …… 孙枕戈

专题：社会网络技术、应用与市场

05 社会网络大数据分析框架及其关键技术 …… 易成岐，鲍媛媛，薛一波
11 微博社交网络中用户群体关系挖掘与群体行为分析 …… 黄涵霞，胡燕萍，孙知信
14 基于代理的社会网络信息传播与控制模型 …… 徐名海，糜正琨，司亚雄
20 基于社会网络的精确营销策略及方法 …… 鲍媛媛，易成岐，薛一波
26 以用户为中心的社会多媒体计算 …… 桑基韬，查正军，徐常胜
31 车联社交网络：机遇、挑战和应用 …… 何宗键，曹建农，郑俊浩
35 移动群智感知应用 …… 陈荟慧，郭斌，於志文
38 社会网络中盈利机制和业务模型研究 …… 汤婧，蔡敏敏，王玉峰

专家视点

44 M2M的业务范畴及其技术发展 …… 续合元

运营应用

48 基于云平台下的OTT TV的技术方案与发展趋势 …… 吕达，徐火顺

研究论文

54 异构融合网络体系技术 …… 雷小燕，李鹏翔，霍玉臻

开发园地

59 智能终端中热IP核的通信方法 …… 周本文，郭凯

系列讲座

63 智能无线电技术(1) …… 宋腾辉，窦峥，林云

综合信息

2013年移动互联网市场规模1 059.8亿元 (10)　4G助推2014中国物联网产业规模达7.52亿美元 (30)　2014年全球企业IT支出或增长3.1% (58)　中兴通讯技术杂志社北京迎春联谊会隆重召开 (62)

期刊基本参数：CN 34-1228/TN*1995*b*16*64*zh*P*￥20.00*15000*14*2014-02

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

ZTE TECHNOLOGY JOURNAL Vol.20 No.1 Feb. 2014

Guest Paper

02 Trends in M-ICT Development …… SUN Zhenge

Special Topic: Technology, Applications and Market of Social Networks

05 Social Networks Based on Big Data: Analytical Framework and Key Techniques …… YI Chengqi, BAO Yuanyuan, XUE Yibo

11 Community Relationship Mining and Behavior Analysis for a Microblog …… HUANG Hanxia, HU Yanping, SUN Zhixing

14 Agent-Based Information Dissemination and Control Model for Social Networks …… XU Minghai, MI Zhengkun, SI Yaxiong

20 Precision Marketing Strategies and Methods Based on Social Networks …… BAO Yuanyuan, YI Chengqi, XUE Yibo

26 User-Centric Social Multimedia Computing …… SANG Jitao, ZHA Zhengjun, XU Changsheng

31 Vehicular Social Networks: Opportunities, Challenges and Applications …… HE Zongjian, CAO Jiannong, ZHENG Junhao

35 Mobile Crowd-Sensing Application …… CHEN Huihui, GUO Bin, YU Zhiwen

38 Profit Mechanisms and Business Models for Social Networks …… TANG Jing, CAI Minmin, WANG Yufeng

Expert View

44 M2M: Business Scope and Technical Development …… XU Heyuan

Operational Application

48 Cloud OTT TV: Technical Solutions and Development Trends …… LYU Da, XU Huoshun

Research Paper

54 Heterogeneous Converged Network System …… LEI Xiaoyan, LI Pengxiang, HUO Yuzhen

Development Field

59 Communication Method of Hot IP Cores in Smart Device …… ZHOU Benwen, GUO Kai

Lecture Series

63 Intelligent Radio Technology (1) …… SONG Tenghui, DOU Zheng, LIN Yun

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。

专题：社会网络技术、应用与市场

专|题|导|读

网络与信息技术已经成为人们社会生活的基础设施，它自然而然地反映了人们经济社会的基本特征，并促进人们的社会交往。因此，网络技术的研究领域应当是多学科交叉的，如经济、社会以及心理学等等。最近 Internet 支持了越来越多的社交活动，例如聊天、公共讨论、与家人和朋友共享图片以及共享并传播消息等。其他活动如在线游戏、交互式 TV，在线购物和旅游，甚至学术出版等，也都包含社交联网的方面。目前，大规模在线社会网络（OSN）和虚拟社区的研究和应用取得了极大的发展，中国以新浪微博、团购、人人网和开心网等为代表，在其他国家则有 Facebook 和 Twitter 等。

OSN 已经拥有了巨大的用户群体（世界上超过一半的 Internet 的用户在使用在线社会网络），而各种移动终端的快速增加，尤其是智能手机的普及以及传感器网络的大规模应用，使人们生活在一个以移动设备为中心的社会中。最近很多 OSN 站点已经扩展到移动终端上。尽管人们享受甚至沉迷于社交网络应用所带来的自由和便利，一些关键的问题也存在巨大的挑战，如测量、分析和建模社会网络结构和用户行为、信任、隐私，人机接口设计（HCI）等。另一方面，社会网络构造了一个对信息接入和获取有深远影响的用户交互层。因此，社会网络应用的迅猛发展也将重塑通信网络的结构、设计和应用。简而言之，社会网络将极大地改变社会行为以及人们的社会生活方式惯，并对传统内容、媒体和通信产业带来深远的影响。

本专题将对社会网络交叉的领域进行全面深入的描述，讨论社交网络中的挑战和重要问题，包括基本理论、关键问题、典型应用、市场模型和盈利机制等。从商业角度来看，本专题对于社会网络涉及到的各种群体都是有益的，如工程技术人员希望能够改善社会网络应用与系统的设计并为用户提供更多的特色，商业人员对其中潜在的市场和广告机会很有兴趣，终端用户希望享受定制的服务，为虚拟和现实生活的各个方面提供便利。

本专题中包含的论文凝聚了作者多年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！

王玉峰

2013 年 12 月 20 日

本期专题策划人

王玉峰

南京邮电大学通信与信息工程学院教授。2008 年 3 月—2011 年 4 月在日本国家信息通信技术研究院（NICT）任特聘研究员，从事新一代网络研究；自 2011 年 8 月起担任日本早稻田大学媒体研究所客座研究员，同时担任北京邮电大学网络与交换技术国家重点实验室客座研究员；自 2012 年 10 月起，担任江苏省无线通信重点实验室副主任。

2014 年第 1—6 期专题计划

1. 社会网络技术、应用与市场
   王玉峰 南京邮电大学通信与信息工程学院教授
2. 第 5 代移动通信需求与技术探索
   王京 清华大学信息技术研究院教授
3. 网络以及功能虚拟化
   虞红芳 电子科技大学通信与信息工程学院教授
   李乐民 电子科技大学通信与信息工程学院院士
4. 智慧城市
   祁庆中 上海信天通信有限公司总经理
5. 下一代无源光网络技术与应用
   陈雪 北京邮电大学信息光子学与光通信研究院教授
6. 可见光通信技术
   陈建平 上海交通大学区域光纤通信网与新型光通信系统国家重点实验室教授

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6868.2014.01.001
网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20140120.1856.001.html

M(Mobile)为社会带来的不仅是语音和数据业务获取便利,还产生更多革命性影响。ICT技术的发展已经由量变迎来了质变,崭新的"M"时代已经到来。岁末年首,我刊荣邀中兴通讯股份有限公司副总裁、战略规划部部长、《中兴通讯技术》总编孙枕戈博士撰写卷首特稿。他从战略高度分析了M-ICT产业的发展现状,并从企业角度提出了需要重点关注的十个领域。

M-ICT产业发展动态及值得关注的要点

孙枕戈/SUN Zhenge

孙枕戈,西北工业大学高级信号处理专业博士毕业,中科院声学所博士后,并入选中科院"百人计划";毕业后进入中兴通讯股份有限公司,历任3G产品总经理、技术中心主任、美国公司CEO等职务,长期从事新产品、新技术研究,通信行业标准和高端国际市场开拓等工作;现为中兴通讯副总裁、战略规划部部长,负责公司产品市场发展策略、对外合作以及国际高端市场开拓等相关的工作。

收稿日期:2013-12-20
网络出版时间:2014-01-20

1 M-ICT产业的深度融合

综观ICT行业的发展趋势,便携式智能终端正在加速普及并为当今时代打上M(Mobile)标签。"M"带来的不仅是业务获取的便利,而更多的是革命性的影响。实际上,ICT已经迈入"从量变到质变"的阶段,因此将ICT的传统理念拓展为"M-ICT"更为合理,更有利于我们审视现在、展望未来。

从M-ICT的角度看,我们没有必要将CT和IT对立起来,也没有必要将运营商和OTT对立起来,也不必担忧所谓的从"CT的汪洋大海、IT的孤岛"演变成为"IT的汪洋大海、CT的孤岛"。云计算和虚拟化浪潮将会加速M-ICT的进程,不管是运营商、互联网公司还是企业客户,从本质上讲,其愿景、使命以及长远目标都是一致的。

另外,M-ICT引发的深度融合是一道迈不过的坎。这种融合带来的创新亮点也很多,比如"接入云"、"移动云"、"统一通信云"等,都是可圈可点的商业模式。中兴通讯倡导的"M-ICT理念"也会在不断的探索过程中发展壮大,必将为运营商、OTT、企业网以及终端消费类客户带来实实在在的价值和效益。

2 M-ICT价值链关键节点的深刻变化

打造M-ICT价值链需要各个环节做出深度改变,甚至大胆跨界。我们可以清楚地观察到,原来从事端的正在进军管和云的范围,原来从事云的也试图渗入端和管的领地,而原来从事管的依靠对通信技术的深刻理解,更是摩拳擦掌,分别朝两头挺进端和云的版图。

也许只有凭借这种思维定势的突破,价值链上的关键节点才能更透彻地掌握相互的需求,彼此更佳地进行服务,才能打造M-ICT协同发展的美好未来。固步自封、画地为牢不能

带来任何本质的改变。

3 智能手机及其他智能可穿戴设备的新商业模式

尽管智能手机的发展潜力依然没有被完全发掘出来，但智能可穿戴设备已经陆续浮出水面，不管是处于试商用阶段还是埋头攻关阶段，用户的眼球正在被吸引、热情正在被点燃。虽然某些可穿戴设备和智能手机存在竞争关系，但多数情况下它们能够互相配合、协调一致发展，毕竟终端产品的体积、尺寸和屏幕大小都受到限制，“一家通吃”的局面不会贸然出现。毋庸置疑，可穿戴设备对于人们双手的解放有着巨大的功劳，但在“一心多用”的场景下如何解决安全和隐私问题，将是一个严峻而严肃的话题，需要慎重对待。而终端类型的丰富多彩必将刺激移动互联网和物联网的进一步发展，对M-ICT价值链的快速、有序、健康打造也会带来福音。

4 企业、家庭和消费类业务基于终端客户和源头的创新方案

在全球范围内，新型企业网的发展如火如荼，早已突破了以往的“带宽租用”、“采用传统专线/专网办公”等运作模式，而是和“企业云”、“企业级数据中心”等理念紧密结合起来，甚至和园区网的理念进行捆绑，打造“园企合一”的运营模式。值得一提的是，自带设备办公（BYOD）的引入能有效降低企业的运营成本（OPEX）和资本开支（CAPEX），必将受到企业决策者们的青睐。只要安全问题能有效解决，必将创造一种崭新的工作模式，既能实现“公私分明”，又能让员工“将工作和生活愉悦地结合”，甚至可以成倍地提升工作效率和质量。

对于家庭网络及业务，目前有两种发展思路：一种是沿袭消费类业务的思路，通过“智能家居”等方案将用户侧做大做强，比如采用Interworking技术实现多种家庭应用场景的互联互通，或者是采用“家庭操作系统”实现对业务的统一调度；另一种是更符合和保障电信运营商利益的思路，比如采用vCPE、vRG、vHG、vSTB等虚拟化方案将家庭网络的诸多功能提升到网络侧，家里主要配置一堆以硬件为主的盒式设备。也许依靠这种手段，运营商才有可能继续主导这个产业、防止沦为旁观者。对于大型设备厂商而言，这两种思路要综合考虑。不管怎样，在新形势下，“智能家居”比“家庭网络”的概念覆盖范围更大，物联网/M2M、移动互联网、网络虚拟化等技术都可在此实现融合而创新的应用。

5 移动互联网、物联网、大数据引发的跨界思维和创新举措给人们带来各种便利

如果说移动互联网改变了人们的工作和生活，使之更加丰富多彩，让各种原来认为不可思议的商业模式竞相迸发，那么在“人人交互”的基础上，物联网将进一步让“物物交互”迅猛发展起来，进而让“人人、物物、人物”交互浑然一体，不分彼此，进一步形成“泛在网”的概念，从而最大程度地改善经济生活和升华人文社会。不管是形形色色的互联网内容（博客、微博、微信等），还是数不清的传感器收集到的数据，都将进一步汇总到上层平台，经过大数据分析工具的处理后，将带来更有价值的、更具活力的信息。

总之，无论是采用反馈机制还是采用推送手段，在数据的海洋里，人们将享受到的是华美精致的乐章，而不是杂乱无序的噪声。

6 云计算架构下服务、存储和网络三位一体的新型基础设施建设

当前，云计算的发展如火如荼，数据中心的建设方兴未艾。从长远来看，公有云数据中心、私有云数据中心、电信运营商自建的数据中心以及电信业务/网络改造后所形成的事实上的数据中心没有本质区别。云计算的基础设施建设，比如服务器、存储和网络，不能采用隔离式的发展，务必要联动起来，甚至在网元和产品上要采用统一的机框，实现浑然一提的设计，在软件操作系统上也要实现一体化的规划，从而为大大小小的用户实现简便快捷的业务开通以及随心所欲的业务调度。很明显，运营商不甘心沦为“管道工”，但在M-ICT既成事实的那一天，他们可能不会拒绝做“基础工”，因为这是“基础设施即服务（IaaS）”，而非纯粹的“基础设施”。只有将IaaS夯实筑牢后，才可能逮住机会进军平台即服务（PaaS）和打造适合自身的软件即服务（SaaS）。

M-ICT引发的深度融合将会来很多创新亮点

7 SDN和NFV在数据中心、政企网和运营商网络的应用

迄今为止，业界大可不必关心软件定义网络（SDN）和网络功能虚拟化（NFV）的生命力，也不必杞人忧天它们会中途夭折掉，反而需要关注它们究竟形成了多少门派和阵营、它们何时能规模商用以及它们之间是否真正形成了相得益彰的关系。

SDN偏重于转发平面和控制平面的分离，采用全局而集中的方式来控制网络资源，让网络能够被软件定义，或者说被编程，让网络能够快速响应业务和应用层的需求，并能将大多数的网络应用开放出去。狭义的SDN特指基于OpenFlow南向接口的网络，广义的SDN则是指具备这种理念的所有网络。

而NFV侧重于网络功能的虚拟化，对于电信运营商而言，就是要采用IT虚拟化方式来改造现有的通信网络，让网络功能在任何时间、任何地点、任何场景下都能被随心所欲地调度。

> M-ICT技术可为所有用户平等地提供无处不在、无处不包的服务

当前，已经没有人故意把SDN和NFV对立起来，多数人认为SDN和NFV是相辅相成的：只有实现了网络功能的极度虚拟化，才能保证SDN的水到渠成或者说让SDN轻装上阵，并让SDN真正有别于传统的转发控制分离模式；SDN也是NFV的基础设施（NFVI）中针对网络域的一项使能技术，其全局、集中的控制方式能有效支持网络资源的虚拟化和池化，有利于实现多租户虚拟网络的动态性与自动化需求。

8 移动4G网络的商用实践以及5G技术的顶层设计

目前，中国的4G牌照已经发放，全球LTE的网络建设也从未停滞。如果说3G拥有宽带码分多址（WCDMA）、码分多址（CDMA）2000和时分同步码分多址（TD-SCDMA）等阵营，4G也有时分双工（TDD）和频分双工（FDD）两大门派，那么5G是否就一定会铸就“大同世界”，没有制式的区分和架构的差别？目前任何技术人士都可以大胆预测或则谏言，但最终的结果需要拭目以待。

以往的ICT技术主要为普通用户提供语音服务、同时为精英用户们提供高端服务，而今的M-ICT技术则可为所有用户平等地提供无处不在的、无所不包的服务。“用户体验至上”将深刻影响到5G网络的顶层设计。具体说来，除了“更高的5G数据速率”、“在人口密集地区提供高质量5G服务”、“提供丰富多彩的5G终端设备”等基本保证外，5G将致力于支持“超快速响应”等应用，比如基于增强现实的“触觉互联网”，还要将第三代合作伙伴计划（3GPP）、Wi-Fi、机器对机器（M2M）/物联网（IOT）、设备间直接通信（D2D）等多种制式进行无缝整合，打造一种极为和谐的、不带任何歧视的“新型无线局域网”，让用户享受到行云流水般的完美体验。

此外，针对核心层网络架构，SDN和NFV等技术也会占据相当的比重，和“新型无线局域网”实现端到端的的高效交互。

9 Beyond 100G、NG PON等光通信系统以及模块/器件相关技术的最新动态

打造成熟的M-ICT价值链需要在接入、汇聚、核心和骨干等多个网络层次提供无穷无尽的高带宽和大容量，光通信技术在这方面的地位坚如磐石。当前，基于100G的密集波分复用（WDM）/光传送网（OTN）设备已经在骨干网得到正式商用，在城域网的应用也被提上了议事日程。对于Beyond 100G，业界对其商用化的具体时间点还存在着争议，不管是400G还是1T，某些关键技术瓶颈（尤其是超长距离传输）尚未突破，但全球运营商对Beyond 100G的实验工程保持着浓厚的兴趣。一般来说，“多载波技术”和“超级波道技术”是Beyond 100G的重中之重，将两者高效地结合使用，能够以较低的成本产生1T以及更高速率的信号。

另外，对于光接入网而言，NG PON2的发展得到了业界的广泛关注。其中，时分波分复用—无源光网络（TWDM-PON）将密集波分复用（WDM）和时分复用（TDM）两种制式有机结合起来，无需对已铺设的ODN网络进行改动，具备优良的“无缝继承性”和“平滑演进性”，得到了全球诸多运营商、设备厂商、芯片商的广泛认可和全力推动。

此外，无论是承载网还是接入网的光通信技术，均需要大力重视光模块和光器件方面的技术积累。在此方面的长期投入会促进该产业的良性发展，必将带来更科学、更可观的成本效益。

10 新一代业务和网络在开放领域和开源社区的技术积累

在M-ICT价值链上，开放和开源逐渐成为主旋律。没有人质疑“开放”，因为这是受用户欢迎的。但“开源”带来的究竟是什么，业界尚未有定论。

目前，有确凿例证的就是智能手机领域的Android操作系统，通过开源占据了主流市场，并让众多的APP厂商趋之若鹜。在云计算的IaaS领域，OpenStack风头正盛，除了数据中心外，甚至会成为运营商网络开展NFV的操作系统选项。在管道和网络领域，SDN也诞生了若干开源系统，有些瞄准主流，有些瞄准技术分支，比如OpenDaylight就是瞄准了SDN的控制器架构，在2013年12月份会推出第1个版本，一旦成功，将势不可挡，向上可以募集从事网络APP的应用开发者，向下可以将众多网络硬件厂商牢牢把控。

可以预见，第1阶段获利的将是打着开源的旗号将价值链上最丰厚的环节占据的厂商，第2阶段各类客户将根据横向水平组合模式（而非纵向烟囱模式）来采购硬件、操作系统和具体应用，最后阶段应该轮到价值上各个环节的“按需组合”和“自由组合”，最后很有可能出现的现象是运营商和制造商没有严格的界限，客户和供应商也没有严格的界定，或许“你中有我，我中有你”、“人人为我，我为人人”才能够符合最终的商业运作模式。

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6868.2014.01.002
网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20140113.1644.001.html

社会网络大数据分析框架及其关键技术

Social Networks Based on Big Data: Analytical Framework and Key Techniques

中图分类号:TP391 文献标志码:A 文章编号:1009-6868 (2014) 01-0005-006

易成岐/YI Chengqi[1]
鲍媛媛/BAO Yuanyuan[2]
薛一波/XUE Yibo[2]
(1. 哈尔滨理工大学计算机科学与技术学院,黑龙江 哈尔滨,150080;
2. 清华大学信息技术研究院,北京,100084)
(1. School of Computer Science and Technology, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150080, China;
2. Research Institute of Information Technology, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

摘要: 提出了一套社会网络大数据的分析框架,并分析了其关键和核心技术。介绍了基于该框架的清华社会网络大数据分析系统(THSNAS),从个体、群体、事件和整体四个方面给出了系统分析结果。社会网络大数据的分析框架既能为社会网络大数据的深入分析提供理论依据和指导方法,又能为广告精准投放、个性化信息推荐、社会管理等方面带来重要价值。

关键词: 社会网络;大数据;分析框架

Abstract: This paper proposes an analytical framework for social networking based on big data, and it elaborates on key techniques. In addition, this paper introduces Tsinghua Social Network Analysis System (THSNAS) based on the above framework and shows results in terms of individual, group, event and holistic analysis. The analytical framework can provide theoretical and practical guidance for social network analysis, and has great value in terms of precision advertising, personalized information recommendation, and social management.

Keywords: social network; big data; analytical framework

随着Web2.0技术的不断发展,社会网络[1]发展势头强劲,已经成为用户数最多、传播影响最大的新媒体平台。其巨大的用户群实时产生的庞大信息量是典型的大数据,具有大数据的4V特性:数量(Volume)、类型(Variety)、速度(Velocity)和可用性(Veracity),具体特征如下:

(1)超大规模的数据量

截止目前为止,Facebook、Twitter、新浪微博、腾讯微博的用户量已经分别超过12亿、5.5亿、5.4亿和5.8亿,此外,四大社会网络的每日消息量也已经分别超过了10亿、2.5亿、2亿和2亿。这些超大规模的数据量为信息挖掘提供了丰富的资源。

(2)纷繁复杂的数据类型

社会网络中的每个用户都具有基本属性信息,这些属性包括用户名称、性别、所属位置、描述、创建时间、好友数量等;用户与用户的好友关系构成了关系数据;用户基于已经存在的关系或者共同兴趣构成了多种团体,产生了团体数据;用户每时每刻发表的观点、评论、转发等信息形成了非结构化的信息数据;用户上传的图片、音频、视频形成了多类别的非结构化数据等。社会网络中包含的数据类型繁多、结构不一。这些数据类型的多样性,为信息分析和挖掘带来了巨大的挑战[2]。

(3)极快的增长速度

伴随着社会网络火热发展的同时,社会网络中的数据量也呈现极快的增长的态势。截至2013年6月30日,Facebook用户数比上年同期增长21%;截至2013年9月,Twitter用户数比2012年底增长了16.7%;截至2013年3月底,新浪微博用户数比2012年底增长了6.6%;截至2013年9月,腾讯微博用户数比上年年底增长了6.8%,此外,社会网络中的消息量也随之快速增长。

(4)可观的数据可用性

社会网络的出现触发了个人、企业、国家等不同层面的兴奋点[3],个人想通过社会网络分析了解自身或者他人的个人爱好和行为习惯,企业想通过社会网络分析谋求更大的商业利益,国家想通过社会网络分析进行高效的社会管理。社会网络已经引起了国家战略、企业规划、商业模式、营销策略、生活观念、行为习惯等方面的变化[4]。

收稿日期:2013-10-31
网络出版时间:2014-01-13
基金项目:国家科技支撑计划(2012BAH42B04)

目前，已经出现了一股研究社会网络的热潮，之所以诸多国家、企业、专家、学者都在积极研究社会网络[5]，是因为社会网络犹如金矿、石油、天然气一样，蕴含着巨大的信息宝藏。社会网络也认证了“数据为王”，谁能更快、更准、更全地掌握数据，谁能更有效地分析挖掘社会网络所隐含的信息价值，谁能预测信息的传播规律和发展态势，谁便能掌握主动权和战略权。

本文结合社会网络的数据类型、数据特征以及分析目的，提出了一套社会网络大数据的分析框架，并对其关键和核心技术进行详细描述，该技术方法对广告精准投放、个性化信息推荐、社会管理等方面都具有一定的指导意义和实用价值。

1 社会网络大数据分析框架

社会网络分析技术是一项关键技术，也是一项热门的研究[6-7]，涵盖了社会学、人类学、社会语言学、地理、社会心理学、通信研究、资讯科学、社会网络分析与探勘、组织研究、经济学以及生物学等多个领域，是一项多学科交叉技术。社会网络又包涵巨大的用户数据、关系数据和信息数据，为了有效地对社会网络的大数据进行分析和挖掘，我们提出了一个层次化的分析框架，如图1所示。

该分析框架包括数据层、分析层、支撑层和结果展示层四大部分。其中数据层是整个框架的基石，分析层和支撑层是整个框架的核心，结果展示层则是技术与应用的桥梁，能友好、简洁、形象地展示分析结果。

（1）数据层

数据层包括数据获取、数据预处理和数据存储3个部分，其中数据获取主要通过网络流量方式、应用程序接口（API）方式、非API方式及其他方式进行有效地获取数据。数据预处理包括数据清洗、数据打标和数据关联，能够对为后续存储和分析提供规范化保障。数据存储通过关系型数据库或者非关系型数据库进行多类型数据存储。

（2）分析层

分析层包括了个体分析、群体分析、事件分析和整体分析，从四个维度对社会网络进行分析。

（3）支撑层

支撑层包括机器学习、分布式并行处理、数据挖掘、自然语言处理、流量识别、可视化等多种具有共性的关键技术。

（4）结果展示层

结果展示层与分析层互相映射，包括个体展示、群体展示、事件展示和整体展示。

通过该框架，可以拟合成多种应用，主要包括社会管理、广告精准投放、企业营销、个性化信息推荐、信息态势感知、不良用户和信息发现等。

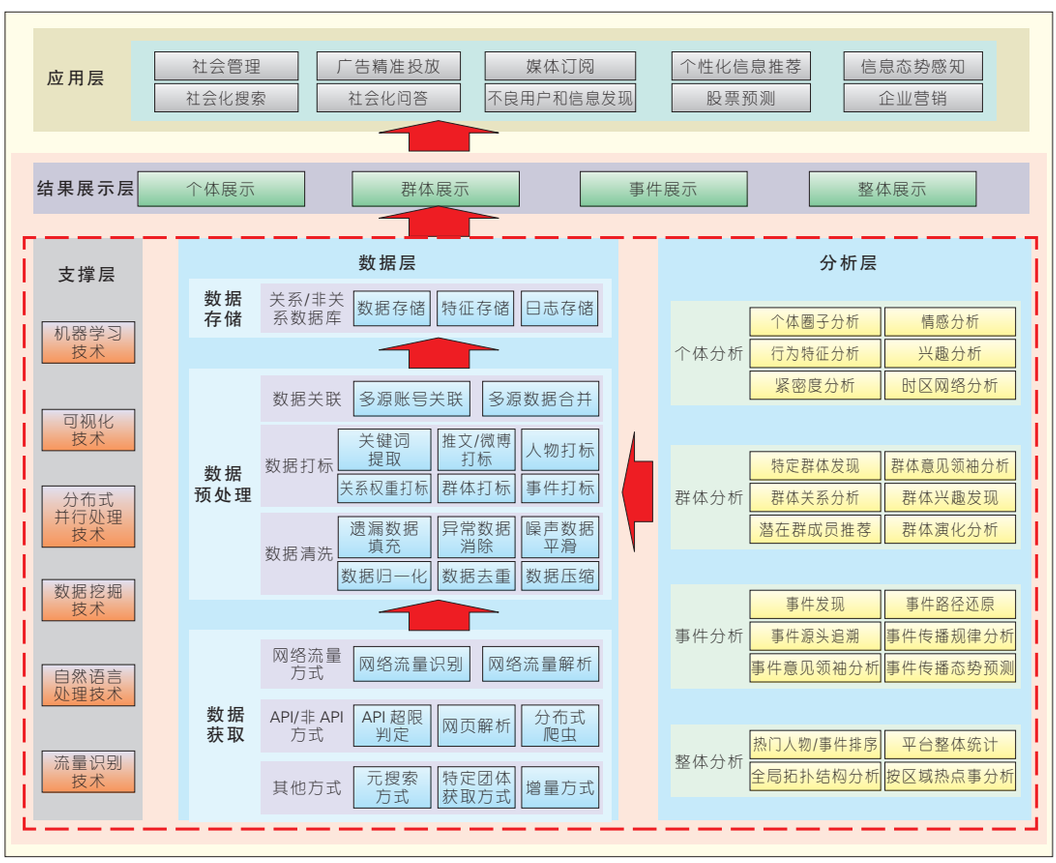
2 社会网络大数据分析的关键技术

上述框架的各个层次都拥有大量的关键技术予以保障，下面将详述各层中的不同关键技术。

2.1 数据层

数据层的设计理念是以数据为中心，以数据流向为导向，主要包括数据获取、数据打标和数据关联3个部分。

（1）数据获取



▲图1 社会网络大数据分析框架

数据获取是社会网络大数据分析的基石，如何快速、有效获取社会网络的数据至关重要。针对这一问题，我们提出了2种社会网络数据获取方式：

（a）网络流量方式

对于非加密的社会网络流量而言，可以通过流量的识别和解析快速获取社会网络数据。首先需要对目标社会网络流量进行分析，抽取目标社会网络流量的强特征，再从背景流量中识别出目标流量；其次，对目标社会网络流量进行解析，提取用户Profile数据、用户关系数据、发布信息数据、信息转发数据，等等。

（b）API/非API方式

目前大多数社会网络都提供相关API，可以进行数据获取，比较常见的是OAuth 1.0和OAuth 2.0两种用户身份验证和授权方式。但社交网络所提供的API都会存在一定程度的次数和速度的限制，以防止开发者以蛮横、暴力的方式获取数据。因此通过API方式获取数据时，需要进行超限判断，保证数据获取的正常进行。此外，为了规避API方式的限制，也可以采用网页解析方式，依靠网络爬虫技术模拟用户登录进行数据获取，网页解析方式的数据获取虽然在一定程度上不受限制，但其缺点是网页解析的数据类型是有限的，和API方式相比缺乏数据完整性，因此需要两者配合使用。同时，为了批量获取社会网络数据，可以采用分布式爬虫并行爬取。

除上述两种方式外，还需要其他获取方式，以满足不同需求。例如，通过元搜索方式进行定量、定性的数据获取；采用基于用户属性、用户关系、用户信息3层过滤机制，通过特定团体获取方式，获取社会网络上的特定团体；通过增量式爬虫获取增量数据，等等。

（2）数据预处理

通过上述方式获得的社会网络数据往往是有噪音的、杂乱的、非结构化的，无法直接进行数据分析，需要通过数据预处理技术对数据进行清洗、打标及关联。

（a）数据清洗

数据清洗主要从数据的准确性、完整性、一致性、唯一性、适时性、有效性等几个方面来处理数据。对于遗漏数据需要对默认值填充；对于异常数据需要对其消除，以防止干扰后续分析工作；对于噪声数据需要对其平滑；对于所有数据都需要进行归一化处理。由于社会网络有很多重复数据，可以采用布隆过滤方法对其去重；由于大部分数据是文本数据，为了节约存储空间，可使用压缩技术对其进行压缩。

（b）数据打标

社会网络数据往往十分繁杂，面对实时分析处理的苛刻需求，数据打标的工作势在必行。根据社会网络大数据分析的经验，我们将社会网络数据打标细分为：人物打标、群体打标、事件打标、关系权重打标、推文/微博打标。其中，人物打标是对兴趣、圈子、规律、影响力等进行打标；群体打标主要是对群体数量、活跃程度、群体兴趣等进行打标；事件打标主要是指对事件传播的广度、深度、参与数、受众数等进行打标；关系权重打标是计算并存储用户间的权重值；推文/微博打标主要是对信息类型、抽取后的关键词进行打标。

（c）数据关联

由于目前存在很多类型的社会网络，当对它们进行多源数据获取后，如何对数据进行关联也十分重要。首先，是多源帐号关联技术。现实社会中的用户往往会存在于多个社会网络中，例如Facebook、Twitter、新浪微博、人人网等，多个社会网络的账号会关联到同一实体用户上，而且这些账号往往具有相同或相似的特征，利用多源帐号关联技术可以将多个虚拟账号关联到某一实体用户上，从而为跨平台社会网络的分析奠定基础；其次，是多源数据整合技术。多平台数据的特征会存在趋同现象，例如同一个事件会同时在新浪微博和腾讯微博上进行传播。多源数据整合技术可以将多个平台的数据进行拟合或合并，既可以减少存储空间，又可以以全局角度统筹分析多平台数据。

（3）数据存储

数据的不断增长造成单机系统性能不断下降，即使不断提升硬件配置也难以应对数据的增长速度。因此，需要根据业务不同将社会网络数据存储分为数据存储、特征存储、日志存储和历史库存储。其中数据存储是为了存储当前需要分析的元数据；特征存储是为了将数据预处理的打标结果与其他数据分离，达到更优的分析速度；日志存储是为了存储系统运行所产生的大量日志；历史库存储是将历史数据分离存储，以减少实时分析的压力。此外，用户Profile、用户关系、信息转发关系等结构化数据，多采用关系型数据库进行存储；用户发布和转发的信息等非结构化数据多采用非关系型数据进行存储。

2.2 分析层

分析层是整个框架的核心，分为个体分析、团体分析、事件分析、整体分析。

（1）个体分析

个体分析的目标是了解和洞察人物的身份、关系、社交圈、资本、位置、地位、行为、情感等社会属性，这些属性往往比较抽象，需要对其进行量化及测算。如图1所示，个体圈子分析主要是对人物所在的实体关系（具有直接联系的节点）和虚拟关系（人物节点的兴趣团体）进行分析，总结出圈子对人物各项属性的影响与关联；还可以对个体圈子演化过程和趋势进行分析。行为特征分析是对人物的基本属性和行为进行刻画，利用人物的时间序列、行为规律等信息来描述人物个体的行为状况；紧密度分析是指通过用户相似度计算用户

紧密度好友；情感分析是指分析用户情感倾向性，主要分为正面情感、负面情感和中性情感；兴趣分析通过对人物的背景标签和用户发表的推文进行分析，抽取人物所关注用户的兴趣点，由于用户关注代表了用户的真实兴趣，因此可以根据关系属性推导人物个体兴趣。

（2）群体分析

群体分析的目标是分析群体边界、身份、群内关系、群际关系、群体凝聚力、群体兴趣、群体行为、群体心理、社会地位、群体变化等，从而更深层次洞察群体特性。如图1所示，特定群体发现主要是通过特征匹配技术对特定群体进行发现，主要匹配的目标有发布信息、关注主题、圈子兴趣等数据；由于群内个体与个体之间存在强关系，群与群之间存在弱关系，因此可以通过群内人物个体的链路分析其关联状态，群体关系分析可以将用户群作为一个整体，将视角放大，通过群之间的微量用户关联性分析群与群之间的弱关系；潜在群体成员推荐是指分析个体与目标群体的相似度情况，将相似度高的个体进行推荐；群体意见领袖分析是指通过群体的关系网络以及网络中心密度进行测算，度量每个节点在群内的影响力；因为每个群体都是由于共同的兴趣而存在，因此如何测算群体兴趣至关重要，群体兴趣发现是指通过群内关系相关迭代分析算法对其进行界定，通过群内的话题流传播对群体兴趣进行分析。

（3）事件分析

事件分析的目标是分析事件在传播过程中的结构、内容、演化、意图、涌现性、行为、心理、受众、广度、深度、态势等。如图1所示，事件发现是以发布内容为中心，对事件的主题进行文本聚类，从而发现热门事件及参与的用户与群体；路径还原是通过事件传播方向进行刻画，通过获取到的传播信息，以正向的方式对传播路径进行还原；源头追溯是路径还原的逆过程，是通过传播的反向方式对节点进行回溯，最终寻找事件发生的源头节点；事件传播规律分析是指分析事件的热度、趋势、传播层数等，以掌握事件的发展状况；事件意见领袖分析是指通过事件传播过程中的爆发点特征计算节点的影响力，从而分析挖掘传播过程中的意见领袖。

（4）整体分析

整体分析主要分为热门人物和事件排序、整体统计分析、全局拓扑结构分析和按区域热点事件分析，其技术手段多用于基础统计分析和数据挖掘技术，主要目的是了解和掌握社会网络当前的全局情况，同时预测全局网络的未来状况。

2.3 支撑层

该分析框架中的很多模块都需要一些关键技术给予支撑，因此我们将这些共性技术抽取成支撑层，主要包括：机器学习、分布式并行处理、数据挖掘、流量识别、自然语言处理、可视化等多种关键技术，这些技术为整个框架提供技术保障，共性支撑技术之间既各司其职、又相互配合，既相对独立、又相辅相成。

2.4 结果展示层

结果展示层是直接面对用户的一种展现方式，其作为技术与应用之间的桥梁，具有交互性、多维性和可视性等特点。结果展示的目标是将分析结果进行直观的、友好的、简洁的展示。

利用上述4个层次的多种关键技术，可以有效地分析和洞察社会网络中不同对象的独有特征和行为规律，也可根据不同需求构建不同应用。

3 清华社会网络大数据分析系统

本文利用上述社会网络大数据分析框架的构建思想，设计并实现了清华社会网络大数据分析系统（THSNAS），下面将介绍THSNAS的系统架构及部分分析结果。

3.1 THSNAS系统架构

基于社会网络的数据流向及上述框架的核心思想，THSNAS的系统架构如图2所示，主要包括数据获取、数据预处理、数据存储、消息中心、数据分析、结果展示几个部分。THSNAS支持多种社会网络的数据实时不间断获取，同时，可以对社会网络中的个体、相关群体、特定事件和网络整体进行便捷、多粒度、多维度的分析并友好展示。

3.2 THSNAS系统分析结果

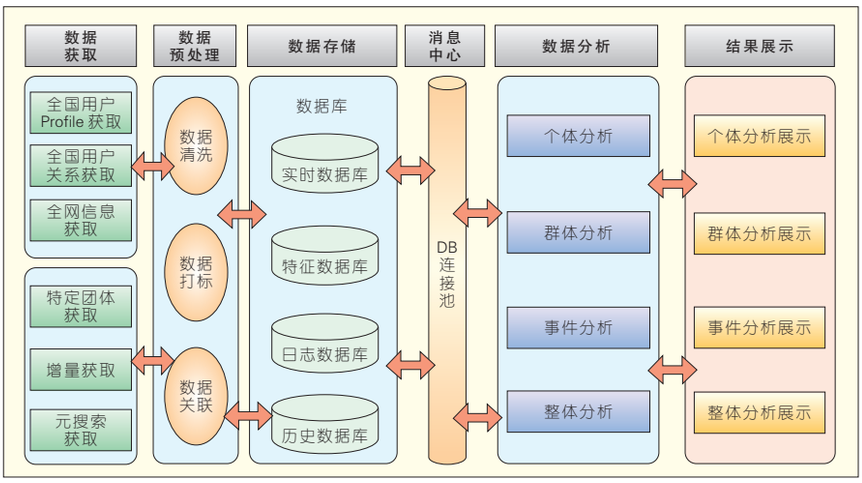
下面主要从个体分析结果、群体分析结果、事件分析结果和整体分析结果4个方面，简要介绍THSNAS的系统分析结果。

（1）个体分析结果

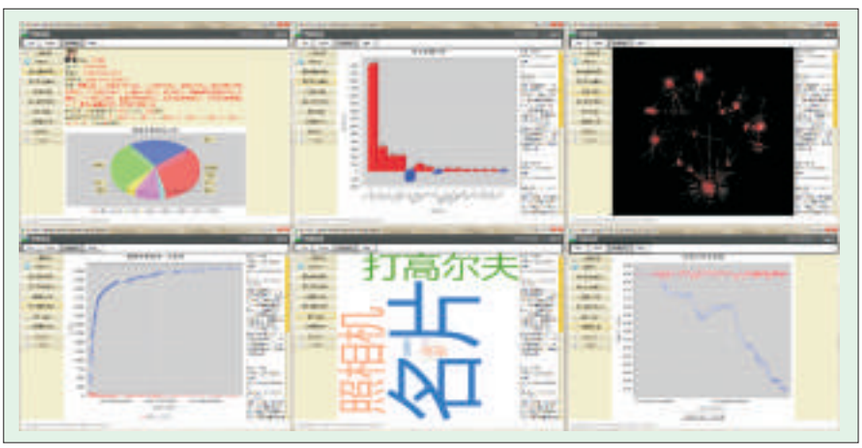
个体分析结果如图3所示，主要包括个体Profile分析、个体圈子分析、个体情感分析、个体关键词抽取、个体行为分析和个体紧密度分析。其中，个体Profile分析是对某个用户的基本概况（包括用户姓名、头像、用户ID、最近发布信息等）进行展示；个体圈子分析是对与用户频繁交互的团体关系网络进行构建，此关系网络不仅包括用户与圈子的关系，也包括圈子内部成员之间的关系；个体情感分析是对用户的情感波动及情感倾向性情况进行分析，此处情感包括正面、负面、中性3种；个体关键词抽取是对用户最近发布的信息及转发信息进行关键词抽取，以词云的方式对近期用户兴趣及关注点进行展示；个体行为分析是对用户近期的发帖行为和转发行为进行规律分析；个体紧密度分析是对目标用户的相似用户进行推荐。

（2）群体分析结果

群体分析结果如图4所示，主要包括群体划分和群体意见领袖排行。其中，群体划分是通过CNM（以Clauset、Newman和Moore命名的社团



▲图2 THSNAS系统架构



▲图3 个体分析结果

▲图4 群体分析结果

发现算法)、GN(以Girvan和Newman命名的社团发现算法)和LPA(基于标签传播的社团发现算法),基于用户关系进行群体边界测算,可以对群内成员的细粒度分布进行直观展现;群体意见领袖排行是对整个群体以及划分后的小团体进行影响力计算,并且对群体内部的意见领袖进行排行显示。

(3)事件分析结果

事件分析结果如图5所示,主要包括事件Profile分析、事件意见领袖分析、真实路径还原、事件涨势热度分析、事件关键词抽取和受众情感分析。其中,事件Profile分析是对事件的基本概况(包括发起用户、事件内容、发布时间、传播层数及每层节点数等)进行展示;事件意见领袖分析是对事件传播过程中的态势推手进行分析,同时与情感分析进行结合,选取正向观点的意见领袖与负向观点的意见领袖;真实路径还原是将事件的转发过程进行刻画,同时将关键节点和关键路径进行高亮度显示;事件涨势热度分析是从事件的生命周期角度,对事件形成过程中的参与用户数量进行分析;事件关键词抽取是对原创信息和所有转发信息进行拟合,同时抽取具有重要作用的关键词;受众情感分析是对事件影响受众的情感波动情况进行量化及分析。

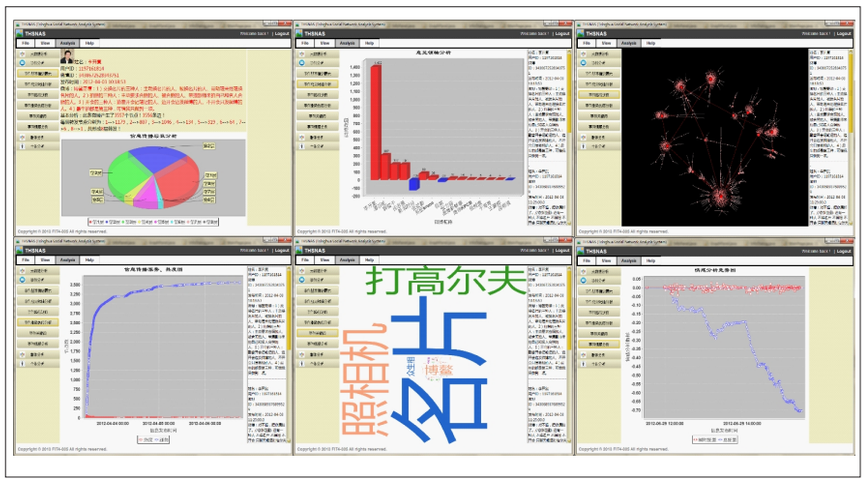
(4)整体分析结果

整体分析结果如图6所示,主要包括关注比例分析、粉丝比例分析、用户增长量分析、用户地理分布分析、主题抽取分析和终端分布分析等。其中,关注比例分析是统计全网用户的关注数分布;粉丝比例分析是统计全网用户的粉丝数分布;用户增长量分析是对整体网络用户增减情况进行统计;用户地理分布是对用户所在地理位置进行统计;主题抽取分析是通过Tweets分析事件段内主题;终端使用分析是分析一个时间段内的终端使用分布。

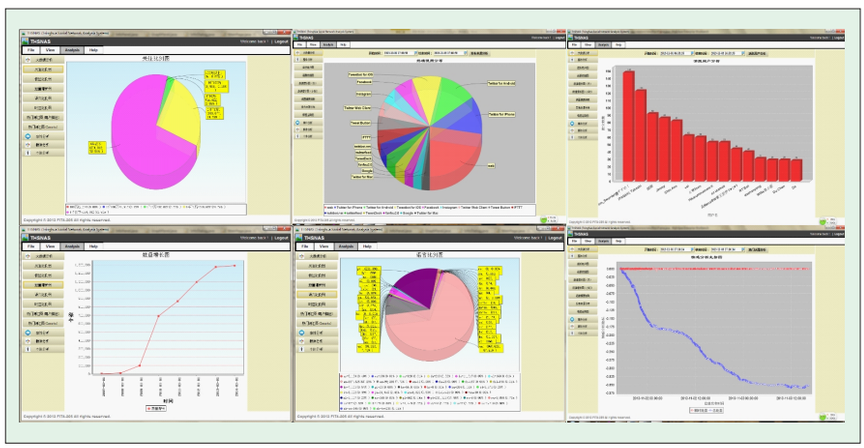
上述是THSNAS的部分分析结果,可以在一定程度上呈现个体、群体、事件和整体的行为规律及隐藏价值。此外,THSNAS也验证了社会网络大数据分析框架的正确性、可用性及实用性。

4 结束语

随着Web2.0时代的来临,社会网络的不断发展也促使其蕴含了巨大的、有待挖掘的价值。为了更有效地分析挖掘社会网络所带来的隐含价值,本文尝试提出社会网络大数据分



▲图5 事件分析结果



▲图6 整体分析结果

析框架及其关键技术，以达到抛砖引玉的目的。该框架能够有效分析挖掘社会网络的潜在价值，也可以以此为参考构建多种社会网络应用。

参考文献

[1] 维基百科：社会网络 [EB/OL]. (2013–10–26). http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A4%BE%E4%BC%9A%E7%BD%91%E7%BB%9C.
[2] BOND R M, FARISS C J, JONES J J. A 61–million–person experiment in social influence and political mobilization [J]. Nature, 2012, 489: 295–298. doi:10.1038/nature11421.
[3] PUJARI M, KANAWATI R. Supervised rank aggregation approach for link prediction in complex networks [C]//Proceedings of the 21st international conference companion on World Wide Web, 2012, ACM, New York, NY, USA:ACM. 2012: 1189–1196. doi: 10.1145/2187980.2188260.
[4] GUILLE A, HACID H. A predictive model for the temporal dynamics of information diffusion in online social networks [C]// Proceedings of the 21st international conference companion on World Wide Web, 2012, ACM, New York, NY, USA:ACM. 2012: 1145–1152. doi: 10.1145/2187980.2188254.
[5] YANG X, ZHANG Z, WANG K. Human Behavior Dynamics in Online Social Media: A Time Sequential Perspective [C]//Proceedings of the 6th SNA–KDD Workshop'12 (SNA–KDD'12), August 12, 2012, Beijing, China: ACM. 2012.
[6] 张赛，徐恪，李海涛. 微博类社交网络中信息传播的测量与分析 [J]. 西安交通大学学报，2013, 47(2):130–136.
[7] 窦炳琳，李澍淞，张世永. 基于结构的社会网络分析 [J]. 计算机学报，2012,35(4):99–111.

作者简介

易成岐，哈尔滨理工大学计算机科学与技术学院在读博士研究生；主要研究领域为社会网络、信息传播、云计算等。

鲍媛媛，清华大学信息技术研究院博士后；主要研究领域为社会网络、行为动力学等。

薛一波，中国科学院计算技术研究院博士毕业；清华大学信息技术研究院研究员、CCF 高级会员、IEEE/ACM 会员；主要研究领域为计算机网络、信息安全、并行处理、分布式系统；已发表论文130余篇。

综合信息

2013年移动互联网市场规模1 059.8亿元

1月14日消息，艾瑞咨询数据显示，2013年中国移动互联网市场规模达到1 059.8亿元，同比增速81.2%。预计到2017年，市场规模将增长约4.5倍，接近6 000亿元。移动互联正在深刻影响人们的日常生活，移动互联网市场进入高速发展通道。

艾瑞咨询数据显示，2013年中国智能手机的保有量为5.8亿台，同比增长60.3%，智能机价格不断走低，不断向三、四线城市渗透，功能机用户加速换机促使智能机保有量高速增长。（转载自《中国信息产业网》）

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6868.2014.01.003
网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20140115.1656.002.html

微博社交网络中用户群体关系挖掘与群体行为分析

Community Relationship Mining and Behavior Analysis for a Microblog

中图分类号:TP391 文献标志码:A 文章编号:1009-6868 (2014) 01-0011-003

黄涵霞/HUANG Hanxia
胡燕萍/HU Yanping
孙知信/SUN Zhixin
(南京邮电大学,南京 江苏,210003)
(Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

摘要: 提出了一种基于权重属性的图聚类方式。该图聚类方式在图聚类的基础上,考虑了每个节点的不同属性,并根据影响度给属性分配权重,从而在依据亲密度构建的网络拓扑图上进行图聚类的修正。实验证明,该方法更符合实际的群体聚合方式。

关键词: 社群挖掘;图聚类;相似度计算

Abstract: This paper proposes a graph-clustering algorithm based on attribute information. The attributes (and their weights) of each node are considered in this model when modifying the network topology based on intimacy. Experiments show that the modified algorithm is closer to the actual group polymerization.

Keywords: community detection; graph clustering; similarity calculation

社交网络发展势头强劲,微博更是一个强大的社交平台。名人们纷纷开启了认证微博,相互关注顿时拉近了陌生人在网络空间中的距离。随着智能终端性能的突破性革新,社交平台向着移动互联网络进军。中国互联网络信息中心(CNNIC)发布的第32次《中国互联网络发展状况统计报告》中显示2013年具有微博的网民数已达33 077万人,社交网站的网民数已达28 880万人。对比使用率与增长率,微博的发展势头超过了传统的社交网站。与往年数据对比发现,传统社交网站的用户大批量转战到微博,这主要是因为微博用户只需要即时即地的输入简短的文字信息或者上传图片就可以公开发布状态,支持原创,更快速更便捷地反映微博用户的情感等各方面资讯,关注、@等功能增强了微博用户之间的互动。

从网络营销角度看,微博不仅成为用户社交生活的网络工具,也成为传统网络与移动互联网的营销基地,在普通微博用户的博文被感知程度低的情况下,以营销为目的的博文却在潜移默化地培养着客户群,然而这样的客户群是可以依靠群体挖掘技术实现的。因此,需要自适应隐式或显示的在海量微博用户中组件群组。基于微博的信息挖掘是实现微博资源多重利用的技术手段,本文主要依据六度空间理论,研究传统社交网络中群组机制在微博社交网络中的移植性,研究群体关系的挖掘方案与行为,在依靠用户兴趣模聚类获取到的网络拓扑结构后依靠节点的属性矩阵进行初始拓扑结构的重分割。

1 微博社交网络相关工作

社交网络不同于普通的静态网络,社交网络中的网络结构随着时间变化而不断发生变化,一定程度上反映真实世界的状况。微博社交的即时即地性能够更好地反映网络与现实世界的关联。社会性网络中普遍存在群体现象,可以把网络结构中连接紧密的节点集命名为群体,类似于"好友圈"的显示群体,群体与群体之间通过关键节点互联被称为稀疏网络,社交性网络中的群体挖掘主要有相似度计算和图聚类两方面的研究热点。

(1)基于相似度的社会群体挖掘

网络在时间维度上的动态性,文献[1]提出的网络相似性度量方法,在基于图形结构的基础上计算用户的概要信息与语义信息,用户的概要信息主要以标签记录为主,通常在用户申请账号时生成静态的文本,这样计算出的相似度与网络拓扑结构缺乏动态性。相似度计算就是计算用户之间的相似情况,依靠计算每两个用

收稿日期:2013-11-13
网络出版时间:2014-01-15
基金项目:国家自然科学基金(60973140、61170276、61373135)

户之间的相似度来构建网络拓扑结构，将大型网络社区分割成一个个具有关联性的小型的群体。在文献[2]中提出了一种新的协同过滤的用户相似度计算算法，但没有将其扩展到社交网络。文献[3]用监督式学习方法构建了一个关系相似度模型，利用关系特性与非关系特性以及两个核心用户与其所在的社区信息，实现高度准确的好友推荐。

（2）社交网络的图聚类技术

图挖掘方法是社会性复杂网络分析的重要方法，主要是将网络中的个体分别用节点表示，形成复杂的网络图。节点之间采用直线连接的通常表示节点之间的某种关系，节点之间的距离计算公式直接影响到聚类的结果。欧几里德距离与曼哈坦距离不能直接用在节点距离的计算中，坐标的缺少使得节点间的距离不能直接采用欧几里得距离和曼哈坦距离。实验证明采用 k-medoids 算法时，相比随即漫步距离算法与最短路径算法，在数据库系统和逻辑编程（DBLP）数据集形成的网络图的子图中最短距离算法的聚类结果更为合理[4]。Kohout 与 Nerda 认为可以通过一个有向图模型将社交网络中的用户分到集群中去，他们分析了几个不同的遗传算子，并提出了一种遗传算法用于直接加权图的聚类[5]。基于熵的聚类方法是获取局部最优簇的随机种子成长的方式，最大限度地减少图熵。基于熵的方法比竞争方法在计算精度和效率上有更好的性能[6]。文献[7]研究了集群图中社群交互的关键作用节点的发现。一个广义马尔可夫图模型被提出并用在在社交网络的分类上。该模型揭示了度分布、聚类系数分布。该拥挤系数分布给出了社会网络特征。

2 微博社交网络中的用户群体关系挖掘

大多数文献都采用图聚类算法来挖掘紧密联系的群体。文献[8]介绍了一种群体挖掘方法，在图聚类算法的基础上，加入了节点属性的因素，使得群体分类更加精确。但是该文献采用了二进制的方式对节点属性进行描述。所有的属性都采用 0 和 1 的方式进行表示。这种方式过于简化了属性的取值范围，并且不具有代表性。

本文在此基础上，提出了基于亲密度的网络拓扑结构图，并对节点属性的取值进行了改进。采用对微博的博文分词的方式，提取其中的关键字，并对关键字进行归类，关键字分属于不同的属性。对同一种属性的关键字出现的次数进行统计，看该属性占总值的比例，来作为节点属性的具体数值。同时，考虑到群体聚类的不同目的，本文还对属性的权值进行了设置，根据群体划分目的的不同，来分配属性权重的大小，从而达到更好划分群体的目的。

2.1 问题描述

微博社交网络中用户采用相互关注、评论博文、转发与@好友等形式形成节点之间的关联，本文主要在由亲密度构建的网络拓扑图上进行图聚类的修正。

在群体挖掘中，挖掘目的直接影响着网络群体的组合，亲密度的计算可以将具有现实关系的博友聚集起来，形成拓扑结构。用有向带权图 $G(V,E,X)$ 来表示微博网络中用户关系。V 表示微博网络中的节点集合；E 表示用户节点的有向边，即用户之间的亲密行为；X 为有向边的权值，值小就代表不怎么亲密，很少有亲密举动。考虑到亲密需要双方互动，故采用节点间双向的权值的较小值 $E(X,Y)=\min(W(X,Y),W(Y,X))$ 表示亲密度。依据亲密程度可以构建起类似于图 1 的网络拓扑结构。

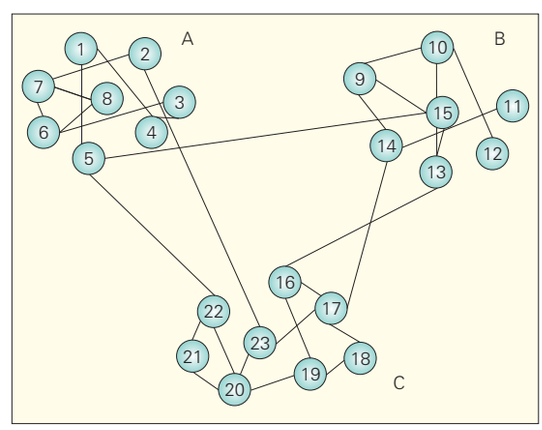
由上述方案获得的网络拓扑结构还不具有较强的群体特性，需要进一步计算才能获得社交网络中的群体结构图。根据网络拓扑图，修改拓扑图的表示方法，将节点属性值作为参数重新描述拓扑图：$G(V,E,X)$，其中 $V=\{V_1,V_2,V_3\cdots Vn\}$ 是节点集合，$n=|V|$ 代表图中的节点数量。$E\subseteq V\times V$ 是边的集合。$E=\{(V_i,V_j)\}:V_i,V_j\in V\}$，并且 $X\in R^{|V|\times d}$ 是一个顶点属性矩阵。图 1 显示了的是一个基于亲密度组成的社会性网络，每个节点代表一个用户，用户存在若干属性，假设存在 n 个属性值（$T_1,T_2\cdots T_n$），下文将建立属性矩阵，利用相似度函数计算出节点的相似矩阵，进而对图 1 进行修正。

2.2 节点集的属性矩阵

本文以一个 12 个顶点的简单拓扑网络为例，研究基于属性举证重构的拓扑网络，为其寻找新的边界。图 2 中的拓扑结构中有 3 个小型群体，可以看出这 3 个小群体存在一个闭环关系。

由于每个属性的重要程度不同，为属性集（$T_1,T_2\cdots T_n$）分别分配权值 $P_1,P_2\cdots P_n$，P_i 的取值采用机器学习的方式，根据不同的聚类和挖掘目的，根据属性的重要程度动态地为属性分配权值，$P_1,P_2\cdots P_n$ 需满足条件 $P_1+P_2\cdots P_n=1$。

对微博的博文采用分词的方法，提取其中的关键字，对关键字进行归



▲图 1 基于亲密度的网络拓扑结构

类，分属于不同的属性，对同一种属性的关键字出现的次数进行统计，设为 k，所有关键字出现的总次数设为 P，那么每个节点该属性的属性值 $a_ij=k/P$。节点集属性矩阵如图 3 所示。矩阵给出了拓扑结构中每个节点的属性。

上述矩阵给出了节点的属性值，y_1 表示单纯的属性矩阵，y_2 依据属性在割边中的关键程度加入了权值计算，期中假设属性权重向量为 $\vec{T}$（1/2,1/4,1/4），接下来就可以依据加权的属性矩阵求节点的相似度。

2.3 基于相似度的拓扑图修正

根据属性矩阵 y_2 采用类余弦相似性计算公式：

$$sim(\vec{i},\vec{j})=\cos(\vec{i},\vec{j})=\frac{\vec{i}\cdot\vec{j}}{\|\vec{i}\|\times\|\vec{j}\|}$$

可以计算得到每两个节点的相似性值，从而得到节点集的相似度矩阵，如图 4 所示。

根据矩阵图可以发现节点集（V_1,V_2,V_3,V_4,V_5,V_6）存在属性高度相关性，但是该节点集中的节点分布在 A、B 两个集合内，在节点集 C 中，很明显节点集（V_7,V_8,V_{10}）属性一样，但与节点集（V_9,V_{11},V_{12}）中节点的余弦相似度在 0.53 左右，为了寻找高度相似的节点集，采用阀值为 0.95 对图 2 中的网络拓扑图进行修正，得到原拓扑图的重构，如图 5 所示。图 5 中虚线表示节点间属性向量的余弦相似值极高，从而具有相似性，根据虚线的密集程度，对原始的拓扑结构进行了群体的进一步修正，一个蓝色区域表示一个亲密度基础上，属性值极似的群体。

基于网络亲密度所构造的网络拓扑图根据用户与用户之间的亲密关系划分出来的群体，但是通过这样的方式聚合出来的群体未必真正有内在的联系。为此，本文采用加入每个单个节点的内在属性的方式，这里的属性可以是每个用户的兴趣爱好，又或者是用户的需求等因素，根据不同的挖掘目的和要求，动态地给这些属性分配权重，来挖掘群体的内在关联。通过加入属性并对它们分配权重的方式，把看似有联系的群体分割

➡下转第 25 页

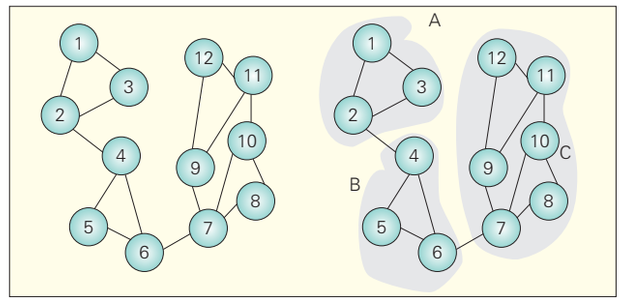


图 2▶ 网络拓扑图中的群体结构

$$y_1=\begin{pmatrix} & T_1 & T_2 & T_3 \\ V_1 & 0.3 & 0.3 & 0.4 \\ V_2 & 0.3 & 0.3 & 0.4 \\ V_3 & 0.31 & 0.31 & 0.38 \\ V_4 & 0.31 & 0.31 & 0.38 \\ V_5 & 0.29 & 0.29 & 0.42 \\ V_6 & 0.3 & 0.3 & 0.4 \\ V_7 & 0.5 & 0.5 & 0.0 \\ V_8 & 0.5 & 0.5 & 0.0 \\ V_9 & 0.2 & 0.2 & 0.6 \\ V_{10} & 0.5 & 0.5 & 0.0 \\ V_{11} & 0.2 & 0.2 & 0.6 \\ V_{12} & 0.2 & 0.2 & 0.6 \end{pmatrix}$$

（a）节点集的初始属性矩阵

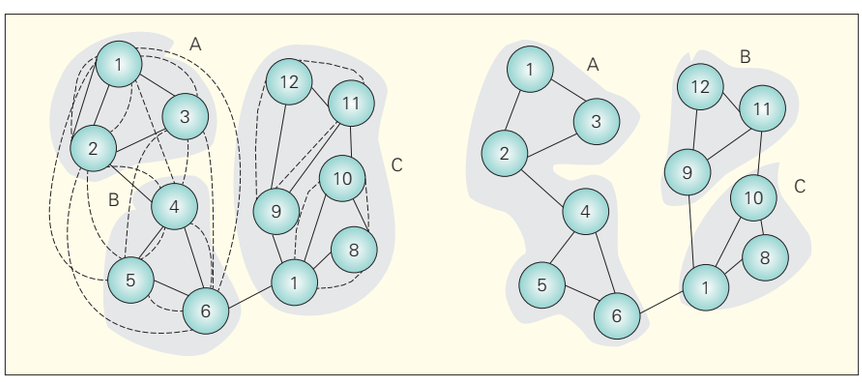
$$y_2=\begin{pmatrix} & p_1T_1 & p_2T_2 & p_3T_3 \\ V_1 & 0.15 & 0.075 & 0.1 \\ V_2 & 0.15 & 0.075 & 0.1 \\ V_3 & 0.155 & 0.0755 & 0.095 \\ V_4 & 0.155 & 0.0755 & 0.095 \\ V_5 & 0.145 & 0.0725 & 0.105 \\ V_6 & 0.15 & 0.075 & 0.1 \\ V_7 & 0.25 & 0.125 & 0.0 \\ V_8 & 0.25 & 0.125 & 0.0 \\ V_9 & 0.1 & 0.05 & 0.15 \\ V_{10} & 0.25 & 0.125 & 0.0 \\ V_{11} & 0.1 & 0.05 & 0.15 \\ V_{12} & 0.1 & 0.05 & 0.15 \end{pmatrix}$$

（b）节点集的加权属性矩阵

图 3▶ 节点集属性矩阵

	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_7	V_8	V_9	V_{10}	V_{11}	V_{12}
V_1	\	1	0.99937	0.99937	0.99931	1	0.85889	0.85889	0.92392	0.85889	0.92392	0.92392
V_2		\	0.99937	0.99937	0.99931	1	0.85889	0.85889	0.92392	0.85889	0.92392	0.92392
V_3			\	1	0.99743	0.99937	0.87579	0.87579	0.91032	0.87579	0.91032	0.91032
V_4				\	0.99743	0.99937	0.87579	0.87579	0.91032	0.87579	0.91032	0.91032
V_5					\	0.99931	0.83932	0.83932	0.93746	0.83932	0.93746	0.93746
V_6						\	0.85889	0.85889	0.92392	0.85889	0.92392	0.92392
V_7							\	1	0.59761	1	0.59761	0.59761
V_8								\	0.59761	1	0.59761	0.59761
V_9									\	0.59761	1	1
V_{10}										\	0.59761	0.59761
V_{11}											\	1
V_{12}												\

▲图 4 节点集的相似度矩阵



▲图 5 原拓扑图的重构

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6868.2014.01.004
网络出版地址：http://www.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20140115.1739.003.html

基于代理的社会网络信息传播与控制模型

Agent-Based Information Dissemination and Control Model for Social Networks

中图分类号：TP391 文献标志码：A 文章编号：1009-6868 (2014) 01-0014-006

徐名海/XU Minghai
糜正琨/MI Zhengkun
司亚雄/SI Yaxiong
（南京邮电大学通信与信息工程学院，江苏 南京，210003）
(College of Telecommunications and Information Engineering, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

摘要： 提出一种基于代理的信息传播与控制模型，在对信息分类的基础上，以含有经济刺激的广告信息为例研究信息的传播与控制，构建在线与离线相融合的社会网络结构，并对代理的属性、行为及影响因素进行定义，同时设定信息传播机制，采用模糊逻辑处理方式对认知、说服、决策、传播4个决策步骤进行建模。NetLogo和C++仿真结果表明，影响力大的节点作为初始节点能加快信息的传播速度，且经济刺激和政策系数的不同会产生不同的传播效果。由此，可以通过控制初始节点的选择、经济刺激强度和外部环境等因素实施信息传播的控制。

关键词： 社会网络；信息传播；代理；模糊逻辑

Abstract: An agent-based information dissemination and control model is proposed in this paper. Taking advertising information as an example, we define information categories and merge online and offline networks in order to construct a novel social network. Agents' attributes and behaviors are defined according to influences from both internal and external environments. Fuzzy logic is introduced in agent decision-making in order to model recognition, persuasion, decision, and dissemination of information. Simulations on NetLogo and C++ platforms show that more influential initial agents can be chosen to improve the performance and economic incentive. Policy also affects the result. We can control information dissemination by choosing initial agents, economic incentive intensity, and environment control.

Keywords: social network; information dissemination; agent; fuzzy logic

研究信息在社会网络中的传播与控制具有现实意义，如商品广告信息如何大面积传播以促进销量，方针政策如何有效传达以改善实施效果，谣言信息如何有力阻隔以防止上当受骗等。同时，该研究也具有理论价值，有效的信息传播方法不仅能够运用于社会网络中不同的信息传播，而且可以将该方法的思路运用于其他领域，如车流量的管理、电力设施的布局等。然而信息自身的多样性、社会网络结构的复杂性与动态性以及社会个体行为的多元化与异构性都给其研究带来巨大挑战。

目前，信息传播的研究主要侧重创新传播，它是指新思想、新产品或新行为方式的传播[1]。其主要研究方法包括微分方程法[2-3]和基于代理的建模方法[4-6]。相比较而言，微分方程法在对信息传播建模的过程中做了过多理想化假设，并且忽略了系统运行的动态性，实用价值不高。以个体为单位建模的基于代理的模型逐渐得到认可和推广，但由于信息具有异于创新的特点，因此该类研究并不适用于信息传播。现有的信息传播研究方法主要是建立数学模型和微分方程进行分析[7-8]，“自上而下”对系统建模分析，对影响因素做简化处理，无法应用于复杂网络和多样化信息。因此，运用基于代理的模型分析信息在社会网络中的传播成为新的选择。

本文提出基于代理的信息传播与控制模型（ABDCM），运用基于代理的建模方法研究社会网络中的信息传播。由于信息具有多样性，本文对信息进行分类，并针对带有经济刺激的商品广告信息进行研究。模型的构建采用“自下而上”的构建思想，将每个社会个体抽象成一个代理（Agent），这些代理具有异构性、自组织性和动态性等特点，并运用模糊处理方法模拟传播决策机制，即不同代理根据其属性的差异具有不同的行为方式，且代理受所处环境（如经济水平、社会风俗、政策制度等）约束并相互影响。代理通过链路连接构成

收稿日期：2013-11-02
网络出版时间：2014-01-15
基金项目：国家自然科学基金（60902015）

特定结构的社会网络后，每个代理依据传播决策机制自主决策和传播信息，并通过外部环境因素来控制信息传播。这种研究方法针对不同代理制订不同属性和行为，满足社会个体异构性、行为多元化的特征，不需要对复杂动态的社会网络构建方程。本文第1部分介绍信息传播的基本理论及现有研究成果，第2部分详细描述基于代理的信息传播与控制模型，第3部分对模型进行仿真分析，第4部分对论文进行总结。

1 信息传播基本理论

创新传播理论的研究起步于20世纪中叶，是一个涵盖经济学、社会学、生物学、计算机科学等的交叉学科领域，此后有诸多学者对此展开研究。其中，20世纪60年代是创新传播理论的重要转型期，传播学的研究从产品转向受众，注重受众的心理期待和接受效果。

随着大众媒体的丰富和传播渠道的增加，能够协调使用各种传播方式的整合营销传播被提出[9]，然而，如何有效的整合成为该项研究的难题。Bass模型是这一时期的典型成果[10]，它采用构建微分方程的方法，以经验概括创新在社会系统中的传播性质，并分析创新的传播效果，如采纳率、采纳时间等。

对于创新传播，罗杰斯给出了最具权威的定义：创新的传播是指创新通过一段时间，经由特定的渠道，在某一社会团体的成员中传播的过程。根据该定义，他将信息传播过程分为4个要素，即：创新本身、传播渠道、传播时间和社会体系结构。其中，传播时间是创新传播的一个重要要素，它是指社会个体成员在接收到创新后，采取一系列措施最终采用或是拒绝该创新的整个过程，罗杰斯将这个过程分为5个部分：认知、说服、决定、实施、确认。在此过程中，由于社会成员中存在不同性格的人群，有些群体比较积极，对应采纳时间短；而有些群体比较保守，对应的采纳时间长。

一般而言，创新的传播时间与采纳人数关系呈现“S”型。早期，只有少数人采纳信息，S曲线上升缓慢。随着采纳人数的增加，S曲线迅速上升；而当采纳人数达到一定数量时，上升又趋于缓慢。

近年，随着创新传播理论研究的不断深入，除了Bass模型外，还有一些比较典型的模型，如FourtWoodlock模型[11]，Mansfield模型[12]和基于代理的模型（ABM）。

FourtWoodlock模型假设创新传播过程中个体只受到社会网络的外部影响（大众媒体等），Mansfield模型假设个体只受到社会网络的内部影响（口口相传）。这两种模型对信息传播影响因素的考虑都不全面，且无法描述信息传播过程的动态性。

基于代理模型以个体为建模单位，在设计代理的属性和行为时，综合考虑社会网络的外部和内部影响因素，在代理交互过程中体现系统的动态性特征，得到了越来越多的研究和应用。

信息传播是一种特定形态的创新传播，它与产品传播、行为影响共同构成创新传播的3个重要分支，并在发展过程中逐渐产生不同的特征。创新传播的研究更注重采纳率，而信息传播则更注重传播率。社会个体考虑是否采纳某创新与是否传播某信息所考虑的因素有很大差别。个体在采纳某项创新时常需付出一定代价，因而在决策时更保守。而个体在考虑是否传播某信息时，可能只关注其对信息的好恶及传播收益，更易决策。此外，创新所具有的可观察性和可试验性等特征也是信息所不具备的。

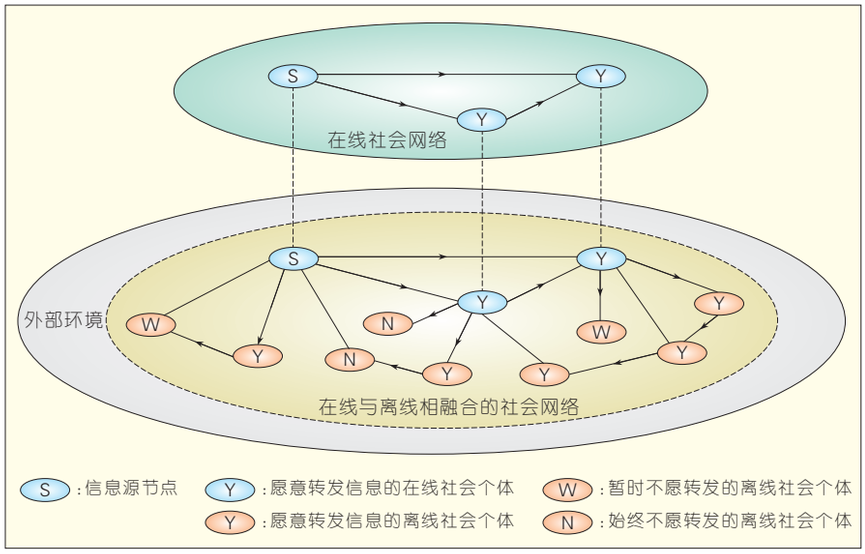
现有文献研究信息在社会网络中传播的方法主要有两种。第一种是微分方程法，该法综合信息传播过程中的各种影响因素建立微分方程，对信息传播过程进行建模。但该法在建模过程中进行了过多的理想化假设，因而实用价值不高。另一种比较流行的方法是大数据法[13]，该法对社交网络平台（Facebook等）中的信息共享、转发、评论等进行记录，通过对这些数据的统计分析，研究信息传播特性，预测信息传播效果。但此法不能对传播过程中的具体影响因素进行具体分析，不能为信息在社会网络中传播的控制提供方法和思路。针对以上两种研究方法存在的问题，本文采用基于代理的建模方法对信息传播过程进行建模，研究信息在社会网络中的传播与控制。

2 基于代理的信息传播与控制模型

2.1 应用场景

某公司将要推出一款新产品，为了引起社会群体对新产品的关注并征集反馈信息，公司在产品上市前展开宣传。通常信息在社会网络中的传播方式如图1所示。

图1选择在线（Online）社会网络中的个体S作为初始传播者，向其提供经济刺激，让其传播信息。同时，可以通过大众媒体发布新产品上市信息。其他Online社会个体以及离线（Offline）社会个体通过大众媒体或是其他个体宣传知道该产品信息后，根据自身属性，如认知能力，经济刺激敏感度等对该产品有了初步认知。根据信息来源可信度，个人对该产品品牌、型号的热衷程度，经济刺激强度等一系列因素对该产品信息做出评价。之后个体结合外部环境因素，如政策、文化等，决定是否转发该信息。为了转发获利，或是对该信息十分喜爱的个体Y会转发信息，提供经济刺激并给出评价。个体W最初对信息评价不高，但当有多个个体向自己宣传该产品时，他会改变自己之前的判断并转发该信息。个体N对信息评价始终不高而不愿转发信息。同时，信息传播也受到传播渠



▲图1 信息在社会网络中的传播

道、政府政策、大众媒体等外部环境因素的影响。

根据上述场景，应用基于代理的方法研究社会网络中的信息传播需要依次考虑以下几个部分：分析代理模型的适用性、代理的定义、社会网络构建、信息传播机制实现、模型分析、模型证实和修正。限于篇幅，本文将侧重考虑代理的定义，社会网络构建和信息传播机制实现。

2.2 代理定义

代理是ABM的最基本单元，是社会网络中个体的抽象形式。不同代理具有不同的属性和行为方式，且代理之间以及代理与环境之间会产生影响。代理通过连接构成社会网络，而代理的自组织行为构成社会网络的信息传播。具体代理的定义如图2所示。

代理的定义主要分为两部分：代理的属性和代理的行为。代理属性的定义包括代理的静态属性和动态属性。其中，静态属性包括代理的类型、代理的性格等，动态属性包括社会关系列表、代理情绪等。代理的行为即代理收到信息后的处理行为，包括信息认知、信息说服、信息决策、信息传播。内部影响是指代理之间的相互影响，即代理在收到信息时也会收到上游代理对信息的评价，并根据邻居节点对信息的转发率来进行决策。外部影响是指社会网络中的代理受到外部环境的影响，如经济水平、文化习俗、大众传媒、方针政策等外部环境。

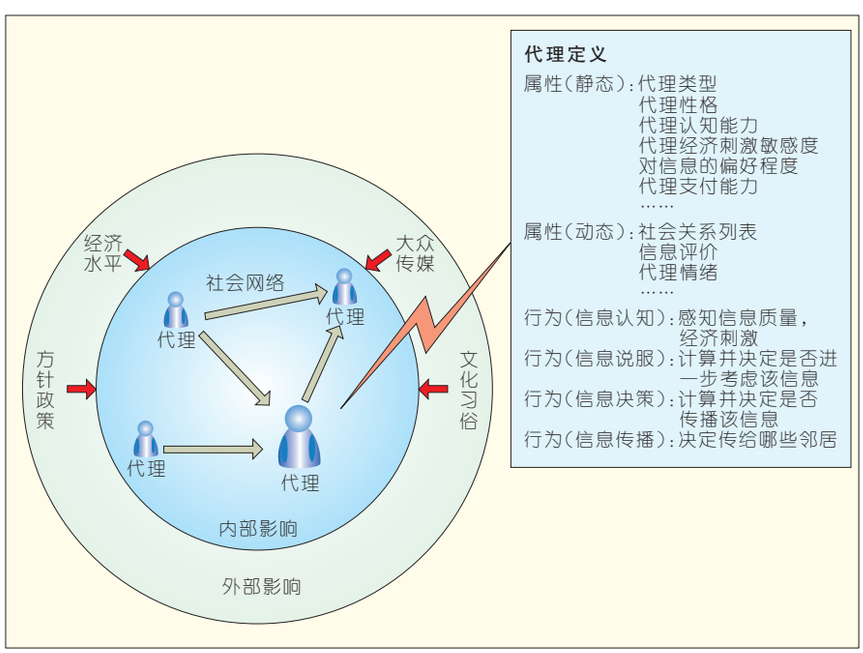
2.3 社会网络构建

社会网络是以某种方式相互联系的若干个体或群体构成的集合。社会网络的典型研究对象包括：个人之间的朋友关系、公司之间的商业联系以及家庭之间的联姻情况等。社会网络是一种典型的复杂网络，其研究的兴起始自小世界网络[14]及无标度网络模型的提出[15]。小世界网络与无标度网络的优缺点及适用场合如表1所示。

由于社会网络的复杂性和多样性，找到一种能够准确反映各种社会网络内部关系的网络模型并不实际。但为了研究社会网络中普遍存在的问题，需要根据各种社会网络的共性特征对社会网络进行建模。这也正是小世界网络和无标度网络的意义所在。

若想对某特定网络进行更精确的分析预测，可以采用统计调查的方式，获取真实的社会网络拓扑情况（见文献[4]）。

本文基于这两种网络模型构建社会网络来代表现实生活中信息的传播环境。由于无尺度网络最基本的特征就是网络中节点的度服从幂次分布，所以本文在社会网络构建时，首先为网络中的节点依照幂次分



▲图2 代理定义

▼表1 小世界网络与无标度网络的对比

网络模型	优点	缺点	适用场合
小世界网络模型	聚合系数高、平均路径短	容易出现孤立点	万维网、局域网、供应链网、E-mail信息网
无标度网络模型	网络拓扑不随网络规模扩大而变化	聚合系数远小于现实网络	万维网、供电网、演员合作网、电话联系网

布预先分配度数，Online网络代表在线信息传播环境，其节点具有更高的度数；Offline网络代表离线信息传播环境，其节点度数相对较低。不同代理的边随机连接形成网络，其中Online网络的聚合系数较高，Offline网络的聚合系数较低。这样连接的网络具有无尺度特性，且可以通过小世界网络的特性公式来计算聚合系数大小和平均最小路径大小，从而调整参数值，使构建的网络更符合小世界网络特性。

在此网络的基础上，本文第3部分对ABDCM的信息传播过程进行了仿真，根据仿真结果对信息传播的影响因素进行了分析。

2.4 信息传播机制

不同的信息类型具有不同的传播特征，针对不同的信息传播特征，需要制订不同的信息传播策略来进行信息传播。本文依据信息的来源、传播路径、影响因素、驱动力等将信息区分为六大类。具体分类如表2所示。

对于不同传播特征的信息，本文以含有经济刺激的商品广告信息传播为例研究信息传播与控制模型，考虑社会个体的经济支付能力以及经济刺激敏感度，同时需要考虑社会网络中的外部影响因素。

影响信息传播的主要因素有：初始节点的选取、社会网络的结构、代理的定义、信息传播决策机制的制订。初始节点的选择对于影响力大的节点具有较好的传播效果。不同的网络拓扑结构对传播路径和传播时间影响较大。不同的代理定义会产生不同的代理属性及行为，进而影响传播过程。

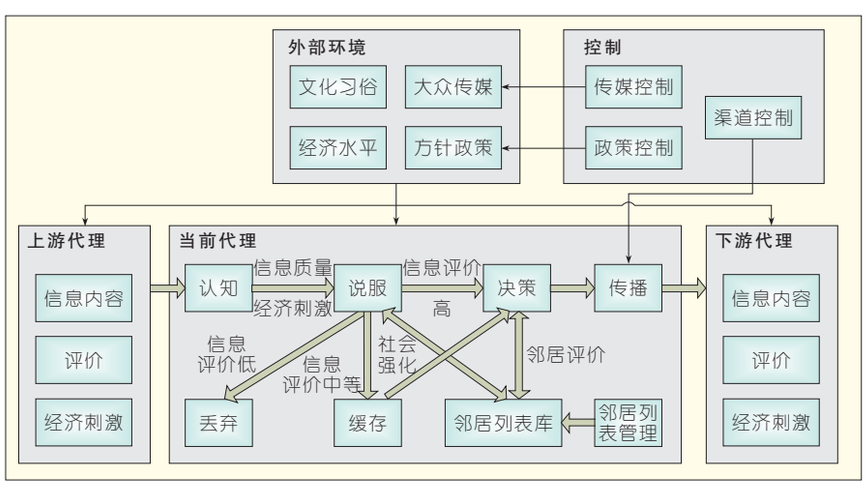
传播决策机制的不同体现了代理不同的转发规则。本文将着眼于信息传播机制的制订，并将决策过程分为4步：认知、说服、决策、传播，如图3所示。

认知是指代理收到信息后，对信息质量及经济刺激强度进行主观认知，得到感知信息质量及感知经济刺激强度的过程。其中，代理感知的信息质量（Agt_{pq}）由信息本身的质量（Inf_q）和代理的认知能力（Agt_r）决定。代理感知的经济刺激强度（Agt_{pe}）由传播所给的经济刺激（Inf_e）和代理经济收入（Agt_{ei}）决定，这时有：$Agt_{pq}=f_r^1(Inf_q,Agt_r)$ 以及有 $Agt_{pe}=f_r^2(Inf_e,Agt_{ei})$。

说服是指代理在对信息主观认知的基础上，结合其对信息的偏好程

▼表2 信息分类表

信息类别	典型案例	传播特征
新闻	领导人换届信息在全国公布并大力宣传	信息来源：官方媒体 传播路径：官方媒体至社会个体的1：N，社会个体之间的传播 影响因素：媒体公信力、新闻类别等 传播驱动力：利益、兴趣、大众心理
商品广告	苹果手机上市，在全球推广促销	传播来源：大众媒体 传播路径：大众媒体至社会个体的1：N，社会个体之间的传播 影响因素：产品自身、广告方式、媒体公信力及传播人群特性 传播驱动力：经济刺激、大众心理
观念与方法	“光盘”行动在全国宣传，鼓励群众共同实行	传播来源：个人或集体新思想 传播路径：大众媒体至社会个体的1：N，社会个体之间的传播 影响因素：传统文化习俗、社会环境、传播人群特征等 传播驱动力：大众心理、兴趣、利益
价值数据	某股票将要上涨，股民哄抢	传播来源：该数据领域的相关机构组织 传播路径：相关媒体至社会个体的1：N，社会个体之间的传播 影响因素：数据的类型、媒体可信度、传播人群特性 传播驱动力：利益
虚假信息	网络诈骗案兴起，大力宣传教导群众不要受骗	传播来源：不可靠媒体或个人 传播路径：不可靠网站等媒体及通信工具，社会个体之间的传播 影响因素：信息伪造程度、传播人群辨识能力 传播驱动力：虚构的利益
个例事件	某地旅游已达高峰，向群众告知并提醒避开高峰	传播来源：事件影响范围内的各大媒体 传播路径：影响范围内各媒体至社会个体的1：N，社会个体之间的传播 影响因素：事件类型、传播力度、媒体影响力 传播驱动力：利益、大众心理



▲图3 信息传播决策模型

度及与上游代理的关系亲疏程度，得到信息进行主观评价的过程。代理对信息的主观评价（Agt_{se}）主要取决于代理感知的信息质量（Agt_{pq}）、感知的经济刺激强度（Agt_{pe}）、对信息的偏好程度（Agt_{ip}）以及与上游代理的关系亲疏程度（Lnk），这时有 $Agt_{se}=f_p(Agt_{pq},Agt_{pe},Agt_{ip},Lnk)$。

根据主观评价的高低，代理会进一步处理。若评价低，则直接丢弃该信息。若评价一般，则缓存该信息。若评价高，则进入决策环节。缓存状态的信息会因为社会强化作用提高代理的评价。

决策是指代理在得到高主观评价的基础上，结合外部环境的影响，得到信息的转发能量的过程。信息的转发可以看成能量消耗的过程，并将代理对信息的主观评价作为基础转发能量值（$Agt_{engy0}=Agt_{se}$）。代理的实际转发能量值（Agt_{engy}）取决于基础转发能量值（Agt_{engy0}）以及网络的外部影响因素（$Envr$），这时有 $Agt_{engy}=f_d(Agt_{engy0},Envr)$。

传播是指在代理得到信息转发能量值的基础上，结合其与邻居节点的关系亲疏及邻居节点对信息的偏好，选择信息转发对象的过程。代理在选择转发对象的过程中根据其邻节点对信息的偏好程度（Agt_{ip}^{i}）及与相邻节点的亲疏程度（Lnk^{i}），计算相邻节点消耗的能量 $\Delta Agt_{engy}^{\ i}$，将能量由小到大进行排序并转发，直到能量消耗完毕，即 $\Delta Agt_{engy}^{\ i}=f_t(Agt_{ip}^{\ i},Lnk^{i})$，$Agt_{engy}\geqslant\sum_i\Delta Agt_{engy}^{\ i}$。

接收到信息的下游代理会重复以上的认知、说服、决策、传播过程，对信息进行进一步传播。当没有新的代理接收到信息时，信息的传播将结束。

在信息传播过程中，可以通过控制外部环境中的影响因素来控制信息的传播。其中，传媒控制通过影响大众传媒对信息传播进行控制，政策控制通过调节方针政策对信息传播进行控制，渠道控制通过监控传播渠道对信息传播进行控制。

3 仿真分析

3.1 仿真设定

本文仿真的目的是研究社会网络中信息传播的影响因素及控制方法，着重对初始节点选择、经济刺激强度及外部环境对信息传播的影响进行了仿真分析。通过比较仿真所体现的信息传播特性和现实生活中的信息传播特性，验证本文构建的社会网络模型及信息传播机制的适用性。因未见将基于代理的建模方法应用于社会网络中信息传播的文献，暂无其他模型可供对比分析。

仿真首先对现实社会网络中的信息传播环境进行了建模，构建了在线和离线混合的社会网络模型。然后，采用模糊数学的方法，对信息的参数、代理的属性及代理的方法进行了设定。将信息的参数和代理的属性设为模糊变量，并可根据仿真分析的需要动态调整。以现实生活中的信息传播决策为依据，采用模糊算子对代理的方法即传播决策函数进行了设定。

在仿真分析的过程中，采用控制变量法，在保持其他模型参数不变的条件下，调整所要研究的参数，比较模型的输出。

仿真在 NetLogo 软件中进行。NetLogo 是基于代理的建模方法的专用建模软件，性能优越建模方便。仿真的社会网络模型共包含 5 000 个代理节点。信息传播从选定的若干初始节点开始，以级联的方式逐步扩散。传播比例稳定时，仿真结束。

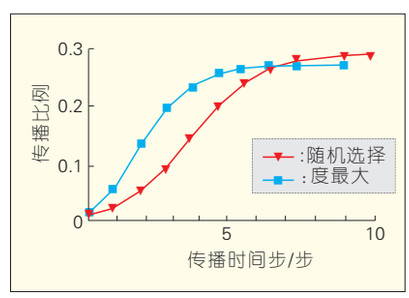
3.2 仿真分析

3.2.1 初始节点选择对传播效果的影响

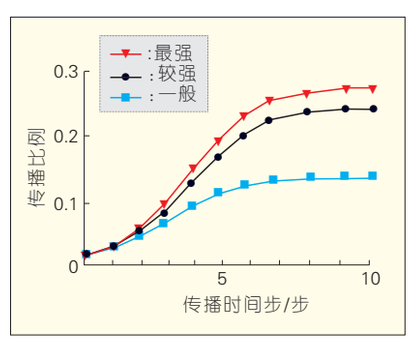
保持经济刺激和信息质量为最高，外部环境及代理属性不变，调整初始节点选择方法，所得传播比例随时间变化情况如图 4 所示。由图知，选择若干度较大的节点作为初始节点，传播速度更快，稳定时传播比例较低。随机选择若干初始节点，传播速度较慢，稳定时传播比例更高。若将经济刺激和信息质量均调整为一般，则选择若干度较大的节点作为初始节点不仅传播速度更快，而且传播人数也更多。通过经验分析可知，当信息质量和经济刺激都很高时，节点的转发概率高，信息易从随机选择的初始节点传至度较大的节点，而信息质量和经济质量均一般时则不然，因而会出现随机选择节点反而比直接选择选度较大的节点传播人数多的情况。

3.2.2 经济刺激强度对传播效果的影响

以随机的方式选择若干初始节点，保持初始节点、外部环境及代理属性不变，调整经济刺激强度，所得传播比例随时间变化如图 5 所示。由图知，经济刺激强度与信息传播比例呈正相关。在相同时间内，经济刺激强度越强，传播比例越高。经济刺



▲图 4 初始节点选择对传播效果的影响



▲图 5 经济刺激强度对传播效果的影响

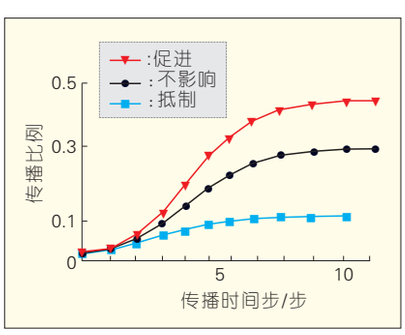
激强度由一般变为较强的传播比例增长幅度比由较强变为最强更大。因而，在一定范围内，控制经济刺激强度可以有效调节信息的传播速度及传播比例。在现实生活中，给予经济刺激是促使信息在网络中转发的有效手段，在一定范围内，经济刺激越强传播者的传播积极性越高。

3.2.3 外部环境对传播效果的影响

以随机的方式选择若干初始节点，保持初始节点、经济刺激强度及代理属性不变，调整外部环境影响，所得传播人数随时间变化情况如图6所示。相较外部环境为不影响时，外部环境促进信息传播时，传播比例有明显增长，抑制时，有明显减少。因而，控制外部环境因素可以显著调节信息的传播速度及传播比例。据统计，关于办理利用信息网络实施诽谤等刑事案件的司法解释公布之后，网络中的谣言发布数量有明显下降，此即外部环境抑制信息传播的典例。

4 结束语

本文构建了基于代理的信息传播与控制模型。在建模过程中，提出了在线与离线相融合的社会网络结构，定义了信息传播代理的属性、行为及社会网络的内外部影响因素，采用模糊处理方式构建了传播决策模型。在对信息分类的基础上，以含有经济刺激的商品广告信息为例，对模型进行了仿真分析，研究了初始节点选择、经济刺激强度及外部环境对信息传播的影响，据此给出了控制信息传播的方法。



▲图6 外部环境对传播效果的影响

本文的研究极具理论意义和现实价值，增进了对社会网络信息传播规律的认识，为控制信息在社会网络中的传播提供了新思路。

本文是将基于代理的建模方法应用于信息传播的新探索，但文中构建的社会网络模型及传播决策模型仍存在不足。在本文工作的基础上，进一步的工作包括3个方面：一是构建更符合现实的社会网络模型。本文在小世界网络及无标度网络的基础上提出了在线与离线相融合的社会网络模型，但具体的模型参数仍需根据现实网络进一步修正。二是制订更准确的传播决策模型。本文将传播决策分为4个步骤，采用模糊数学的方法对各个步骤具体决策函数进行了构建，但决策函数中涉及的参数仍需进一步修正。三是模型的实际应用及有效性分析。完成对社会网络模型及传播决策模型的修正之后，通过仿真对一些信息传播策略进行评估，将评估结果与真实的数据进行比较，验证模型的有效性。

参考文献

[1] ROGERS E M. Diffusion of innovations(5th edition) [M]. New York: Free Press, 2003.
[2] RIIKONEN A, SMURA T. Diffusion of mobile handset features: Analysis of turning points and stages [J]. Telecommunications Policy, 2013,37(6):563–572.
[3] YAMAKAWA P, REES G H. The diffusion of mobile telephones: An empirical analysis for Peru [J]. Telecommunications Policy, 2013,37 (6):594–606.
[4] BANERJEE A, CHANDRASEKHAR A G, DUFLO E, et al. The diffusion of microfinance [J]. Science, 2013, 341(3):363–370.
[5] LANDSMAN V, GIVON M. The diffusion of a new service: Combining service consideration and brand choice [J]. Quantitative Marketing and Economics, 2012, 8(1):91–121.
[6] KIM S, LEE K. Agent–based diffusion model for an automobile market with fuzzy TOPSIS–based product adoption process [J]. Expert Systems with Applications, 2011,38(6):7270–7276.
[7] BUSKENSAND V, YAMAGUCHI K. A new model for Information Diffusion Heterogeneous social networks [J]. Sociological Methodology, 2002,29(1):281–325.
[8] YANG J, LESKOVEC J. Modeling information diffusion in implicit networks [C]//Proceedings of the IEEE International Conference on In Data Mining (ICDM), 2010 IEEE 10th International Conference, December 2010, Alaska. 2010,12:599–608. doi: 10.1109/ICDM.2010.22.
[9] ER–WEI M. Influence of integrated marketing communication on advertising operation [C]//Proceedings of the 2011 International Conference on Business and Government, May 2011, Shanghai, China, 2011:1–3. doi: 10.1109/ICEBEG.2011.5881797.
[10] BASS F M. A new product growth for model consumer durables [J]. Management Science, 1969,15(2):215–227.
[11] FOURT L A, WOODLOCK J W. Early prediction of market success for new grocery products [J]. Journal of Marketing, 1960,25(2): 31–38.
[12] MANSFIELD E. Technical change and the rate of initiation [J]. Econometrical, 1961,29 (4):741–766.
[13] BAKSHY E, ROSENN I. The role of social networks in information diffusion [C]// Proceedings of the 21st international conference on World Wide Web, 2012, New York, NY, USA: ACM, 2012:519–528. doi: 10.1145/2187836.2187907.
[14] WATTS D J, STROGATZ S H. Collective dynamics of small–world networks [J]. Nature, 1998, 393(4):440–442. doi:10.1038/30918.
[15] BARABASI A L, ALBERT R. Emergence of Scaling in Random Networks [J]. Science, 1999, 286(10):509–512. doi: 10.1126/science.286.5439.509.

作者简介

徐名海，南京邮电大学通信与信息工程学院副教授、博士；主要研究方向为下一代网络技术、基于代理的信息传播与控制、拍卖及其在通信网络中的应用；已主持基金项目7项，提交标准草案提案7项，申请专利20个；已发表论文20余篇。

糜正琨，南京邮电大学通信与信息工程学院教授、博士生导师，中国通信学会会士，南京邮电大学通信与信息系统学科带头人，美国亚利桑那大学访问学者和英国萨里大学高级访问学者；长期从事交换和通信网技术研究和教学；已主持基金项目10余项；已发表论文100余篇。

司亚雄，南京邮电大学通信与信息工程学院在读硕士研究生；主要研究方向为社会网络及基于代理的建模方法。

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6868.2014.01.005
网络出版地址：http://www.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20140105.1634.001.html

基于社会网络的精确营销策略及方法

Precision Marketing Strategies and Methods Based on Social Networks

中图分类号：TP391 文献标志码：A 文章编号：1009-6868 (2014) 01-0020-006

鲍媛媛/BAO Yuanyuan[1]
易成岐/YI Chengqi[2]
薛一波/XUE Yibo[1]
（1. 清华大学信息技术研究院，北京，100084；
2. 哈尔滨理工大学计算机科学与技术学院，黑龙江 哈尔滨，150080）
(1. Research Institute of Information Technology, Tsinghua University, Beijing 100084, China;
2. School of Computer Science and Technology, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150080, China)

摘要： 在深入分析社会网络用户行为的基础上，构建了一个用户信任网络。基于该用户信任网络，通过GN（Girvan和Newman提出）算法进行群体划分，并在群体划分基础上，利用文本分析技术实现群体兴趣发现，确定群体营销内容；基于用户信任网络最大生成树确定关键传播路径，并依据关键传播路径上节点信任度指标确定营销关键点，从而依据营销内容和营销关键点推动差异化、精确化营销。

关键词： 精确营销；用户信任网络；群体划分；信息传播；社会网络

Abstract: This paper describes user behaviors and the construction of a user-trusted network. This network uses a GN algorithm to detect communities and text analysis to determine the interests of different communities. By obtaining the maximum spanning tree of the network, we find the most probable propagation path, and we use trust indicators to target key users. By directing marketing content to key users, differentiation and precision marketing is achieved.

Keywords: precision marketing; user-trusted network; community detection; information dissemination; social networks

精确营销是指在精确定位的基础上，针对小众群体，甚至是一对一群体，依托现代信息技术手段建立个性化的顾客沟通服务体系，准确地管理和满足顾客消费需求，用最小的成本、最低的风险、最短的路径，赢得最大化的利润[1]。精确营销的关键在于如何精准地找到产品的目标人群，使营销活动精确化、深入化、细致化，以便利用有限的资源获得最大的收益。精确营销现有传播途径主要有电子邮件、电话、短信、直返式广告、网络推广等，此类传播途径中顾客一般都处于被动的信息接受状态，缺乏获取信息的主动性，不利于消息的裂变传播；另外，由于此类传播方式在一定程度上都涉及到对顾客隐私侵犯的情况，被大部分顾客所抵触，因此，精确营销亟需全新的、有效的传播途径的参与及推动。

随着Web2.0技术的不断成熟，以论坛、博客、微信、微博为代表的新媒体不断涌现，特别是以社会网络为平台的新媒体，主要包括Facebook、Twitter、新浪微博、腾讯微博等的出现，更是改变了人们交流沟通、分享信息的方式，社会网络在人们生活中扮演着愈加重要的角色，成为人们获取信息、展现自我、营销推广的重要窗口，诸多企业已经意识到社会网络作为精确营销手段的潜力，如何利用社会网络的海量数据对目标用户进行准确定位，利用社会网络工具建立沟通渠道进行精确营销，是很值得研究的问题，具有重要的理论价值和实际意义。

1 精确营销的传播途径：社会网络

1.1 社会网络作为精确营销手段的潜力

社会网络作为精确营销的传播手段具有得天独厚的优势，首先，社会网络中用户数逐年暴增，社会网络已经成为覆盖用户最广、传播影响最大、商业价值最高的Web2.0业务。在世界范围内，最著名的社会网络代表是Facebook、Twitter，用户量分别达到12亿、5亿；中国使用人数最多的社会网络工具是新浪微博和腾讯微博，其中新浪微博用户达到5亿，腾讯微博用户超过8亿。大量的用户必然产生大量的数据，这些数据包含了用户属性数据、用户关系数据、用户行为数据，能够为目标用户的精确定位提供强力支撑；另外，社会网络传播具备“点对点”的人际传播和“点对面”的大众传播的双重功能，能够

收稿日期：2013-11-01
网络出版时间：2014-01-05
基金项目：国家科技支撑计划项目（2012BAH42B04）

确保精确营销中要求的个性化传播以及将信息精确传递到用户并形成双向沟通的要求，其本身具有传播成本低、效率高的特点，也完全符合精确营销“利用有限的资源获得最大的收益”的终极目标；此外，社会网络中的消息传播建立在好友互相信任的基础之上[2]，被动接受信息的情况大大降低，增加了用户交流的主动性以及用户之间深入沟通的可能，非常有利于精确营销的深入化。

1.2 基于社会网络的精确营销策略设计

目前，市场中的营销活动都是利用电话、短信、电子邮件等传播方式对所有用户，进行无侧重的营销，例如若某公司意欲对图1中用户群A进行iPHONE产品的营销，按照现有的营销手段，会同等对待图1中的所有用户，将iPHONE产品信息的营销短信或者邮件发送给所有用户，往往会造成高成本、低收益的结果。

在实际情况中，用户群A中并不是所有用户都是活跃用户，部分非活跃用户对于消息传播没有直接贡献，为了达到精确营销的目的，此类用户应该去除；同时，在活跃用户中也并非都是iPHONE产品的潜在用户，精确营销应该做到对潜在目标群体的准确定位；另外，在潜在目标群体中，所有用户并不是处于相同的传播地位，为了将营销成本降至最低，需要确定潜在目标群体中传播地位最高的用户作为营销关键点，进行营销活动。基于上述设计思想，本文充分考虑到对消息传播有实际影响的关系（信任网络）、群体划分情况、群体兴趣情况、传播最大化情况，提出了基于社会网络的精确营销策略，最终将营销活动精确到对目标产品最感兴趣、且对传播最具有影响力的用户进行，实现营销的精确化、细致化。以上述对用户群A进行iPHONE精确营销为例，对本文的精确营销策略进行说明，其实现如下：

（1）识别出用户群A中对消息传播有贡献的活跃用户是对目标用户准确定位的第一步，如图1所示，通过去除对消息传播没有贡献的用户，将目标用户群A缩小到用户群B的范围。

（2）在明确了对消息传播有贡献的群体后，为了将营销目标精确到对iPHONE产品感兴趣的群体，需要进行群体划分，并进一步确定群体兴趣。如图1所示，根据群体划分以及群体兴趣，将营销目标缩小到对iPHONE感兴趣的更小的用户群F。

（3）为了达到利用最低成本达到最优的传播效益，需要进一步确定目标用户群中的关键营销点。如图1所示，通过一定算法能够确定用户群F中用户c是关键点，则精确营销活动只需针对此目标用户c即可。

这样，基于社会网络的精确营销策略能够将原始营销活动的成本大大降低，同时又提高了营销效率，达到低成本、高收益的目的，实现营销的精确化、细致化。

2 基于社会网络的精确营销策略的实施

社会网络中巨大的用户群以及产生的海量数据为目标群体的准确定位提供了强大的支持，社会网络中用户之间基于信任的消息传播机制也为消息的广泛传播提供了保证。基于此，本文设计了一套基于社会网络的精确营销策略，详细描述如图2所示。

基于社会网络的精确营销策略实施步骤主要包括：首先收集用户信息，并对用户属性数据、关系数据以及行为数据等进行数据清洗及存储；其次，对用户主要行为进行分析，识别活跃用户，构建用户信任网络；基于社会网络中用户信任网络，采用GN算法（Girvan和Newman提出）对用户进行群体分析，并进一步分析群体内用户发布的内容，通过自然语言处理的方法，确定群体的兴趣；同时，通过寻找群体的最大生成树方式，确定群体中的关键传播路径，并最终找到群体中起关键传播作用的领袖节点，确定以此类节点作为群体精确营销的主要突破点进行营销活动，确保营销的传播最大化；最后，根据营销内容及营销关键节点，进行差异化、精确化的营销活动。

2.1 用户信任网络构建

2.1.1 社会网络用户行为分析

社会网络是一个基于用户关注关系的信息发布、获取及传播平台，由用户、用户关系、用户行为以及用户生成内容组成[3]。由于所有社会网络中用户的行为趋于一致，下面以新浪微博中用户行为为例进行说明。

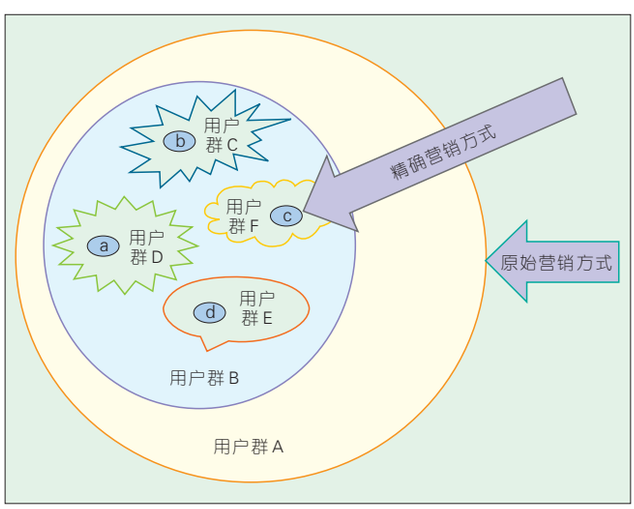
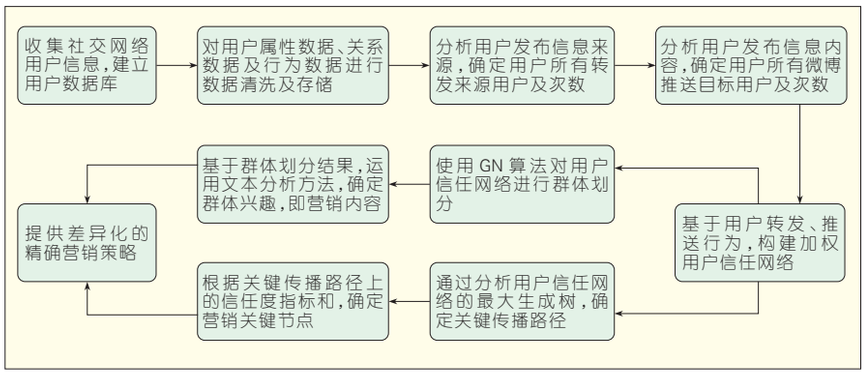


图1▶ 基于社会网络的精确营销策略思想



▲图2 基于社会网络的精确营销策略示意

新浪微博中用户最主要的行为包括关注、发布、评论、转发及推送(@)等，详述如下：

(1)关注：用户通过关注功能表示对另一用户的兴趣，关注某一用户也标志着对该用户生成内容订阅，当该用户发布微博时，微博内容将自动被推送到其粉丝用户的主页面。

(2)发布：指用户可以在自己的主页面上发布个人观点等相关内容，此类内容会自动被显示到其粉丝的主页面上。

(3)评论：指用户可以对其他用户发布的微博发表个人的意见，评论内容可以选择性的显示在自己的主页面上。

(4)转发：指用户可以对其他用户发布的微博进行转发，转发内容则会显示在自己的主页面上，其粉丝能接收到此转发微博。

(5)推送：也即“@”后面跟用户账号的方式，表示将发布内容推送到用户账号的主页面，发起互动。

总体来说，关注是建立用户之间关系网络的，而用户生成内容的传播主要则是依靠用户的转发和推送行为，用户生成内容传播的过程如图3所示。

2.1.2 用户信任网络构建

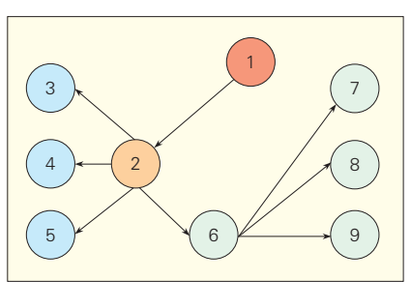
用户的关系网络大多基于关注关系得到，然而由于目前大量僵尸账号的存在，关注关系网络不能很好地反映用户之间的实际互动行为，而基于用户实际行为的网络能够更好地表示用户之间的亲密程度及信任关系[4]。鉴于此，本文将基于用户转发及推送行为构建用户信任网络，影响用户信任程度的行为如图4所示。

根据上述的分析可知，转发行为和推送行为是用户间信任度的关键影响因素，由于行为性质的不同，对于信任程度的影响也不尽相同，因此赋予两个行为不同的权值，用户之间的信任指标可由式1表示。

$$t_{i,j}=\frac{\alpha(N_{i,j}^{(r)}+N_{j,i}^{(r)})+\beta(N_{j,i}^{(m)}+N_{i,j}^{(m)})}{N_i+N_j} \quad (1)$$

其中：$N_{i,j}$表示用户i和用户j之间互动行为的总次数，包括转发行为(用上标r表示)及推送行为(用上标m表示)；N_i表示用户i发起的行为总和；α和β分别表示转发行为的权值和推送行为的权值。

考虑到推送行为中经常包含反对意见及无意义的内容，因此赋予转发行为更高的权值α=0.7，而推送行为权值为β=0.3。依据上述假设，形成的用户信任网络如图4所示，每一节点代表社会网络中的一个用户，而节点之间的连线代表用户之间存在信任关系，连线上的权重表示用户之间信任程度，如图5中用户5和用户7之间的信任度为16。

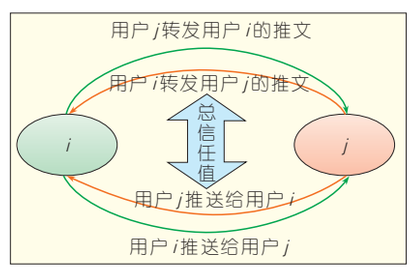


▲图3 微博转发关系示意图

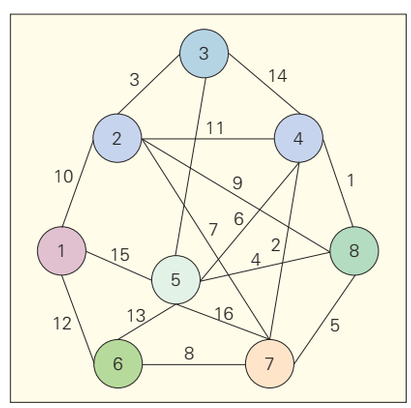
2.2 目标群体的精准定位

由于精确营销的核心是目标用户群体的精确定位，因此需要对社会网络的用户基于用户信任网络进行群体划分；在得到的群体基础上，通过自然语言处理技术研究群体内部用户发布微博的内容，确定群体兴趣，实现目标用户群体的精确定位。

根据往网络中添加边还是移除边，群体划分的算法可以分为分裂方法[5]和凝聚方法[6-7]。本文选取分裂方法中的GN算法对用户信任网络进行群体划分，GN算法是基于去边的社团发现算法，能够将网络分裂成任意数量的社团，由于此算法是被Girvan和Newman首次提出，因此将此基于去边的社团发现算法命名为GN算法。算法的具体步骤如下：首先计算



▲图4 用户i和用户j之间影响信任程度的行为类型



▲图5 用户信任网络示意图

网络中各边的边介数，即经过每条边的最短路径数目；其次，通过不断去除网络中边介数最大的边来进行群体划分；而经过每一次划分，计算此时形成的群体的模块度情况，直到模块度达到峰值时，得到最优的群体划分结果。模块度[8]的定义是：假设网络被划分为 k 个群体，则有 $k\times k$ 维的对称矩阵 $E=(e_{ij})$，其中元素 e_{ij} 表示网络中连接不同群体 i 和 j 节点的边在所有边中所占的比例，E 的对角线元素之和 $Tre=\sum e_{ii}$，每行元素之和 $a_i=\sum e_{ij}$，则模块度定义如式（2）所示。

$$Q=\sum_i(e_{ii}-a_i^2)=Tre-\|e^2\| \quad (2)$$

按照上述 GN 算法的步骤对用户信任网络进行群体划分，直到达到模块度峰值结束，最终能够形成如图 6 所示的群体划分结果。从图 6 中可见，不同颜色节点属于不同的群体，群体内部互动较为频繁，即群体内部成员之间关系较为紧密，一般情况下群体内部成员的兴趣也趋同。

基于群体划分的结果，对每一群体中用户发布微博内容进行分析，可以获得群体的兴趣。首先，根据已有的中文微博词库对微博进行自动分词[9]；其次，通过词频统计的方式确定群体发布内容的关键词集；最后，在一定布局算法[10]的基础上，形成每一群体的关键词云图，如图 7 所示。从图 7 中可以看出，该群体的兴趣主要是“新 iPHONE”、“crocs”等。根据群体关键词云，能够识别不同群体的不同兴趣情况，以便结合群体的兴趣以及精确营销内容选择合适的群体进行营销。

2.3 消息传播最大化

根据式（1）对用户信任度的描述，能够建立用户信任网络，每条边代表用户之间的信任程度，即信任度越大的边代表信息发生传播的可能性越大，也即消息的关键传播路径。根据分析，得到如下结论：群体内部消息传播起到重要作用的路径（关键传播路径）的求解问题与信任网络的最大生成树求解问题具有一致性，因此关键传播路径的求解问题即可转化为信任网络的最大生成树求解问题。假设最大生成树由 G 表示，其中 $G=\{N, E, w, T\}$，N 表示群体中的节点集合，E 表示群体中节点之间的边集，w 表示边的权重集合，T 表示群体的生成树包含的边集，则最大生成树 T 就是使 $w(T)$ 取值最大的生成树，其中 $w(T)$ 由式（3）表示。

$$w(T)=\sum_{e\in T}w(e) \quad (3)$$

由于网络中最大生成树问题没有相应的快速求解方法，我们将用户信任网络的最大生成树问题进一步转化为用户信任网络 G 对应的网络 $G'=\{N, E, w', T'\}$ 的最小生成树问题[11]，其中网络 G' 的权重为 w'，如式（4）所示。

$$w'(e)=\sum_{e\in E}w(e)-w(e) \quad (4)$$

本文采用 Kruskal 算法[12]寻找网络 G' 最小生成树，Kruskal 算法是寻找关联加权网络中最小生成树的贪婪算法，能够找到边的权重之和最小的边集，得到的网络 G' 的最小生成树也即对应为信任网络 G 的最大生成树（关键传播路径），图 8 是使用 Kruskal 算法获得关键传播路径的详细步骤。在图 8 中，最终找到的红色标记的边集即为关键传播路径。

基于获得的关键传播路径，节点的信任度可由与节点相连的关键传播路径的信任度之和计算得到，将节点按照信任度由高到低进行排序，从而能够确定出在消息传播路径上对消息传播具有重要扩散作用的节点集序列，具有最高信任度的节点在整个群体中的传播地位最高，对此类节

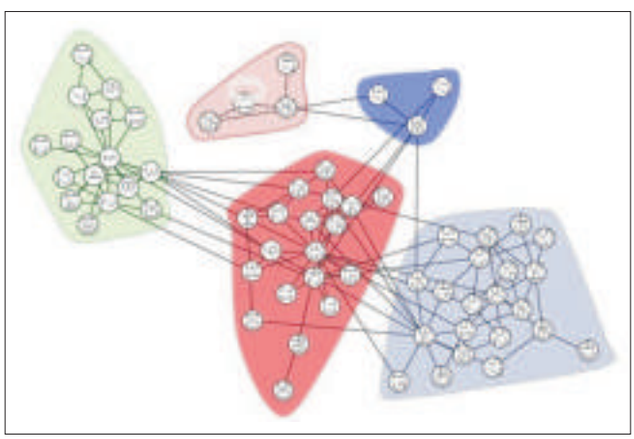
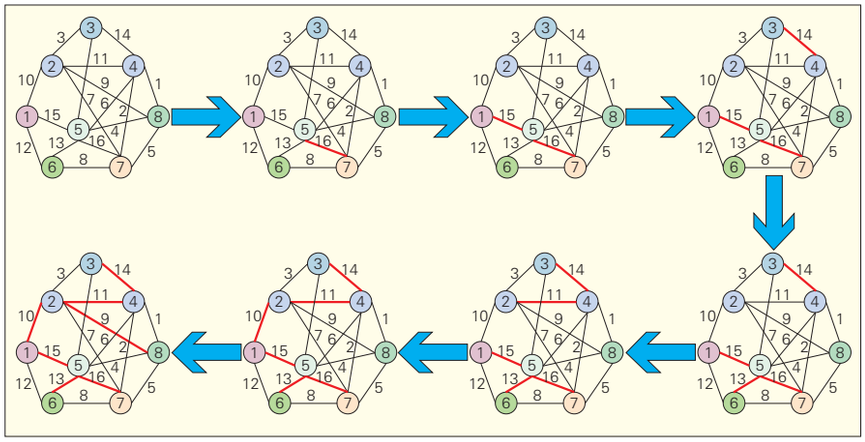


图 6▶ 群体划分结果

图 7▶ 群体关键词云图



▲图8 信任网络最大生成树生成示意

点进行营销，能够达到使用最小的资源获得最好的传播效果的作用，保证精确营销的进行。

3 基于社会网络的精确营销策略实施案例

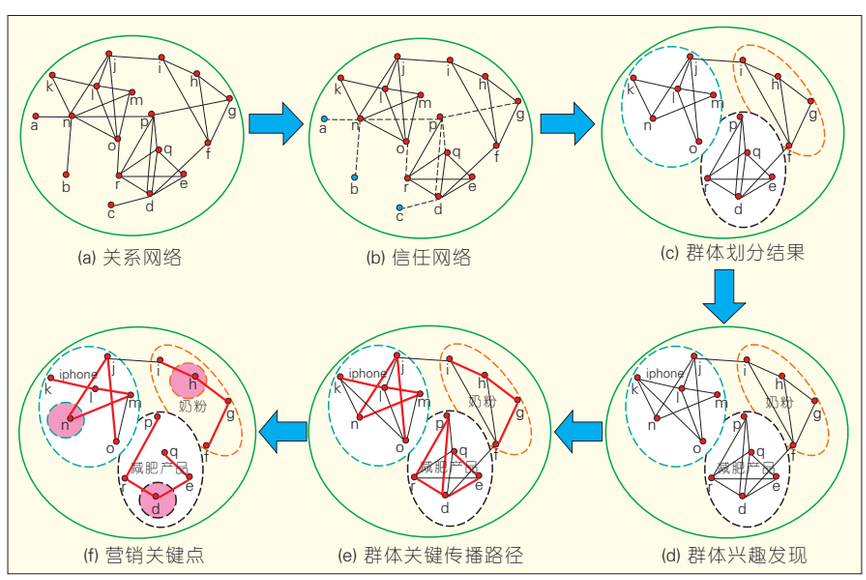
根据上述对于基于社会网络的精确营销策略的描述，此策略的实施主要分为构建信任网络、群体划分、群体兴趣发现、群体关键路径发现、群体营销点确定五个部分，下面以iPHONE的精确营销为例，进行简要说明，具体如图9所示。

为了实现对图9(a)中关系网络所示用户群进行iPHONE的精确营销，首先需要去除关系网络中对消息传播没有贡献的用户，由图9中(a)关系网络到图9(b)信任网络实现的是去除关系网络中僵尸用户等对消息传播没有贡献的用户，依据用户之间实际发生的行为，构建得到信任网络，例如图9(a)中用户a与用户n、用户n与用户b等、用户o到用户r、用户n到用户p、用户p到用户g以及用户c到用户d是没有发生实际行为的，因此在构建信任网络时，将这6条边都去除，在图9(b)标记为灰色；其次，基于构建的信任网络图9(b)，对其进行群体划分得到图9(c)中的群体划分结果，即被划分为3个群体；而通过对图9(c)不同群体中用户内容进行文本分析，确定群体的兴趣，如图9(d)中用户j、k、l、m、n以及用户o的兴趣为“iPHONE”，用户d、e、p、q以及用户r的兴趣为“减肥产品”，用户f、g、h以及用户i的兴趣则是“奶粉”，明确了群体兴趣，也即对不同群体的营销内容有了清晰的认识；通过寻找不同群体中的最大生成树，能够进一步确定群体中的关键传播路径，如图9(e)中群体中的红色标记的边即为不同群体的关键传播路径；进一步，通过对传播路径中每个用户根据相连边的信任度求和，得到群体中最有传播地位的用户，最终确定关键营销用户，如图9(f)中所示，“iPHONE”兴趣群体中，用户n为关键营销点，“奶粉”兴趣群体中，用户h为关键营销点。因此，原始营销手段下需要对图9(a)中所有用户都进行的营销活动能够精确到只需对图9(f)中“iPHONE”兴趣群体中的关键营销点n进行营销即可，大大降低了营销成本，提高了营销效率，实现基于社会网络的精确营销。

4 结束语

由于社会网络自身低成本、高效率以及个性化传播等方面的特点，决定了其作为精确营销手段的巨大潜力，本文在充分分析社会网络特点的基础上，提出了一种基于社会网络的精确营销策略，在市场营销及社会网络消息传播方面都有一定的应用价值。本文深入分析了社会网络用户行为，构建了用户信任网络；基于用户信任网络，通过GN算法进行群体划分，并在群体划分的基础上，利用文本分析技术实现群体兴趣发现，确定群体营销内容；基于用户信任网络最大生成树确定关键传播路径，并依据关键传播路径上节点信任度指标确定营销关键点，实现依据营销内容和营销关键点进行差异化、精确化营销活动的目的。

由于结合社会网络分析进行的

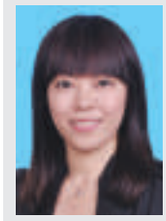


▲图9 基于社会网络的精确营销策略实施案例

精确营销技术和研究还远远不足，因此基于社会网络的消息传播及精确营销量化模型是以后研究的重点。

参考文献
[1] 吕巍. 电信业精确营销分析与行动 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2007:35–36.
[2] 乔秀全, 杨春, 李晓峰, 陈俊亮. 社交网络服务中一种基于用户上下文的信任度计算方法 [J]. 计算机学报, 2011,28(12):2403–2413.
[3] RAVI K, JASMINE N, ANDREW T. Structure and Evolution of Online Social Networks [C]// Proceedings of the 12th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining(KDD), August 2006, New York, NY, USA: ACM, 2006:935–940.
[4] ALBERT L, RICARD G. Applying trust metrics based on user interactions to recommendation in social networks [C]// Proceedings of the 2012 IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining (ASONAM), 2012, Washington, DC, USA. 2012:1159–1164. doi:10.1109/ASONAM.2012.200.
[5] GIRVAN M, NEWMAN M E J. Community Structure in Social and Biological Networks [J]. PNAS, 2001,99(12):7821–7826. doi: 10.1073/pnas.122653799.
[6] NEWMAN M E J. Fast Algorithm for Detecting Community Structure in Networks [J]. Phys. Rev. E, 2004, 69(6): 066133–066138. doi:10.1103/PhysRevE.69.066133.
[7] CLAUSET A, NEWMAN M E J, MOORE C. Finding Community Structure in Very Large Networks [J]. Phys. Rev. E, 2004, 70(6): 066111–066117. doi:10.1103/PhysRevE.70.066111.
[8] NEWMAN M E J, GIRVAN M. Finding and Evaluating Community Structure in Networks [J]. Phys. Rev. E, 2004, 69(2): 026113–026128. doi:10.1103/PhysRevE.69.026113.
[9] ICTCLAS 汉语分词系统：ICTCLAS 简介 [EB/OL]. [2009–05–18]. http://ictclas.org/sub_1_1.html.
[10] VIEGAS F B, WATTENBERG M, FEINBERG J. Participatory visualization with Wordle [J]. IEEE transactions on visualization and computer graphics, 2009, 15(6): 1137–1144. doi:10.1109/TVCG.2009.171.
[11] GRAHAM R L, HELL P. On the history of the minimum spanning tree problem [J]. Annals of the History of Computing, 1985,7 (1): 43–57. doi:10.1109/MAHC.1985.10011.
[12] JOSEPH B K. On the shortest spanning subtree of a graph and the traveling salesman Problem [J]. American

作者简介



鲍媛媛，清华大学信息技术研究院博士后；主要研究领域为社会网络、行为动力学等。

易成岐，哈尔滨理工大学计算机科学与技术学院在读博士研究生；主要研究领域为社会网络、信息传播、云计算等。

薛一波，中国科学院计算技术研究院博士毕业；清华大学信息技术研究院研究员、CCF 高级会员、IEEE/ACM 会员；主要研究领域为计算机网络、信息安全、并行处理、分布式系统；已发表论文 130 余篇。

⬅上接第 13 页

成了两个不同的群体，而看似没有联系的群体聚合在了一起。

3 结束语

本文提出了一种基于节点属性的图聚类算法，原有的网络拓扑图是基于微博用户的网络亲密度进行挖掘的，本文提出的算法对原有的网络拓扑图进行了修正，加入了节点属性的概念，并根据不同的挖掘目的，为属性分配不同的权值，用来表示不同属性的重要程度。数据表明这种修正算法更符合实际的社群聚类方式。

参考文献
[1] AKCORA C G, CARMINATI B, FERRARI E. Network and profile based measures for user similarities on social networks [C]// Proceedings of the Information Reuse and Integration, 2011 IEEE International Conference on, 3–5 Aug. 2011. Las Vegas, 2011: 292–298.
[2] SHEN L, ZHOU Y M. A New User Similarity Measure for Collaborative Filtering Algorithm. [C]//Proceedings of the Computer Modeling and Simulation, 2010. Second International Conference on, 22–24 Jan. 2010, Sanya, Hainan, 2010: 375–379. doi: 10.1109/ICCMS.2010.67.
[3] MOHAJIREEN M, ELLEPOLA C, PERERA M, et al. Relational similarity model for suggesting friends in online social networks [C]//Proceedings of the Industrial and Information Systems (ICIIS), 2011 6th IEEE International Conference on. 16–19 Aug. 2011, Kandy, 2011:334–339. doi: 10.1109/ICIINFS.2011.6038090.
[4] 温菊屏, 钟勇. 图聚类的算法及其在社会关系网络中的应用 [J].计算机应用与软件, 2012,25 (2):161–163.
[5] KOHOUT J, NERUDA R. Two–Phase Genetic Algorithm for Social Network Graphs Clustering [C]//Proceedings of the Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA), 2013 27th International Conference on, 25–28 March 2013, Barcelona, 2013:197–202.
[6] KENLEY E C, CHO Y R. Entropy–Based Graph Clustering: Application to Biological and Social Networks [C]//Proceedings of the Data Mining (ICDM), 2011 IEEE 11th International Conference on, 11–14 Dec. 2011, Vancouver, BC, 2011:1116–1121. doi: 10.1109/ICDM.2011.64.
[7] CRUZ J D, BOTHOREL C, POULET F. Layout Algorithm for Clustered Graphs to Analyze Community Interactions in Social Networks [C]//Proceedings of the Advances in Social Networks Analysis and Mining (ASONAM), 2012 IEEE/ACM International Conference on, 2012, Washington, DC, USA. 2012:704–705. doi: 10.1109/ASONAM.2012.120.
[8] SALEM S, BANITAAN S, ALJARAH I, et al. Discovering Communities in Social Networks Using Topology and Attributes [C]// Proceedings of the Machine Learning and Applications and Workshops, 2011 10th International Conference on, 18–21 Dec. 2011, Honolulu, HI, 2011:40–43. doi: 10.1109/ICMLA.2011.57.

作者简介

黄涵霞，南京邮电大学物联网学院物流工程专业在读硕士研究生；主要研究方向为信息网络技术及其在物流中的应用。

胡燕萍，南京邮电大学物联网学院物流工程专业在读硕士研究生；主要研究方向为信息网络技术及其在物流中的应用。

孙知信，南京邮电大学教授、博士生导师；主要研究领域为计算机网络与安全；已主持和参加基金项目 10 余项；已发表论文 50 余篇，其中被 SCI/EI 检索 40 余篇。

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6868.2014.01.006
网络出版地址：http://www.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20140108.1339.001.html

以用户为中心的社会多媒体计算

User-Centric Social Multimedia Computing

中图分类号：TP391 文献标志码：A 文章编号：1009-6868 (2014) 01-0026-005

桑基韬/SANG Jitao[1]
查正军/ZHA Zhengjun[2]
徐常胜/XU Changsheng[1]
（1. 中国科学院自动化研究所模式识别国家重点实验室，北京，100190；
2. 中国科学院合肥智能机械研究所，安徽 合肥，230031）
(1. Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;
2. Institute of Intelligent Machines, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China)

摘要： 从用户的角度解读社会多媒体计算框架，提出一种以用户为中心的社会多媒体计算框架。在这个框架下，重新探讨了以用户为中心的社会多媒体计算3方面的任务：用户感知的多媒体内容理解、基于网络行为的用户建模、社会媒体网络用户关系分析。

关键词： 社会多媒体计算；以用户为中心；多媒体内容分析；用户建模；用户关系分析

Abstract: A user-centric social multimedia computing framework is proposed in this paper. We look at three example works in order to propose three fundamental tasks in user-centric social multimedia computing: understanding user-aware social multimedia content, modeling online activity of users, and analyzing social relationships.

Keywords: social multimedia computing; user-centric analysis; multimedia content analysis; user modeling; social relationship analysis

近10年的网络发展见证了社会媒体（Social Media）信息的爆炸式增长。据统计，每分钟有超过100 h的视频被上传到视频分享网站YouTube，每个月观看的视频数量超过了60亿小时。根据维基百科的定义，广义的社会媒体涵盖了时下几乎所有流行的Web2.0网站和服务，其包括社交网站、图片分享、视频分享、签到网站、微博、博客、实时通讯、社交游戏、虚拟世界、RSS订阅等。

社会媒体具有典型的多媒体特性，大多社会媒体服务都与多媒体数据进行深度交互，如图像分享（Flickr、Picasa提供）、视频共享（YouTube、Vimeo、优酷提供）、音频音乐共享（last.fm、ccMixter、FreeSound提供）。此外，一些新兴的社会媒体应用还包括虚拟世界（Second Life提供）、网络游戏（World of Warcraft、WarHammer Online提供）等新模态数据。多媒体数据已经成为社会媒体最主要的分享和交互媒介。GlobalWebIndex公布的2013年第一季度最活跃的15家社会媒体网站中，有4家专注于多媒体内容分享，其他则为以多媒体内容为重要交互媒介的社交网络服务（SNS）和微博类网站。社会媒体呈现出明显的多媒体化趋势。如短文本服务Twitter增加了对图片和视频分享的支持，并在近日全力推出了短视频分享服务Vine；其在Andorid平台上线仅仅一周便排名免费应用（APP）榜第4位，上线一个月后外链分享数量就超过Instagram。而腾讯推出的语音聊天工具微信，两年内用户突破3亿，已经超越中国第一聊天工具QQ，并有取代短信的趋势。

Mor Naaman[1]第一次将社会多媒体定义为“支持个体参与、社区形成和社会交互的在线多媒体资源”。从这一定义看出，社会多媒体可简单理解为社会媒体和多媒体的综合体。社会多媒体由3个基本元素构成：多媒体内容、网络用户和社会交互。社会多媒体计算是社会学与多媒体技术深度融合后产生的跨学科研究[2]，其目的是通过分析和利用社会交互，将多媒体内容与网络用户连接，以应用于信息服务、网络通信、多媒体娱乐、医疗健康、安全监控等。对应于社会多媒体的3要素，社会多媒体计算包含3个主要任务：社会多媒体内容理解、网络用户建模和社会媒体网络分析。

在社会多媒体的3要素中，网络用户尤为重要。与一般的网络多媒体不同，社会多媒体包含了重要的用户参与，更注重用户间的交互，用户从信息的被动接受者转变为信息的主动贡献者。网络用户是社会媒体中基本的数据采集单元，一定程度上，是用户的积极参与和社会交互-用户贡献内容（UGC）促成了社会媒体的发展和社会多媒体内容的繁

收稿日期：2013-11-08
网络出版时间：2014-01-08
基金项目：国家重点基础研究发展（“973”）计划（2012CB316304）；国家自然科学基金（61225009、61303176）

荣。将网络用户理解为数据感知器，社会多媒体实际是由用户所见、所听、所说、所想组成的。据EMC公司统计，平均每个人贡献的社会媒体数据已经接近45 GB，而这其中主要是多媒体数据。将个体贡献的社会多媒体数据进行整合，可以挖掘出极具价值的群体智能。如经典的ESP游戏将用户协作完成任务时的知识应用于图像标注和图像分割；最近被Google收购的导航应用通过收集并分析用户提交的出行时间和路线状况生成实时路况信息。UGC不仅是社会多媒体的主要组成部分，还成为了人们获取信息的主要渠道。杂志类社交应用Flipboard将网络用户在各社交网站上贡献的信息根据个体喜好加以定制，并以电子杂志形式输出。其获得了2013年全球移动通信大会最佳整体移动应用程序奖。据AccuStream统计，互联网视频浏览总量中有77.9%聚焦于用户上传视频，专业视频所拥有的浏览量只占22.1%；这一比例在最大的视频分享和浏览网站YouTube上更是达到了悬殊的94%比6%。在教育领域，大规模在线开放课堂（MOOC）在2011—2013年经历了10倍的增长，作为远程教育的新形式，为大学开放教育资源提供了新的解决思路。人们在信息获取时对UGC的偏好甚至还体现在医疗领域，一项来自ORCInternatinal的统计显示，有67%的受调查者曾在网上搜索UGC评论，借此了解和比较所使用的药品。

在社会多媒体背景下，网络用户既是信息的贡献者，又是信息的服务对象。社会多媒体有显著的消费化趋势。iUserTracker显示，2013年1月份中国网络用户使用量前4位的网络服务分别是搜索、视频浏览、社交网络和新闻。可以看出，信息服务已经成为中国最主要的网络服务应用，内容涵盖日常生活、工作和娱乐。然而，社会媒体的发展为基于社会多媒体的信息服务带来的不仅是机遇，同时还有挑战。在信息爆炸面前，网络用户很容易迷失在丰富繁多的社会媒体内容里。传统的一对多式的信息服务已经无法满足用户的需求，越来越多的信息服务应用开始探索个性化的一对一式服务。例如，Google搜索利用用户在Google+中的+1行为对搜索结果进行个性化重排序，豆瓣电台分析用户的收听历史和喜好定制专属电台等。个性化信息服务的关键是准确、及时的用户建模，即通过分析用户行为，理解用户意图和喜好，从而将最相关的内容推送给最需要的用户。

综上所述可知，在社会多媒体背景下，用户既是基本的数据采集单元，又是最终的信息服务对象。本文从用户的角度重新解读社会多媒体计算，结合我们最近的研究工作，提出以用户为中心的社会多媒体计算框架。一般社会多媒体计算的3个任务，在以用户为中心的社会多媒体计算框架下本文重新解读为：用户感知的社会多媒体内容理解、基于网络行为的用户建模、社会媒体网络用户关系分析。

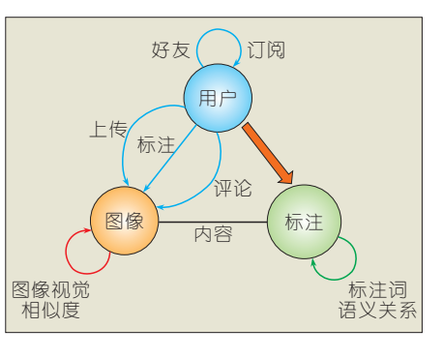
1 用户感知的社会多媒体内容理解

网络用户积极参与到社会多媒体内容的创建、共享、浏览、标注、评论等交互活动中。用户与多媒体内容的交互体现了用户对内容的理解，比如用户对图像的标注反映了图像的语义[3]，用户浏览视频过程中的暂停等行为提供了视频的结构信息[4]等。分析这些用户-内容交互为解决多媒体内容理解中的语义鸿沟问题提供了新的思路，下面我们以基于用户标注的图像标注增强为例介绍用户感知的社会多媒体内容理解。

多媒体搜索大致经历了基于多媒体内容、基于周围文本信息、和基于标注信息3个阶段。相比基于内容对视觉特征的依赖、基于周围文本对噪声的敏感，基于标注的多媒体搜索被认为是最接近语义搜索的。然而，大规模的原始用户标注存在着不准确、不完整和主观模糊等问题，限制了基于标注的多媒体检索的实际效果[5]。

现有的针对社会标注的分析工作大致可分为自动标注、标注增强、标注到区域等，旨在对原始标注进行处理，去除噪音、补充缺失标注、得到区域层语义等，使其更好地为多媒体内容理解和多媒体检索等任务服务。这些工作解决思路的核心都是利用和分析多媒体文档与标注之间的二元关系。实际上，多媒体分享网站中有3类基本元素：多媒体文档、标注和用户。图1以图像分享网站Flickr为例，展示了图片分享网站的典型生态结构，其中用户作为标注行为的发起者，与图像和标注产生多种交互行为，挖掘用户信息将有助于理解原始标注数据，从而提高社会标注分析的效果。

我们提出将用户信息引入社会标注分析[6]，利用三阶张量对用户、图像和标注3种因子同时建模，并提出基于排序的多关联因子分析模型（RMTF）用于提取改善的因子表示。其中，为了充分利用标注数据，有效减少用户原始标注不完整和噪声的影响，我们提出一种基于排序的张量重构优化框架，同时利用标注的上下文关系和语义关系来构造训练正样本集和负样本集。另外，为了解决原始标注张量严重稀疏的问题，用户、图片、标注之间的二元相似性被作为



▲图1 图片分享网站Flickr中的图像-标注-用户生态结构

平滑约束项加入到优化方程中。张量重构得到图像、标注和用户3个因子矩阵，分别定义了对应实体的隐含子空间。通过对因子矩阵进行空间转换，可以分别得到改善的二元和三元关系，应用于不同的问题。实际上，所提出的RMTF模型将3种实体有机结合在一个框架下，考虑不同实体之间的异质或同质关系，可以应用到如个性化图片检索（用户-图片）、用户建模（用户-标注）、好友推荐（用户-用户）等问题中。另外，社会媒体网站中存在各种各样的元数据，如描述、评论、评分等，沿着这一工作，另一个有意义的拓展方向是将各种元数据统一到一个新的框架中，可以更深刻地理解社会媒体不同实体的交互，更好地服务于协同搜索和推荐问题。

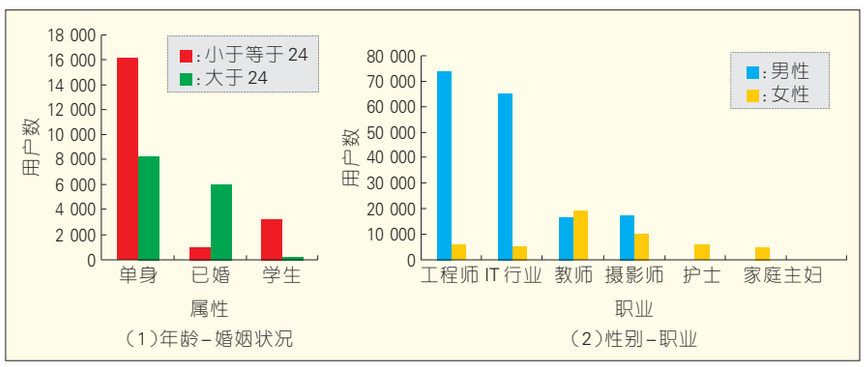
2 基于网络行为的用户建模

社会媒体上能直接得到的用户信息非常有限，其准确性和丰富程度不足以用来分析用户兴趣并进行信息服务。一方面，大多数用户没有耐心在注册时将个人信息主动提供给在线服务，这导致了用户注册信息的稀疏性和噪声；另一方面，目前的社会媒体对于用户隐私的保护机制不够健全，用户不愿将个人信息在网络上公开。基于Google+上最活跃的20万用户统计发现，只有22.5%的用户提供了个人婚姻状况，而提供年龄信息的用户比例则只有12.4%。然而，优质的个性化信息服务需要准确完整的用户信息。用户丰富的在线活动，如搜索记录、博客、推文、签到记录、评论等，反映了用户的基本属性信息和兴趣偏向。因而，解决用户信息稀疏和噪声问题的主要思路是基于用户的网络行为进行用户建模[7]，下面我们介绍如何通过分析Google+用户的网络行为来推断用户的基本属性信息。

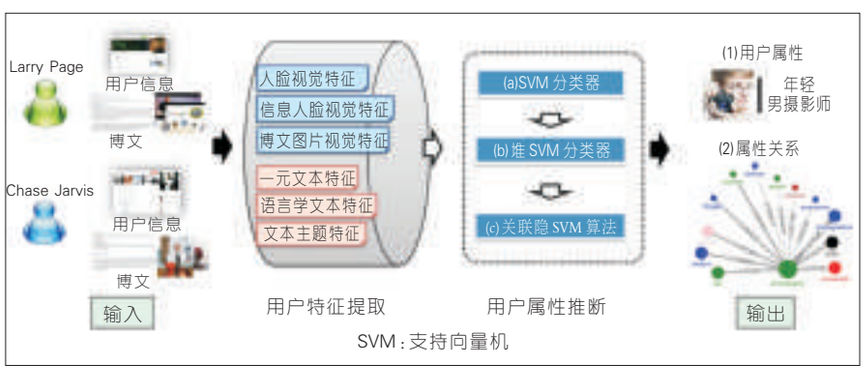
用户的基本属性包括性别、年龄、婚姻状况、职业、兴趣等，它们之间不是独立的。图2显示了基于1亿Google+用户统计的用户基本属性之间的关系。从图2（1）可以看出，年龄小于24岁的用户中多数为单身，且有更大比例为学生；从图2（2）可以看出，男性用户的职业多集中在工程师以及IT行业等，而女性用户则有较大比例从事老师、护士等职业。由此可见，用户的属性之间存在正相关或负相关的关系。因而，本工作将利用用户属性之间的关联性质来进行用户属性的协同推断。

我们考虑了性别、年龄、婚姻状况、职业、兴趣、情感倾向等7种基本用户属性，并根据Google+用户的实际属性分布为每种属性定义了若干类别，如性别包括男性和女性两个类别，年龄包括青年（小于30岁）和中老年（大于30岁）两个区间等。我们提出的基于关联属性推断的用户建模框架如图3所示。首先基于用户在线行为内容提取多模态的用户特征，包括3种视觉特征：用户上传图片中检测到的人脸、Profile图像、创建Post中的图像，以及3种文本特征：一元文本特征、语法文本特征、主题语义特征。模型部分包括3步：支持向量机（SVM）分类器学习为每一种特征训练独立的SVM分类器，然后通过堆SVM[8]将单个SVM分类器的输出进行融合。为了利用用户属性之间的关系，我们提出关联隐SVM模型（RLSVM）[9]进行最终的属性推断和关联属性挖掘。基本思路是：当推断一种用户属性（主属性）时，将其他用户属性（辅助属性）作为模型的隐变量，不同的势能函数反映了用户特征向量、主属性和辅助属性两两共生的概率。模型优化的目标是使各种势能函数在观测到的用户数据集上最小（即概率最大）。模型求解采用最大化间隔框架，转化为二次规划问题，模型参数采用割平面方法获得，进而通过标签的信念传播得到各隐变量的数值。

我们提出的关联隐SVM模型在



▲图2 Google+用户属性关系示意



▲图3 基于关联属性推断的用户建模框架

得到用户属性推断结果的同时，获得了用户各类属性之间的关联强度。通过结合用户属性和属性关联强度，我们设计了基于结构化属性的用户搜索应用，例如可以查找属性同时为“年龄：年轻”、“职业：IT”、“情感倾向：积极”的用户。

3 社会媒体网络用户关系分析

社会媒体中的用户彼此连接构成社会网络，社会关系加速了多媒体信息在社会媒体网络的交换和传播。截至2012年10月，Facebook上单个用户的平均好友数已经达到190位，而根据Dunbar’number统计，平均每个人在真实世界中的好友上限为150。这显示了用户社会关系在社会媒体网站中的重要作用，用户关系分析对于社会多媒体分析和应用至关重要。

社会网络中的用户关系包括双向的链接如LinkedIn中的“Connect”、Facebook中的“Add Friend”，以及单向的链接如Twitter中的“Follow”、Flickr中的“Contact”和Youtube中的“Subscribe”。这些社会链接影响着用户的行为和社会网络的动态发展。比如，LinkedIn上的同事会影响一个人在工作上的选择，Facebook上的好友则会影响一个人在生活中的喜好。分析和理解这些社会链接可以促生很多重要的应用，如病毒式营销、协同信息检索和推荐[10]。下面我们将以图片分享网站Flickr中的单向社会链接，即影响力关系为例，介绍用户关系分析在社会媒体应用中的作用[11]。

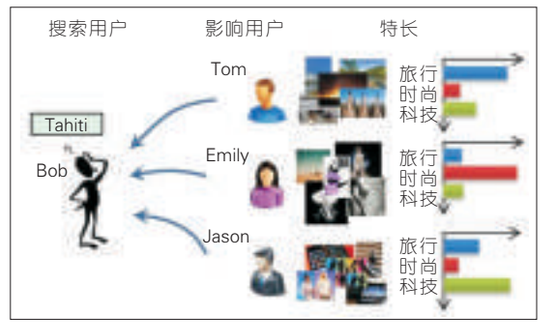
社会影响力分析已经吸引了很多研究者的兴趣，如研究影响力是否存在、最大化影响力传播、以及影响用户演化等。基于社会影响力进行信息检索的基本思路是，通过分析对搜索者有影响的其他用户的偏好，可以预测搜索者的偏好。影响用户和搜索者之间的影响关系有两个本质特点：

（1）影响力是连续的

这一点很好理解，因为离散二值化的影响关系（即影响与否）不足以描述社会关系的强度。近年，已有工作对连续的影响关系进行建模[12]。

（2）影响关系是主题敏感的

给定一个单向的影响关系网络，真正的影响用户随任务变化而变化。我们用图4中的示例来解释这一点，Bob在Flickr上的联系人（Contact）网络包括3个影响用户：Tom、Emily和Jason。每个影响用户的右边显示了他们在Travel、Fashion和Technology 3个主题上的特长。假设Bob在为他的蜜月旅行搜索“Tahiti”的照片，很显然Tom的偏好会对他影响最大；而当Bob搜索“D&G Fashion Show”的图片时，他应该更多地借鉴Emily的意见。这说明在某些主题上，有些影响用户更为值得信任，即影响力是主题敏感的。目前很少有相关工作对主题敏感的影响力关系进行建模，尤其在社会多媒体领域。



▲图4 主题敏感的单向影响力关系示意

在Flickr中，用户可以添加其他用户为联系人，即潜在的影响用户。除了用户之间显性的单向影响关系链接，还可以利用的资源，包括用户上传的图片和添加的标注信息。图片分享网站上的多模态信息为主题敏感的影响用户挖掘问题同时带来了机会和挑战。我们将多模态的主题敏感影响关系挖掘问题定义如下：输入用户的联系人网络、标注集合和上传图片集合。通过本文提出的一种多模态概率生成式模型，将图片内容和标注的生成过程反推来进行推断。以用户为节点，用户-影响用户的社会链接为边，模型的输出包括主题空间、节点的主题分布、以及主题敏感的边强度。边的强度对应了主题敏感的影响力数值，而节点的主题分布表示了对应用户的特长。通过挖掘联系人网络中的主题敏感影响用户，可以将其应用到个性化检索问题中。借鉴基于风险最小化的信息检索方法，我们提出了一种个性化检索的通用框架。新提出的框架可以在建模时结合影响用户的偏好和标注的置信度信息。主题敏感的影响关系和用户特长可以直接融合进对查询词和图像文档语言模型（LM）的拓展中。

4 结束语

用户既是基本的社会媒体数据采集单元，又是社会媒体信息服务的最终对象。对应社会多媒体计算的3个基本任务，我们提出了以用户为中心的社会多媒体计算框架，并结合具体研究工作介绍了用户感知的社会多媒体内容理解、基于网络行为的用户建模和社会媒体网络用户关系分析3方面的任务。

未来社会多媒体计算的一个重要研究方向是结合网络空间信息的综合性和便捷性和物理空间的本地性设计应用。用户在这一过程中担任着连接二元空间的重要作用。如图5所示，用户相关交互构成社会网络，即社会空间；社会空间连接网络和物理空间。网络-社会-物理空间数据通过事件进行组织，用户是网络-社会-物理计算的基本研究线索，事件则是网络-社会-物理计算的主要研究对象。以用户为中心的网络-社会-物理计算有着广泛的应用潜力，以基于用户的二元空间事件

▲图5 以用户为中心的网络-社会-物理计算框架示意

跟踪为例，物理和网络空间数据通过用户连接，定义事件空间中的一个点；用户彼此交互构成社会网络，将不同时空的社会网络定义的事件团进行关联，构成在二元空间进行的事件全貌。

参考文献

[1] NAAMAN M. Social multimedia: highlighting opportunities for search and mining of multimedia data in social media applications [J]. Multimedia Tools and Applications, 2012, 56(1): 9–34. doi: 10.1007/s11042–010–0538–7.

[2] TIAN Y H, SRIVASTAVA J, HUANG T J, et al. Contractor: Social Multimedia Computing [J]. IEEE Computer, 2010,43(8): 27–36. doi: 10.1109/MC.2010.188.

[3] ZHA Z J, YANG L J, MEI T, et al. Visual Query Suggestion [C] //Proceedings of the 17th ACM international conference on Multimedia, 2009, New York, NY, USA:ACM, 2009:25–24. doi: 10.1145/1631272.1631278.

[4] YAMAMOTO D, MASUDA T, OHIRA S, et al. Video Scene Annotation Based on Web Social Activities [J]. IEEE MultiMedia, 2008,15 (3): 22–32. doi: 10.1109/MMUL.2008.67.

[5] LIU D, HUA X S, YANG L J, et al. Tag ranking [C] //Proceedings of the 18th international conference on World wide web, 2009, New York, NY, USA:ACM, 2009:351–360. doi: 10.1145/1526709.1526757.

[6] SANG J T, XU C S, LIU J. User–Aware Image Tag Refinement via Ternary Semantic Analysis [J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2012,14(3): 883–895. doi: 10.1109/TMM.2012.2188782.

[7] BI B, SHOKOUHI M, KOSINSKI M, et al. Inferring the demographics of search users: social data meets search queries [C] // Proceedings of the 22nd international conference on World Wide Web, 2013, Republic and Canton of Geneva, Switzerland, 2013: 131–140.

[8] WOLPERT D H. Stacked generalization [J]. Neural Networks, 1992,5(2):241–259.

[9] WANG Y, MORI G. A discriminative latent model of object classes and attributes [C] // Proceedings of the ECCV, September 5–11, 2010, Heraklion, Crete, Greece, 2010:155–168. doi: 10.1007/978–3–642–15555–0_12.

[10] KONSTAS I, STATHOPOULOS V, JOSE J M. On social networks and collaborative recommendation [C] //Proceedings of the 32nd international ACM SIGIR conference on Research and development in information, 2009, New York, NY, USA: ACM, 2009:195–202. doi: 10.1145/1571941.1571977.

[11] SANG J T, XU C S. Right buddy makes the difference: an early exploration of social relation analysis in multimedia applications [C] //Proceedings of the 20th ACM international conference on Multimedia, 2012, New York, NY, USA:ACM, 2012: 19–28. doi: 10.1145/2393347.2393358.

[12] XIANG R J, NEVILLE J, ROGATI M. Modeling relationship strength in online social networks [C] //Proceedings of the 19th international conference on World wide web, 2010, New York, NY, USA:ACM, 2010:981–990. doi: 10.1145/1772690.1772790.

作者简介

桑基韬，中国科学院自动化研究所助理研究员、博士；主要研究领域为社会多媒体计算、网络数据挖掘等；已发表论文30余篇。

查正军，中国科学院合肥智能机械研究所研究员、博士；主要研究方向为多媒体分析、计算机视觉、模式识别等；已发表论文90余篇。

徐常胜，中国科学院自动化研究所研究员、博士；主要研究领域为多媒体分析、计算机视觉、模式识别、图像处理等；已主持基金项目3项；已发表论文200余篇。

综合信息

4G助推2014中国物联网产业 规模达7.52亿美元

根据物联网“十二五”规划，智能工业、农业、物流、交通、电网、环保、安防、医疗和智能家居九大应用将重点发展。4G将对物联网产业强力推进。IDC研究显示，2014中国物联网产业规模将7.52亿美元，2017年将达20.49亿美元。

自中国《物联网“十二五”规划》正式发布以来，根据规划，智能工业、智能农业、智能物流、智能交通、智能电网、智能环保、智能安防、智能医疗和智能家居九大应用将得到重点发展，并建立重点应用示范工程，以带动规模化发展。而以4G网络为“智慧管道”的中国物联网产业将得到规模化发展。

移动通信网络是整个物联网产业的中枢神经，为物联网产业大数据吞吐能力提供了传输保证，随着物联网感应芯片技术的成熟，4G网络的商业化运营无疑对中国整个物联网产业起到了强有力的推进作用。IDC研究显示，2014年中国物联网产业规模将达7.52亿美元，2017年将达20.49亿美元。

据了解，物联网诸多分支的应用，例如车联网、智能家居、智能交通、智慧城市等方面都需要通过巨量的传感设备才能即时接收各类感知数据。在这些数据收集的过程中，不能通过有线网络相联，毕竟传感器设备都体积不大，无线网络就起到决定性作用。而与3G网络相比，4G最大的优势是速率更快，具有高带宽、高速率、低时延等特点，最高速率可达80 M，因此可支撑丰富的无线网络应用，能够满足几乎所有用户对于无线网络的要求。随着网络需求发展，更高级的网络体系出现也将只是时间问题。 （转载自《C114中国通信网》）

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6868.2014.01.007
网络出版地址：http://www.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20140106.1623.001.html

车联社交网络：机遇、挑战和应用

Vehicular Social Networks: Opportunities, Challenges and Applications

中图分类号：TP391 文献标志码：A 文章编号：1009-6868 (2014) 01-0031-004

何宗键/HE Zongjian
曹建农/CAO Jiannong
郑俊浩/ZHENG Junhao
（香港理工大学 互联网与移动计算实验室，香港，999077）
(Internet and Mobile Computing Lab, Department of Computing, the Hong Kong Polytechnic University, Hongkong 999077, China)

摘要： 对车联社交网络根据研究侧重点做了分类，并对车联社交网络中的一些机遇和挑战进行了探讨；提出了一种利用社交网络分享的实时交通信息为车联网进行最短路径规划导航的解决方案。实验数据表明该方案在导航效率上超越了现有的静态路径规划方案。

关键词： 车联网；社交网络；群智计算；无意识协作

Abstract: In this paper, we survey and classify existing works on vehicular social networks. Then, some challenging issues are discussed. Finally, we propose an application that uses socially shared real-time traffic information to find the quickest route to a destination. Our evaluations show that the proposed solution outperforms existing static route-planning solutions.

Keywords: vehicular networks; social networks; collective computing; opportunistic sensing

随着通信技术、移动计算技术以及嵌入式技术的发展，传统线上社交网络在不断地向移动化、普适化方面发展。使得用户可以更自由、更方便随时随地通过社交网络分享信息与交流合作。收集并对社交网络中的信息进行提取、分析、挖掘并加以利用已经成为了社交网络研究领域的重要研究课题。目前，经过十多年的发展，智能手机已经相对成熟，能够提供联网能力、移动能力、感知能力和计算能力，从而成为移动社交网络的主要平台载体。如果我们要问，下一个移动社交网络的载体会是什么？下一轮移动社交网络的增长点在哪里？不难预见，智能汽车将有极大的潜力成为未来移动社交网络的另外一个重要载体。

智能汽车是具有网络连接能力、感知能力和计算能力的新型车辆。未来有潜力改变人们的出行和生活方式。之所以预见智能汽车可以成为移动社交网络的新载体，主要原因是它可以满足移动社交网络所要求的多种相关能力。鉴于移动能力是车辆的天性，在此不再赘述。下文着重阐述智能汽车的联网能力、感知能力和计算能力：

（1）联网能力

行驶在路上的车辆将不再是孤立的个体。通过无线网络技术实现车车、车路、车云互联已经成为未来智能汽车发展的必然趋势[1]。当前，部分汽车已经通过3G/LTE技术实现了车云互联。同时，IEEE已经于2010年颁布了车用短距离通信协议IEEE 802.11p，为将来的车车、车路互联提供了底层技术支撑。在企业界，传统汽车厂商（宝马、福特等）和新兴的信息技术公司（谷歌、苹果、特斯拉等）同时都积极展开车联网相关的研发工作。

（2）感知能力

目前的车辆上已经拥有了超过100多种传感器，可以感知车辆速度、油量、引擎转速、外围温度、汽车排放等一系列数据。这些传感器数据可以通过标准车载诊断接口（OBD）[2-3]获取。

（3）计算能力

目前的许多汽车上都已经配备了32位的CPU，与此同时，遍布车身还有超过50个MCU，与处理器通过车身控制器局域网（CAN）总线[4]相连，共同构成了强大的计算系统。更为重要的是，通过智能汽车进行复杂计算能耗将不再是关键问题，因为车身蓄电池可以为计算系统提供持久的电力供应。这与智能手机平台相比是一个巨大的优势。

鉴于以上理由，如果智能汽车与社交网络二者可以有机融合，将会进一步推动推动车联网、移动计算以及群智计算等相关研究领域在广度和深度上的进一步发展。本文将其结

收稿日期：2013-10-30
网络出版时间：2014-01-06
基金项目：HKRGC GRF polyu5106/11E；N-PolyU519/12

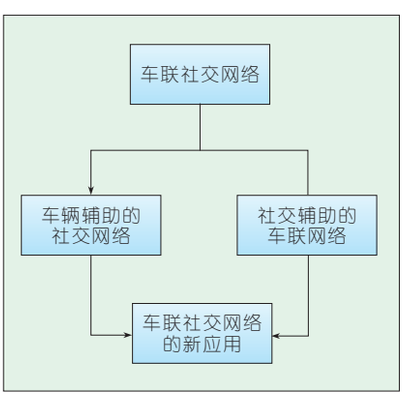
合成的系统命名为车联社交网络。

然而，智能汽车与社交网络的结合并不是一蹴而就的。其结合充满着挑战，并且需要解决若干关键科学问题。

1 车联社交网络研究的相关工作

现阶段，车联社交网络的研究主要集中在两个方面：一方面从社交网络出发，尝试引入车联网的一些特性，来强化社交网络本身；另一方面从车联网络入手，尝试把社交网络中的一些概念等结合进来，其目的是强化车联网络。除此之外，车联网与社交网的结合也产生了一些传统方式难以实现或实现成本过高的应用。本节将依次按照这3类文献介绍相关工作。图1是本节的文献分类图。

车辆辅助的社交网络主要围绕车联网络的构建、驾车信息分享等热点展开。美国麻省理工学院在2006年首次提出了车辆中的社交网络的概念[5]，与此同时，他们在车辆中开发了一套名为Flosser的系统，主要用于驾车好友之间信息分享。此后，各大汽车公司纷纷把社交分享功能融入到自家的车载信息系统中，其中比较知名的有通用公司的OnStar和宝马公司的iDrive[6]。然而，如何在车联网环境下自动构建社交网络依然是一个问题，Drive and Share[7]提出了一套基于IP多媒体和机器到机器通信的社交网络构建方法。文献[8]进一步探讨了如何在车联网环境下解决社交网络的信任问题。



▲图1 车联社交网络文献分类

社交辅助的车联网络则主要关注在如何利用社交网络的社交关系来提供可信网络传输；或者把社交网络中的一些理论，如小世界理论，集中性分析等引入车联网来提高时延容忍网络的路由精确度。文献[9]提出了一个车辆之间协作的框架，其目的是通过车辆间的协作，提供更好的多跳消息传递。文献[10]把社交网络中的信任引入了车联网，试图解决车联网中的信任问题。文献[11]把社交网络中的Socially Selfish理论引入车联网，以此提高车联网在时延容忍条件下的路由效率。

除了上文提到的社交信息分享以外，车联社交网络的新应用还主要包含如下内容：(1)即时通信。RoadSpeak[12]是一个车车之间的即时聊天工具。文献[13]更进一步把它扩展为多方实时语音通信，可替代现有的基于无线电的出租车呼叫中心等应用。(2)路径规划。文献[10]、文献[14]提出了一种基于车联社交网络的路径规划方法，用来通过用户分享的简单信息，如交通拥堵，来实现更加实时的车辆导航。(3)实时预警。文献[15]提出了一种通过社交网络对驾驶员进行实时预警的应用，例如前方路段危险等。以供驾驶员更方便的驾驶。

2 车联社交网络面临的问题及挑战

车联社交网络的发展面临若干关键科学问题及挑战。本节将着重介绍这些问题。

2.1 车联社交网络的构造、维护与传递

由于车辆的高移动性特点，车车、车路通信的网络呈现出拓扑频繁变化、经常断开等特征。在拓扑高速变化的网络上如何构造与维护社交网络是一个极大的挑战。这其中的研究问题包括：(1)共同兴趣结点的发现，即如何查找、发掘与发现有共同兴趣，或者有关系的结点。(2)结点的加入和离开。在高速变化的网络中，如何低成本的维护一个社交网络的结构，即结点的加入和离开也是一个具有挑战的问题。(3)车联社交网络的信息传递。如何高效、开支更少的通过车联社交网络传递信息，这其中包括了信息的单播，多播和社交群内的广播等研究内容。

2.2 信息感知与获取

与传统社交网络不同，传统社交网络中的信息更多的是用户有意识地产生的(如发照片、发状态等)。而在车载环境下，由于安全原因，驾驶员不方便有意识地共享一些信息。因此，更多的信息需要在用户无意识的情况下去感知和获取。这其中的研究问题包括：(1)机会感知。由于缺少用户主观采集数据，系统需要根据上下文信息，自主地采集数据。(2)数据的预处理。从车辆传感器获取的原始数据往往不包含语义信息(如加速度)，需要借助车辆计算平台进行预处理，以获得更加有实际意义的信息(如急刹车)。(3)无意识协作机制。单个用户无意识贡献的数据往往是稀疏的、残缺的，甚至是不准确的。需要借助社交网络，把多个用户的数据整合起来，以推断出实际的情况。

2.3 社交隐私保护

隐私是车联社交网的重要研究内容，主要的挑战来自两个方面：其一，车联社交网络中产生的很多数据都是高度敏感的隐私数据，例如用户的行车轨迹、停车位置、同行人员等；其二，由于车联网的拓扑结构的变化性，数据缓存、多跳等是必然的数据传递手段。而在缓存、多跳的过程中，容易产生数据泄露风险。因此，如何保证用户社交信息安全的前提下进行数据采集、分享和使用是重要

研究课题。

2.4 深度整合的应用

现有的车联社交网络研究还停留在用车联网来增强社交网中的原有应用，或反过来用社交网增强车联网的原有应用阶段。缺乏深度整合的、新产生的应用。因此，如何发掘、发现新的车联社交网的应用也是一个亟待解决的挑战。例如，是否可以把社交网络游戏中的好友竞争机制引入到车联网中。激励好友共同节省排放、遵守交规等。

3 基于社交网分享信息的实时路径规划

基于实时交通信息的路径规划相比基于地图的静态路径规划有极大的优势。但是如何获取实时交通信息是一大难题。传统采用感应线圈或监控探头的方案由于依赖基础设施[16]，造成成本高昂。借助车联社交网络，在临近的好友之间通过无线网络共享交通信息，可以做到低成本的数据收集。

3.1 问题描述

在源车辆准备开始导航前，通过车联网向周围相邻路段上的车辆发送数据收集请求。周围的车辆收到数据请求后，会继续把请求转发给相邻车辆。同时会把自己的周围的交通状态反馈给源车辆。然而，这种方式采集数据带来的最大问题是会造成广播风暴，浪费大量的网络带宽。因此，必须采取措施，限制数据采集的规模。当然，理论上如果要想找到最优导航路径，必须要获得全局交通信息，但是这在现实中是不可能的。我们只能退而求其次，求解相对可以接受的次优方案。该问题等同于在一个初始边权重未知，但可以逐渐探索可知的图中寻找最短路径。该问题在图论及运筹学中被以有源随机最短路径问题（SSPPR）提出。并且已经证明了该问题属于非多项式-完全（NP-Complete）问题[17]。因此，该问题没有多项式时间内的最优解，除非P等同NP。

3.2 解决方案

为了解决这个问题，我们提出了一种启发式搜索算法。该算法基于如下两个观察：经过的道路越长，通常消耗的时间也越长；如果最短路径的拥堵程度可以接受，没必要另辟蹊径。因此，我们在搜索的过程中，设置了两个阈值，一个是最长的路径阈值a，表示当前规划路径为最短路径的倍数。另外一个是拥堵阈值b，表示拥堵程度。搜索的路径长度不得超过阈值a，同时，在当前道路的拥堵程度小于阈值b时，搜索会沿着最短路径前进。如果超过了阈值b，则会搜索当前路段的所有相邻路段。我们把该算法称为Backoff-and-Fork，简称BnF。

图2是该算法的一个实际例子。假设S和E分别为起点和终点。首先算法会把最短路径S-c-h-E设为备选路段，然后搜索沿着备选路段进行。对S-c进行交通状况收集，假设S-c的路况良好。之后，算法对c-h进行交通状况收集，发现该段路况拥堵。这时，算法会回退到结点c，把c的所有相邻路段（即c-d与c-f）设为备选路段。并计算d-E和f-E的最短路径，并把最短路径c-d-g-E和c-f-h-E也设为备选路段。接下来继续沿着备选路段开展搜索，直至抵达终点E。

4 实验与结果分析

为了测试方案的有效性，我们基于香港理工大学自行开发的智能交通平台iTransNet[18]进行了测试。该测试平台的拓扑信息如图3所示。该平台上有一些可编程控制的车辆，并且车辆之间通过ZigBee进行数据通信。因此，我们可以通过ZigBee来获取周围路段的交通信息，并实时控制车辆的行进方向。我们把我们的方案与传统的静态图中寻找最短路径的Dijkstra算法进行对比。

图4、图5是实验结果图。图4的3张是在密集交通的情况下获得，图5的3张图是在稀疏的交通情况下获得。通过实验，我们可以看到，在稀疏的情况下，我们的算法与最短路径算法对比优势不是很明显，因为此时时间最省的路径通常就是最短路径，绕路是不划算的。但是在密集交通下，我们算法的优势相当明显。与最短路径相比，绕开拥堵路段最多可以节省大约60%的时间。当然，在节省时间的同时，绕路是有成本的，那就是行驶的距离变长了。从最右侧的两幅子图中可看出，算法会导致行驶总路径变长，是方案的额外开销。

5 结束语

本文首先对车联社交网络的研究现状做了归类和综述。在此基础上，对车联社交网络中的一些机遇和

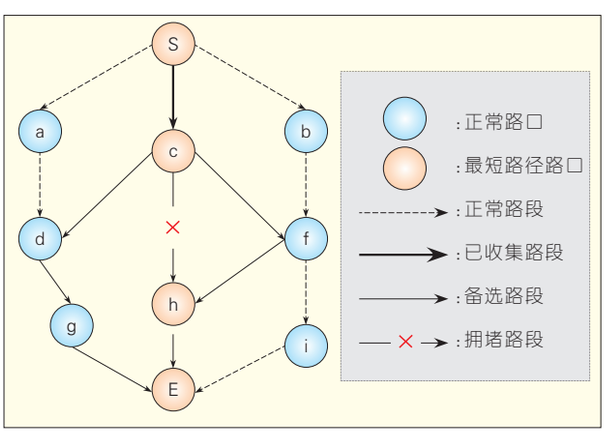
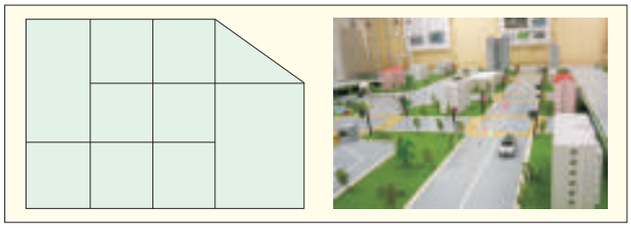
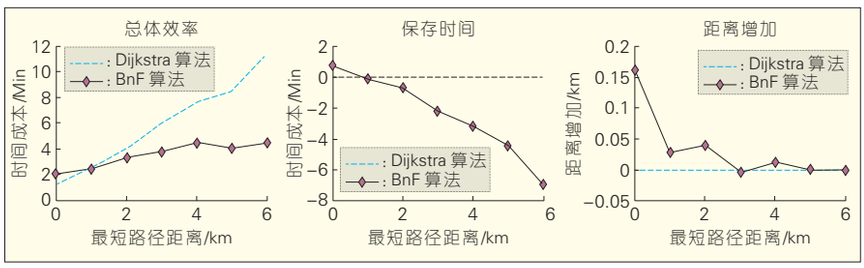


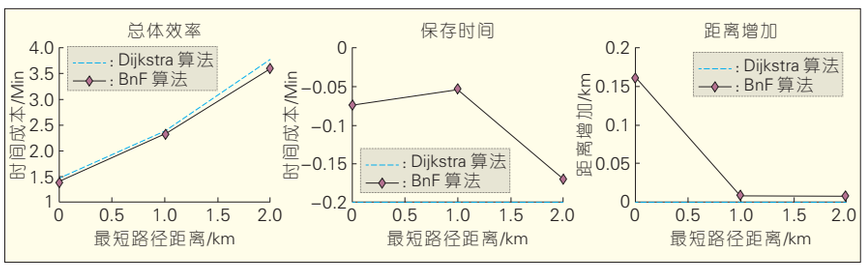
图2 BnF启发式算法示例



◀图3 iTransNet的路网拓扑及实景图



▲图4 密集交通情况下的实验结果



▲图5 稀疏交通情况下的实验结果

挑战进行了探讨。然后，提出了一种利用社交网络分享的实时交通信息为车联网进行最短路径规划导航的解决方案。在iTransNet上的实验数据表明该方案在导航效率等方面超越了现有的静态路径规划方案。

参考文献

[1] HARTENSTEIN H, LABERTEAUX K P. A tutorial survey on vehicular ad hoc networks [J]. Communications Magazine, IEEE, 2008,46 (6): 164–171. doi: 10.1109/MCOM.2008.4539481.
[2] ELLISON N B. Social network sites: Definition, history, and scholarship [J]. Journal of Computer – Mediated Communication, 2007,13 (1): 210–230. doi: 10.1111/j.1083–6101.2007.00393.x.
[3] OBD II Technology. [EB/OL]. (2013–10–20). http://www.obdii.com/.
[4] ISO 15765–4:2011. Road vehicles –– Diagnostic communication over Controller Area Network (DoCAN) [S]. 2011.
[5] LIANG P A. Social networking in vehicles [R]. Massachusetts Institute of Technology, 2006.
[6] TSCHELIGI M, MESCHTSCHERJAKOV A, WILFINGER D. Interactive Computing on Wheels [J]. Computer, 2011, 44(8): 100–102. doi: 10.1109/MC.2011.246.
[7] LEQUERICA I, GARCIAILONGARON M, RUIZ P M. Drive and share: efficient provisioning of social networks in vehicular scenarios [J]. Communications Magazine, IEEE, 2010,48 (11): 90–97. doi: 10.1109/MCOM.2010.5621973.
[8] ABBANI N, JOMAA M, TARHINI T, et al. Managing Social Networks in vehicular networks using trust rules [C] //Proceedings of Wireless Technology and Applications (ISWTA), 2011 IEEE Symposium on, 25–28, Sept. 2011, Langkawi, 2011:168–173. doi: 10.1109/ISWTA.2011.6089402.
[9] MOUSANNIF H, KHALIL I, OLARIU S. Cooperation as a service in VANET: implementation and simulation results [J]. Mobile Information Systems, 2012,8(2): 153–172. doi: 10.3233/MIS–2012–0136.
[10] HUANG D J; HONG X Y, GERLA M. Situation–aware trust architecture for vehicular networks [J]. Communications Magazine, IEEE, 2010,48(11):128–135. doi: 10.1109/MCOM.2010.5621979.
[11] LI Q H, ZHU S C, CAO G H. Routing in Socially Selfish Delay Tolerant Networks [C] // Proceedings of the INFOCOM, 2010 IEEE, 14–19 March 2010, San Diego, CA, 2010:1–9. doi: 10.1109/INFCOM.2010.5462138.
[12] SMALDONE S, HAN L, SHANKAR P, et al. RoadSpeak: enabling voice chat on roadways using vehicular social networks [C] // Proceedings of the 1st Workshop on Social Network Systems, 2008, New York, NY, USA: ACM, 2008:43–48. doi: 10.1145/1435497.1435505.
[13] HAN L, SMALDONE S, SHANKAR P, et al. Ad–hoc voice–based group communication [C] // Proceedings of the Pervasive Computing and Communications (PerCom), 2010 IEEE International Conference, March 29 2010–April 2 2010, Mannheim, 2010:190–198. doi: 10.1109/PERCOM.2010.5466977.
[14] SHA W, KWAK D, NATH B, et al. 2013. Social vehicle navigation: integrating shared driving experience into vehicle navigation [C] // Proceedings of the 14th Workshop on Mobile Computing Systems and Applications (HotMobile'13), April 2013, ACM, New York, NY, USA: ACM, 2013,17(2):16. doi: 10.1145/2444776.2444798.
[15] HE Z, CAO J, LI T. Mice: A real–time traffic estimation based vehicular path planning solution using vanets [C] //Proceedings of the Connected Vehicles and Expo (ICCVE), 2012 International Conference, 12–16 Dec. 2012, Beijing, China, 2012:172–178.
[16] SINGH K, LI B. Estimation of traffic densities for multi–lane roadways using a markov model approach [J]. Industrial Electronics, IEEE Transactions, 2011,(99):1.
[17] ANDREATTA G, ROMEO L. Stochastic shortest paths with recourse [J]. Networks, 1988,18(3). 193–204.
[18] ZHOU B, CAO J, ZENG X, et al. Adaptive traffic light control in wireless sensor network–based intelligent transportation system [C] //Proceedings of the Vehicular Technology Conference Fall (VTC 2010–Fall), 2010 IEEE 72nd, 6–9 sept. 2010, Ottawa, 2010:1–5. doi: 10.1109/VETECF.2010.5594435.

作者简介

何宗键，同济大学软件工程本科和计算机科学与技术硕士毕业；香港理工大学计算学系在读博士研究生；主要研究领域为车联网、无线传感器网络与移动计算；已发表论文20余篇，其中被SCI/EI检索10余篇。

曹建农，南京大学计算机科学系本科毕业、美国华盛顿州立大学计算机硕士和博士毕业；香港理工大学计算学系教授、博士生导师、系主任，网络和移动通信实验室主任；主要研究领域为计算机网络、移动和普适计算、并行和分布式计算、容错和中间件等；承担并完成20余项科研项目；已发表论文300余篇，其中SCI收录85篇，EI收录232篇。

郑俊浩，杭州电子科技大学计算机科学与技术专业本科毕业；香港理工大学计算学系在读硕士研究生；主要研究方向是车联网，特别是基于车联社交网络的应用。

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6868.2014.01.008
网络出版地址：http://www.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20140105.1714.002.html

移动群智感知应用

Mobile Crowd-Sensing Application

中图分类号：TP391 文献标志码：A 文章编号：1009-6868 (2014) 01-0035-003

陈荟慧/CHEN Huihui
郭斌/GUO Bin
於志文/YU Zhiwen
（西北工业大学，陕西 西安，710129）
(Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129, China)

摘要： 认为无线通信和智能移动设备的发展为群智感知在移动环境下的应用奠定了基础，而廉价多样的传感器使移动群智感知应用与人类社会的联系更加紧密。移动群智感知用户采集数据时的协作方式分为参与式感知、机会感知两种，各有优缺点和局限性。移动群智感知需要考虑用户成本、网络压力、云计算服务器架设、用户隐私保护等方面的问题，要面对情境隐私、匿名任务、匿名数据汇报、可靠数据读取、数据真实性等安全方面的挑战。

关键词： 移动群智感知；参与式感知；机会感知

Abstract: The development of wireless communication and smart mobile devices has been the impetus for mobile crowd-sensing applications. Low-cost sensors in smart devices means that mobile crowd-sensing applications are more tightly associated with human communities. In a mobile crowd-sensing application, measures for sensing cooperation between individuals may be categorized as participant-sensing or opportunity-sensing. Both of these measures have advantages and disadvantages. Mobile crowd-sensing has to consider problems such as cost to the user, pressure on the mobile communication network, constructing a cloud server, and user privacy. Security is a challenge in privacy protection, anonymous tasking, anonymous reporting, collection of dependent data, and data reliability.

Keywords: mobile crowd-sensing application; participant sensing; opportunity sensing

1 群智感知的架构

群智感知通过感知个体的信息而挖掘群体信息并反作用于个体或群体[1]。群智感知是个体与群体的合作与共赢，主体是“感知”和“挖掘”，感知层由个体与携带的智能设备组成，挖掘层由后台数据服务器组成。随着数据量的爆炸式增长，云计算开始为数据存储和挖掘提供支持，传感器和应用程序完成数据的采集与群体感知结果的反馈，如图1所示。

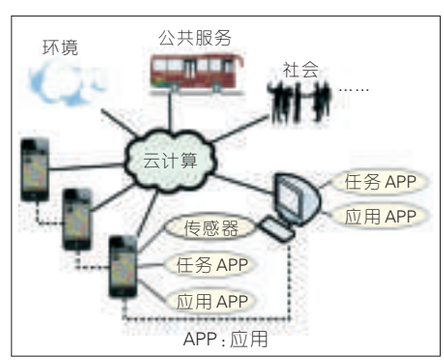
感知层完成数据的采集，无论是参与式感知还是机会感知，都由终端采集用户数据并上传。挖掘层通常是为了发现某种知识或者统计某种结果而对大数据进行深层分析。

2 群智感知的数据采集

移动群智感知采集的数据不再仅仅局限于位置，移动设备附带的各种传感器在个体数据采集时都能够发挥作用。例如，路人通过分析手机麦克风采集到的环境声音检测环境噪声，旅行者通过手机摄像头和GPS记录旅游日志并分享旅游攻略，晨练者通过加速度传感器监测运动量并结合GPS轨迹分享晨练感受，司机或者乘客通过加速度传感器采集道路坑洼状况上传给城市管理部门。

根据手机用户采集数据时的协作方式，可将感知分为参与式感知[2]和机会感知[3]。参与式感知由用户主动参与，因此数据精度高但容易受用户主观意识干扰。机会感知通过直接或间接方式感知用户的行为，对用户干扰较小，但数据精度依赖于感知算法和应用环境，且机会感知需较高的隐私保护机制激励用户的参与。

参与式感知的实时性相对不如机会感知高，但机会感知准确采集数据的难度要比参与式感知高。比如，在交通路况监控应用中，参与式感知需要用户主动上传数据，但是当司机上报拥堵信息时可能已经离开了该



▲图1 群智感知基本架构

收稿日期：2013-10-17
网络出版时间：2014-01-05
基金项目：国家自然科学基金（61332005）

路段，导致时空信息不准确，另外，要求司机不停的上传数据的可能性较小。机会感知虽然不要求司机手动提交数据，但是对路况的准确感知却是亟待解决的问题。

参与式感知采集到的数据更容易受到用户的主观干扰，应用系统需要对数据进行有效性的判断并向用户提供量化的评级标准，例如，Creek Watch 应用向用户提供水质判断标准；Talasila 等人[4]使用定位信息判断用户提交的交通堵塞信息是否真实，防止有人故意在出发前发布假的拥堵信息用于清畅道路；Wreckwatch[5]应用使用车载手机的加速度计感知到撞车以后判断乘客的受伤程度，使用 VoIP 电话、短消息、GPS 地图和路人拍照上报等方法对撞车情况和人员受伤情况进一步核实。

3 群智感知的应用现状

现阶段的移动群智感知应用大致可分为 3 类：环境、公共设施和社会[6]。

在环境方面的应用如 Common Sense[7]、Creek Watch[8-9]、Ear-Phone[10]和 iMap[11]等。Common Sense 使用可以与手机通信的手持空气质量传感器收集空气污染数据（如二氧化碳、氮氧化物），分析和可视化后通过 Web 发布；Creek Watch 是由 IBM 在 2010 年 11 月发布的 iPhone 应用，人们路过河流的时候，可以花费几秒钟的时间搜集水质数据，包括流量、流速和垃圾数量，后台服务器汇总数据后在网站上公布；Ear-Phone 使用手机根据噪音级别监测对人类听力有害的噪音污染，并绘制成噪音地图通过 Web 共享；iMap 使用手机采集人的时间-地点轨迹，并使用已有模型计算空气中二氧化碳的含量和 PM2.5 的值，实现间接环境监测功能。

在公共设施方面的应用如交通拥堵情况的检测[12-13]、道路状况的检测[14]（如道路坑洼、噪音）、寻找停车位[15]、公共设施报修（如消防栓、交通信号灯、井盖等）和实时交通监测与导航[16]等。例如，ParkNet 使用 GPS 和安装在右侧车门的超声波传感器检测空停车位，并共享检测结果；CMS 系统收集由公交车乘客的手机采集的数据，对公交车舒适程度做出评级，并通过网站发布；Zhou P 等人[17]设计了 Android 平台下的公交车到站时刻预测系统；GBus[18]应用允许个人使用移动设备收集公交车站点信息，包括站点名称、图片和描述；EasyTracker[19]应用使用安装有地图的智能手机，从 GPS 轨迹中提取高密度点获取公交站点，并采集各站点公交到站时刻计算公交站点间运行时间，从而预测公交到站时刻。

在社会方面的应用如社交网络应用以及社会感知。例如，腾讯提供的根据个体之间的共同好友而进行的好友推荐机制；Ubigreen[20]应用通过手机感知和用户参与的形式半自动采集用户出行习惯，鼓励用户绿色出行；im2GPS[21]应用构建自己的 GPS 照片知识库，使人们可以通过拍摄照片查询自己所处的位置；DietSense[22]应用允许用户在社交群中分享个人饮食习惯，人们可以比较自己的饮食习惯并向他人提出建议；Bikenet[23]应用根据个体提供的自行车骑行路线的 GPS 轨迹、空气质量、噪声质量等数据计算出最适合自行车骑行运动的路线。

4 群智感知面临的问题与挑战

移动群智感知可以通过个体数据完成大规模现象的监测[24]，因此需要收集大量来自个体的数据。为了使计算过程更加高效，通常需要考虑如下几个问题：

- 数据的收集必须考虑用户成本
- 用户传输数据过程中对网络造成的压力
- 需要架设用于接收、计算、管理和分析的后台云计算服务器
- 使用户能够放心并自愿将手机作为数据收集探测器的用户隐私保护机制

Kapadia A 等人提出了机会感知环境下安全的 9 个挑战：

- 情境隐私
- 匿名任务
- 匿名数据汇报
- 可靠数据的读取
- 数据真实性
- 系统集成
- 防止数据抑制
- 参与
- 公平

群智环境下数据可信度问题包括系统对个体采集端数据的验证和系统对事件结果的准确判断。采集数据的可靠性一方面需要采用信用规范对客户端用户加以限制，另一方面需要更精确的算法来验证数据的可靠性。系统对事件结果的准确判断是激励用户继续使用该系统的关键基础。群智环境虽然为假数据提供了上传的机会，但真实数据也拥有相同的机会，服务器如何分辨这些数据的真伪是一大挑战。

智能手机应用程序的隐私保护机制是用户普遍关心的问题。如果没有隐私保护，以用户为中心的机会感知永远不可能成功。在数据上传时加入干扰数据或者对敏感数据加密是常用的保护机制。

从数据采集角度来讲，手机附带的传感器可以透露用户所处的环境，并能实时记录语音和图像，这些功能如果应用不当就容易演变成非法侵犯个人隐私的应用，如果用户采用过高的安全保护策略，则移动群智感知无法得到丰富的终端数据。

移动群智应用环境下，用户不可避免地需要上传位置、手机号码等信息，而手机号码等个人信息可以与用户本人绑定，所以，用户有理由怀疑应用程序可能会侵犯个人隐私。如果将个人数据加密或者保证使用更高安全级别的服务器，但仍然不能保证用户不怀疑数据丢失时隐私受到

侵犯，这与困扰着云服务的隐私问题是一样的。

3G、4G、Wi-Fi以及未来的通信技术能够为群智感知应用解决带宽的问题，但移动群智应用系统与其他移动应用软件一样还存在能耗和数据流量的问题。现有的节电方法包括选用合适的数据采集触发算法和选用低能耗的传感器等，控制通信流量的方法主要采用有选择的上传高质量的数据。

5 结束语

“众人拾柴火焰高”，对于现代人类社会来说，移动群智感知是群体智慧在信息时代的表现方式。无线网络和智能设备是移动群智感知的基础，移动群智感知应用需求的不断扩展反过来对这两者的发展又提出了更高的要求。群智感知环境下的个体以数字的形式存在，隐私保护是个体互信协作的基础，安全规范和信用规范的不完善势必影响群智感知应用推广。总的来说，移动群智感知对人类社会的发展和信息科技的发展都将起到促进的作用，而更多的挑战也等待着人们去发现和解决。

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):38–42.
[2] KANHERE S S. Participatory sensing: Crowdsourcing data from mobile smartphones in urban spaces [C]// Proceedings of the International Conference on Distributed Computing and Internet Technology, ICDCIT 2013, Springer Berlin Heidelberg, LNCS 7753, 2013: 19–26.
[3] KAPADIA A, KOTZ D, TRIANDOPOULOS N. Opportunistic sensing: Security challenges for the new paradigm [C]//Proceedings of the IEEE Communication Systems and Networks and Workshops, COMSNETS 2009, Bangalore, India, 2009: 1–10.
[4] TALASILA M, CURTMOLA R, BORCEA C. Improving location reliability in crowd sensed data with minimal efforts [C]//Proceedings of the 6th Joint IFIP/IEEE Wireless and Mobile Networking Conference, WMNC, 2013.
[5] WHITE J, THOMPSON C, TURNER H, et al. WreckWatch: automatic traffic accident detection and notification with smartphones [J]. Mobile Networks and Applications, 2011, ACM, 2011,16(3): 285–303. doi:10.1007/s11036–011–0304–8.
[6] GANTI R K, YE F, LEI H. Mobile crowdsensing: Current state and future challenges [J]. Communications Magazine, IEEE, 2011,49(11): 32–39. doi:10.1109/MCOM.2011.6069707.
[7] DUTTA P, AOKI P M, KUMAR N, et al. Common sense: participatory urban sensing using a network of handheld air quality monitors [C]//Proceedings of the 2009 ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems, SenSys 2009, Berkeley, California, USA, 2009: 349–350.
[8] IBM research. Creek watch – explore your watershed [EB/OL]. (2013–10–10). http://creekwatch.researchlabs.ibm.com/.
[9] KIM S, ROBSON C, ZIMMERMAN T, et al. Creek watch: pairing usefulness and usability for successful citizen science [C]// Proceedings of the 2011 ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI 2011, Vancouver, Canada, 2011: 2125–2134.
[10] RANA R K, CHOU C T, KANHERE S S, et al. Ear–phone: an end–to–end participatory urban noise mapping system [C]// Proceedings of the ACM/IEEE International Conference on Information Processing in Sensor Networks, IPSN 2010, Stockholm, Sweden, 2010: 105–116.
[11] DEMIRBAS M, RUDRA C, RUDRA A, et al. iMap: Indirect measurement of air pollution with cellphones [C]//Proceedings of the IEEE Conference of Pervasive Computing and Communications, PerCom 2009, Galveston, Texas, USA, 2009: 1–6.
[12] LEONTIADIS I, MARFIA G, MACK D, et al. On the effectiveness of an opportunistic traffic management system for vehicular networks [J]. Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on, 2011, 12 (4): 1537–1548. doi: 10.1109/TITS.2011.2161469.
[13] LIU S, LIU Y, NI L, et al. Detecting crowdedness spot in city transportation [J]. Vehicular technology, IEEE Transactions on, 2013, 62(4):1527–1539. doi: 10.1109/TVT.2012.2231973.
[14] LIN C Y, CHEN L J, CHEN Y Y, et al. A comfort measuring system for public transportation systems using participatory phone sensing [C]//Proceedings of the ACM PhoneSense, 2010, Zurich, Switzerland, 2010.
[15] MATHUR S, JIN T, KASTURIRANGAN N, et al. Parknet: Drive–by sensing of road–side parking statistics [C]//Proceedings of the ACM International Conference on Mobile Systems, applications, and services, MobiSys 2010, San Francisco, CA, USA, 2010: 123–136.
[16] MANOLOPOULOS V, TAO S, RODRIGUEZ S, et al. MobiTraS: A mobile application for a Smart Traffic System [C]//Proceedings of the IEEE Conference NEWCAS, 2010, Montreal, Canada, 2010: 365–368.
[17] ZHOU P, ZHENG Y, LI M. How long to wait?: predicting bus arrival time with mobile phone based participatory sensing [C]//Proceedings of the ACM Conference on Mobile systems, applications, and services. MobiSys 2012, Low Wood Bay, UK, 2012: 379–392.
[18] SANTOS M, PEREIRA R L, LEAL A B. GBUS–Route GeoTracer [C]//Proceedings of the Workshop on Vehicular Traffic Management for Smart Cities, VTM 2012, IEEE, 2012: 1–6.
[19] BIAGIONI J, GERLICH T, MERRIFIELD T, et al. Easytracker: Automatic transit tracking, mapping, and arrival time prediction using smartphones [C]//Proceedings of the ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems. SenSys2011, Seattle, WA, USA, 2011: 68–81.
[20] FROEHLICH J, DILLAHUNT T, KLASNJA P, et al. UbiGreen: Investigating a mobile tool for tracking and supporting green transportation habits [C]//Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI 2009, Boston, USA , 2009: 1043–1052.
[21] JAMES H, ALEXEI E. IM2GPS: Estimating geographic information from a single image [C]//Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2008, Anchorage, AK, USA, 2008:1–8.
[22] REDDY S, PARKER A, HYMAN J, et al. Image browsing, processing, and clustering for participatory sensing: lessons from a DietSense prototype [C]//Proceedings of the ACM Workshop on Embedded networked sensors, 2007: 13–17.
[23] EISENMAN S B, MILUZZO E, LANE N D, et al. BikeNet: A mobile sensing system for cyclist experience mapping [J]. ACM Transactions on Sensor Networks, 2009, 6 (1): 6. doi: 10.1145/1653760.1653766.
[24] SHERCHAN W, JAYARAMAN P P, KRISHNASWAMY S, et al. Using on–the–move mining for Mobile crowdsensing [C]// Proceedings of the IEEE Conference on Mobile Data Management, MDM 2012, Bengaluru, Karnataka, 2012: 115–124.

作者简介

陈荟慧，西北工业大学在读博士研究生，洛阳理工学院讲师；主要研究方向为普适计算；已发表论文10余篇。

郭斌，西北工业大学副教授、硕士生导师；主要研究方向为普适计算、群智感知；已发表论文60余篇，主持基金项目2项。

於志文，西北工业大学教授、博士生导师；主要研究方向为普适计算、群智感知；已发表论文100余篇，主持基金项目4项。

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6868.2014.01.009
网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20140115.1100.001.html

社会网络中盈利机制和业务模型研究

Profit Mechanisms and Business Models for Social Networks

中图分类号:TP391; 文献标志码:A 文章编号:1009-6868 (2014) 01-0038-006

汤婧/TANG Jing
蔡敏敏/CAI Minmin
王玉峰/WANG Yufeng
(南京邮电大学,南京 江苏,210003)
(Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

摘要: 基于社会网络的几种主要盈利机制(广告、增值服务、交易费),受双边市场理论的启发,提出了社会网络的业务模型;针对社交网络的特点,提出了基于双边市场的用户参与的激励模型,以期能更好地激励用户参与社交网络应用。

关键词: 社会网络;双边市场;业务模型;盈利机制;激励机制

Abstract: In this paper, we summarize the main profit generators of social networks: advertising, value-added services, and transaction fees. Inspired by the two-sided market theory, we propose a formal business model for social networking applications. Depending on the characteristic of the social network, we propose an incentive model to motivate users to use social network applications.

Keywords: social networks; two-sided market; business model; profit mechanism; incentive mechanism

随着网络技术的飞速发展和人们生活质量的提高,互联网已经在我们的生活中非常普及。社会网络在过去的10余年中更是呈现爆炸性的增长。人们通过社会网络互相联系,分享或寻找内容,传播信息。例如:提供联系的网站(如LinkedIn、Facebook、Myspace)和分享内容的网站(如Flickr、YouTube)[1]。在它们的示范作用下中国也现了大量的社会网络,如人人网、开心网、51网等。

现有的社交网络种类纷繁复杂,提供的服务也是多种多样。社会网络的分类如图1所示。依据它的主要使用范围可以分为:私人网络(如Facebook、Myspace)和商业网络(如LinkedIn、大街网)[2]。私人网络是社会网络最初的设计,供个人使用,例如Facebook是世界上最流行的社会网络。商业网络则更专注于建立专业联系,例如寻找新的就业机会。另一个分类标准则是关注焦点,可以分为一般网络(如Facebook、人人网)和特殊兴趣网络(如lawyrs、豆瓣网)。一般网络没有任何关注焦点,而特殊兴趣网络往往是根据一个特定的兴趣组织起来的社会网络。

在这几年里,社会网络已经成为覆盖用户广、商业价值高的互联网业务,迅速吸引了几乎所有的互联网用户和风险资本。在初始的热度之后,经验丰富的全球社交网络管理者们已经投入大量的精力和财力,集成他们现有的盈利模式以探索更合适的业务模型。

然而,由于对社会网络的盈利模式缺乏一定的理论基础,对于社会网络的研究仍处于盈利模式探讨及现状描述阶段[3],大部分社会网络平台缺乏合理的业务模型作为指导,使社会网络的发展受到限制。

本文在发现社会网络拥有双边市场的特征(例如交叉网络外部性,价格非中性[4])的基础上,运用刚兴起的双边市场理论来分析社会网络的业务模型,为分析社会网络的盈利提

▲图1 社会网络的分类

收稿日期:2013-11-06
网络出版时间:2014-01-15
基金项目:国家自然科学基金(61171092)

供一个理论分析的视角。理解双边市场带给平台的影响，且有针对性地建立平台运营新模式，实现对内的运营体系的转型和对外的服务和盈利模式创新。并在此基础上提出了基于双边市场的用户参与的激励模型。

1 双边市场简要介绍

1.1 双边市场的概念

双边市场理论自21世纪初出现以来，已经在理论研究和实践应用中获得了较快发展。它在很多重要的经济产业中发挥着重要作用，如支付、移动电话、金融交流、广告支持的媒体，及基于各种互联网的行业[5-6]。

Rochet和Tirole在价格结构上给出了双边市场的定义：如果对市场一边的收费提高会影响平台的交易量并减少由平台另一边所支付的交易量，那这个市场就是一个双边市场。

一个双边市场通常包括两个主要方面：一是市场中有两个不同类型的用户，通过一个中介机构或平台来发生作用或进行交易；二是一边的用户决策会影响另一边用户的结果。平台为两边提供交互，并通过向两边加入它收取一定的费用来盈利[7]。

1.2 双边市场的特征

在现代社会经济中有很多产业符合双边市场的特征。大体来说，双边市场包含以下几个特征：

（1）存在一个双边或多边的平台结构平台运营商提供有形或无形的服务。同时存在两类或更多类的终端用户通过这个平台发生交易或互相影响。

（2）不同类型的终端用户之间存在着显著的交叉网络外部性。这种外部性效应可以通过平台服务实现。

（3）平台企业定价时存在着价格非中性。除了双边市场的价格总水平之外。双边市场上的价格结构也会影响平台的交易量。

双边市场的网络外部效应通常被分为同侧网络外部性和交叉网络外部性。同侧网络外部产生每一边同侧用户给其他人带来的影响，这传统的单边市场中就存在。交叉网络外部性则是双边客户彼此交互的影响。交叉网络外部性可以分为：使用外部性和成员外部性。使用外部性是指用户和商家共同通过平台达成交易。成员外部性指一边的用户规模越大，必然会增加另一边用户的参加意愿。交叉网络外部性被认为是双边市场有别于传统单边市场的最重要特征。

1.3 社会网络的双边市场特征

现在社会网络的一个典型特征是平台化。所谓平台，就是一个信息集成与发布的场所。这种信息平台的关键之处，在于它面对的不再是单一的用户，而是信息的提供者与信息的接收者双方由此形成了一个双边市场。所有的社会网络平台都是一个个双边市场内容提供者是一边，而广大用户是另一边。

具体而言就是：社会网络一方面是用户之间交流的平台，用户通过平台扩展视野扩大交际圈。这样吸引广告商前来投放广告，广告商通过平台将自己的广告传达给用户，推销自己的产品，因此社会网络是一个媒体平台。一方面，社会网络为了满足网站不同的功能需求，引入系统开发商，在平台上运行第三方插件，并收取一定的费用，这样社会网络是一个软件平台。另一方面与电子商务融合，利用社会网络销售产品，从中盈利，社会网络又是一个销售平台。

由此可见社会网络具有双边市场的一些特征：

（1）交叉网络外部性特征

社会网络平台的外部性如图2所示。在社会网络的双边市场中，用户和商家（广告商、插件商、电商）之间有明显的交叉网络外部性特征。用户数量的增多会增加另一边商家的数量，同时商家的数量也会影响用户的数量。

（2）价格结构非中性特征

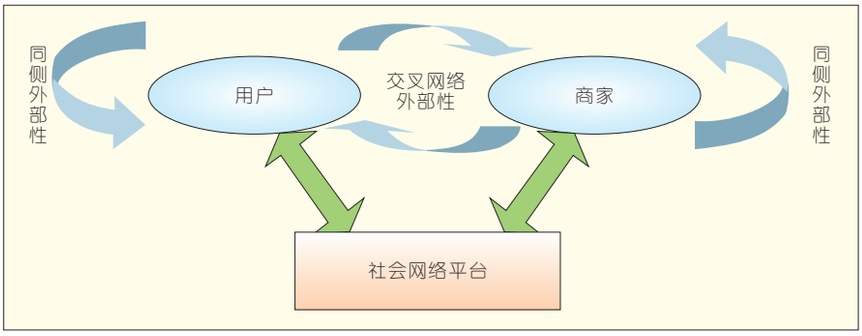
社会网络平台对平台两边都指定一个接入价格，如果这两个价格总和一定，通过改变价格在两边的分布，则改变两边加入平台的数量，进而影响平台收益。比如社会网络通常会补偿用户这一侧，增加用户数量吸引更多的商家参与。而对商家那一侧定较高的价格来盈利。

2 社交网络的盈利机制

当前各社会网络平台盈利主要有以下3类来源：广告、增值服务、交易费。

广告是几乎所有社会网络最基本的盈利模式。全球社会网络2013年的广告收入预计将达到100亿美元。Facebook 2013年第二季度实现营收16.2亿美元，而其中83%来自广告。开心网的收入结构大约80%也是来源于广告。其主要有普通广告、定向广告和植入式广告3种。普通广告主要指网站首页、页面上方与两侧的条幅状动态广告。这类广告单调，点击率低，广告效果不明显。定向广告[8]指通过网络追踪技术搜集整理用户信息，然后利用网络配送技术向不同用户发送不同的广告。通过对用户注册资料和浏览习惯的分析，有针对性地推荐广告是开心网、世纪佳缘等社会网络的重要手段。相比普通广告，定向广告更有针对性，营销效果更好。植入式广告指在游戏中插入商家的产品以达到潜移默化的宣传效果，而且将品牌融入娱乐，较易取得消费者认同。广告的收费方式主要分为3类：固定费用、根据点击次数付费、根据效果付费。

增值服务是指社会网络的基本服务免费，要获得高级服务就需要交费[9]。通过免费的策略来占领和培育市场，并抵御竞争者，通过增值服务来赚取利润[10]。QQ空间是该方式的典型。除免费应用外，腾讯还提供虚拟货币Q币，通过与实体货币的兑换



▲图2 社会网络平台的外部性

用户付费获得更好的游戏体验。腾讯2013年第1季度的平台增值服务收入达17.014亿美元，占总营收的78.7%。随着个性化需求越来越多样化，增值服务将继续在社会网络营收中发挥重要作用。

交易费是指社交平台跟其他商家合作，从中获得利润抽成。其中包括两种方式：第三方应用开发和融合电子商务。第三方开发的应用的利润主要是游戏及应用（APP）分成。网络游戏和游戏应用中的虚拟商品是中国社会网络利润来源之一。社会网络最早自己开发各种应用和组件，在虚拟道具销售中以网站增值服务币结算，例如开心网的开心币。现在它们大多允许第三方在自己网站上搭建APP程序，与其分成获益。2012年第3季度，人人网在线广告业务收入1 700万美元，在线游戏收入2 420万美元，分别占总体营收的33.7%、48%。

融合电子商务是最近几年兴起的一种盈利方式。社会网络的电子商务模式是通过建立网络购物平台等利用社会网络销售产品，从中收取提成盈利。该模式已有不少实践：人人网推出人人爱购平台；开心网引入特价机票查询、电影票、团购；豆瓣的图书比价和电影的选座购票功能等。另外社交、本地、移动（SoLoMo）模式也是一个很好的发展点，是移动社交网络的一个很好的盈利方式。它最早由约翰·杜尔首次提出。用户可以报道点名、身边团购、就近优惠和浪漫邂逅。

3 基于双边市场的社会网络业务模型的理论分析

社会网络的目标是利润最大化，这取决于从两边市场获得利润之和（通过它为两边所提供的功能）。因此社会网络中一个关键的问题是先培养和建设哪一边用户，也就是平台如何来平衡两边用户的需求以保证交易量最大——平台定价问题。Rochet和Tirole指出除了价格水平（平台两边的价格之和）之外，价格结构也同样会影响两边用户之间的交易量[11]。

价格结构决定了从两边赚取利润的相对增量。所以，平台定价成了双边市场的核心问题。平台对一边用户的定价不仅取决于用户需求及其边际成本，也取决于这边用户给另一边用户所带来的外部收益，也就是间接网络外部性的大小。而根据双边市场理论，平台对一边用户的定价还包括了另一边用户的需求弹性以及平台相应的边际成本。因此，平台对两边市场的定价结构就依赖于联合需求弹性和两边的边际成本。

本文提出的基于双边市场的社会网络业务模型首先研究垄断平台的定价方式下的定价策略，随后再扩展到多个平台竞争的情况。

3.1 垄断平台

a_1、a_2 表示平台两边用户和商家的网络外部性参数，n_1、n_2 表示平台两边的用户数量，p_s 表示平台收取的接入费用，p_t 表示平台按交易次数收取的交易费，平台为两边用户群提供服务的固定成本表示 f_1 和 f_2，每次交易的可变成本表示为 c_1 和 c_2。假设平台两边的交易次数分别在 $[0,t_1]$ 和 $[0,t_2]$ 上平均分布，t_1 和 t_2 属于外生变量，在模型的推导过程中认为是常量。业务模型参数列表如图3所示。这样在平台收取交易费的情况下，用户的效用函数表示为 $u_l=a_l n_m-p_s, l=1,2, m=1,2$，$n_m$ 表示平台另外一边用户的数量。在平台收取交易费的情况下，用户的效用函数表示为 $u_l=a_1 n_m-p_t(t_l/2)$。平台采用两步收费制的情况下，效用函数表示为 $u_l=a_1 n_m-p_s-p_t(t_l/2)$。

（1）只有成员外部性，没有使用外部性（平台对两边收取一定的接入费，没有交易费）的情况

现在的社交网络商们对于广告商多是采取这种定价方式。

Armstrong[12]给出了这一情况的研究，$u_l=a_l n_m-p_s$，考虑到 n_m 也是 u_m 的函数，可以得出：

$$p_s=a_l n_m-u_l=a_l\varphi_m(u_m)-u_l \quad (1)$$

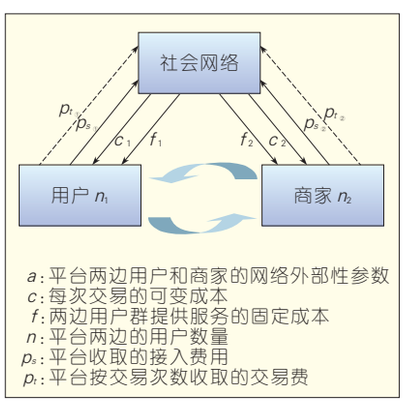
平台利润表示为：

$$\sigma=[a_1\varphi_2(u_2)-u_1-f_1]\varphi_1(u_1)+[a_2\varphi_1(u_1)-u_2-f_2]\varphi_2(u_2) \quad (2)$$

对 u_1 和 u_2 求导可得：

$$p_s=f_l-a_m\varphi_m(u_m)+\frac{\varphi_l(u_l)}{\varphi_l'(u_l)} \quad (3)$$

即对用户收取的费用：



▲图3 基于双边市场的社会网络平台的理论分析模型

$$p_{s_1}=f_1-a_2\varphi_2(u_2)+\frac{\varphi_1(u_1)}{\varphi_1'(u_1)} \quad (4)$$

对商家收取的费用：

$$p_{s_2}=f_2-a_1\varphi_1(u_1)+\frac{\varphi_2(u_2)}{\varphi_2'(u_2)} \quad (5)$$

可以得出在这种情况下，对于用户而言，如果平台提供服务成本 f_1 比较低，而且平台另一边的广告商数量 $\varphi_2(u_2)$ 众多，而用户对广告商的影响一般是正面的（$a_2>0$），因此平台通常会对用户实行补贴或者免费以吸引大量的用户加入社会网络平台，并通过交叉网络外部性吸引广告商到平台上交易。但由于广告商对用户的网络效应 a_1 一般是负的（用户一般对广告都感到反感）即广告数量的增加会降低用户的数量，所以一般会给广告商一个比较高的接入价。

（2）既有成员外部性，又有使用外部性（既收取接入费又收取交易费）的情况

一般对商家另一边是第三方软件商或电商的情况下采取这种方式。

平台用户和商家的期望效用函数分别为：

$$u_1=a_1n_2-p_{s_1}-p_{t_1}(t_1/2) \quad (6)$$

$$u_2=a_2n_1-p_{s_2}-p_{t_2}(t_2/2) \quad (7)$$

则可以推出：

$$p_{s_1}=a_1\varphi_2(u_2)-p_{t_1}(t_1/2)-u_1 \quad (8)$$

$$p_{s_2}=a_2\varphi_1(u_1)-p_{t2}(t_2/2)-u_2 \quad (9)$$

平台利润函数：

$$\sigma=(p_{s_1}-f_1)\varphi_1(u_1)+(p_{s_2}-f_2)\varphi_2(u_2)+[(p_{t_1}-c_1)(t_1/2)\lambda\varphi_1(u_1)+(p_{t_2}-c_2)(t_2/2)\lambda\varphi_2(u_2)]/2 \quad (10)$$

其中 λ 代表交易匹配的概率，是一个外生变量。它的大小由平台所使用的技术决定，只有平台自身才了解。例如豆瓣网向用户推荐的图书与用户的兴趣越接近则 λ 越大。

将（8）、（9）代入（10）求解得到：

$$p_{s_1}=f_1+\frac{\varphi_1}{\varphi_1'}-a_2\varphi_2-\frac{1}{4}\lambda t_1(p_{t_1}-c_1) \quad (11)$$

$$p_{s_2}=f_2+\frac{\varphi_2}{\varphi_2'}-a_1\varphi_1-\frac{1}{4}\lambda t_2(p_{t2}-c_2) \quad (12)$$

一般在这种情况下，我们看到平台收取的接入费随着平台另外一边网络外部性（a_1、a_2 均大于0）和另一边用户数的增大而减少。匹配度的提高（λ 增大）会导致接入费用的降低，这表明匹配度的提高增加了用户的交易次数。平台倾向于以收取用户的交易费为重点，从而降低接入费以吸引更多的用户到平台上交易。对于另一边的商家也是如此。

3.2 竞争平台

接着我们考虑多平台竞争对定价策略的影响。为了计算方便，我们主要考虑采用两个对称定价方式的平台之间竞争在均衡状态下的定价公式、平台利润，这里假设两个平台在同一个边采用相同的定价方式和相同的定价公式。模型采用了标准的 Hotelling 模型。

假设两个平台位于线段[0,1]的两端，两边的用户在线段上均匀分布。d_l 表示平台两边的差异，$l=1,2$，假设两边的用户在两个平台上都是单归属，即每个用户只会在一个平台上注册交易，而不会同时在两个平台上交易。两个边的单个用户的预期交易次数 $t_1=t_2=t$。u_l^i 和 u_l^j 表示 l 边的一个用户在平台 i 和 j 的效用。假设两个边的用户数之和都是1，即 $n_1^1+n_1^2=1$，$n_2^1+n_2^2=1$，其中上标表示平台的序号，下标表示边的序号。

根据 Hotelling 模型，两个平台所吸引的用户数量是：

$$n_l^i=\frac{1}{2}+\frac{u_l^i-u_l^j}{2d_l},\quad i,j,l=1,2 \quad (13)$$

（1）只有成员外部性，没有使用外部性（平台对两边收取一定的接入费，没有交易费）的情况

$$u_l^i=a_ln_m^i-p_l^i \quad (14)$$

将（14）式代入（13）中得到：

$$n_1^i=\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\frac{a_1(p_2^j-p_2^i)+d_2(p_1^j-p_1^i)}{d_1d_2-a_1a_2}$$

$$n_2^i=\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\frac{a_1(p_1^j-p_1^i)+d_2(p_2^j-p_2^i)}{d_1d_2-a_1a_2}$$

展开（15）式可以得到两个平台分别在两边获得的市场份额：

$$n_1^1=\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\frac{a_1(p_2^2-p_2^1)+d_2(p_1^2-p_1^1)}{d_1d_2-a_1a_2}$$

$$n_2^1=\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\frac{a_1(p_1^2-p_1^1)+d_2(p_2^2-p_2^1)}{d_1d_2-a_1a_2} \quad (15)$$

$$n_1^2=\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\frac{a_1(p_2^1-p_2^2)+d_2(p_1^1-p_1^2)}{d_1d_2-a_1a_2}$$

$$n_2^2=\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\frac{a_1(p_1^1-p_1^2)+d_2(p_2^1-p_2^2)}{d_1d_2-a_1a_2}$$

平台 i 的利润函数：

$$\sigma^i=(p_1^i-f_1)n_1^i+(p_2^i-f_2)n_2^i$$

对每个平台，π^i 是 $(p_1^i,p_2^i,p_1^j,p_2^j)$ 的函数，对于平台 i，需要在既定价格对 (p_1^j,p_2^j) 的情况下选择价格对 (p_1^i,p_2^i) 使得平台利润最大化。经过极值条件的求解，得到在 $4d_1d_2\geqslant(a_1+a_2)^2$ 的情况下，σ^i 存在极大值。

为简便计算，考虑对称均衡的情况，假设 $p_1^1=p_1^2=p_1$，$p_2^1=p_2^2=p_2$。

将利润函数对 p_1 和 p_2 求导得到两个反映函数的方程，联立求解得到均衡状态下的定价公式：

$$p_{s_1}=f_1+d_1-a_2,$$

$$p_{s_2}=f_2+d_2-a_1 \quad (16)$$

每个平台的利润：$\sigma_s=(d_1+d_2-a_1-a_2)/2$。

由此可见用户和商家间网络外部性的增强会降低平台的利润。平台对用户和商家提供服务的差异化程度的提高会提高平台的利润。因此，平台在竞争时一般会倾向于选择差异化经营，以提高平台利润。

（2）既有成员外部性，又有使用外部性（既收取接入费又收取交易费）平台之间竞争的情况

由上面可知，两边用户的效用：$u_l^i=a_ln_m^i-p_{s_l}^i-p_{t_l}^i(t_l/2)$，其中 p 的下标 s 表示接入费，t 表示交易费。将上式代入（13）：

$$n_1^i=\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\frac{a_1\left(p_{s_1}^j-p_{s_1}^i+(t_2/2)\left(p_{t_2}^j-p_{t_2}^i\right)\right)+d_2\left(p_{s_1}^j-p_{s_1}^i+(t_2/2)\left(p_{t_1}^j-p_{t_1}^i\right)\right)}{d_1d_2-a_1a_2}$$

$$n_2^i=\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\frac{a_2\left(p_{s1}^j-p_{s_1}^i+(t_2/2)\left(p_{t_2}^j-p_{t_2}^i\right)\right)+d_1\left(p_{s_1}^j-p_{s_1}^i+(t_2/2)\left(p_{t_1}^j-p_{t_1}^i\right)\right)}{d_1d_2-a_1a_2}$$

平台利润函数：

$$\sigma^i=\left(p_{s_1}^i-f_1\right)n_1^i+\left(p_{s_2}^i-f_2\right)n_2^i+\left[\left(p_{t_1}^i-c_1\right)\left(t_1/2\right)\lambda n_1^i+\left(p_{t_2}^i-c_2\right)\left(t_2/2\right)\lambda n_2^i\right]/2$$

在对称均衡的条件下，假设 $p_{s_1}^1=p_{s_1}^2=p_{s_1}$，$p_{s_2}^1=p_{s_2}^2=p_{s_2}$，$p_{t_1}^1=p_{t_1}^2=p_{t_1}$，$p_{t_2}^1=p_{t_2}^2=p_{t_2}$ 得到定价公式如下：

$$p_{ds_1}=f_1+d_1-a_2-\frac{\lambda t}{4}\left(p_{t_1}-c_1\right)$$

$$p_{ds_2}=f_2+d_2-a_1-\frac{\lambda t}{4}\left(p_{t_2}-c_2\right)$$

每个平台利润：$\sigma_d=\left(d_1+d_2-a_1-a_2\right)/2$

我们可以得到，平台对用户和商家提供服务的差异化程度和两边用户的网络外部性对于利润的影响跟上面一种情况是相似的。

4 用户参与社会网络的激励机制

一个社会网络的价值取决于已有的用户。越多的用户使用，每个用户可以从网络获得的效用更多。用户数量的增长将驱动社会网络总效用的二次增长。而这也与社会网络应用的重点是用户的交互和参与相符合。因此，能否吸引大规模的用户群体（包括用户和商家）对社会网络的成功是至关重要的。

现在很多研究者致力于研究激励机制来，吸引用户加入到社会网络中来，并让这些用户能一直使用社交网络。文献[13]从网络外部性和激励理论来分析说明用户为什么加入社会网络应用。文献[14]从双边市场的角度提出了一种集成的概念模型来分析用户采用移动电子商务的行为。

一般而言，对用户侧来说，用户对社会网络的采纳是个典型的技术接受问题。技术接受模型（TAM）是Davis在Fishbein的理性行为理论（TRA）和计划行为理论（TPB）的基础上提出的[15]。根据理性行为理论，用户态度足以影响其行为意向，而行为意向与实际用户行为被认为是具有较高的相关性。更进一步，将理性行为理论中的信念具体划分为感知有用性（U）和感知易用性（EOU）。感知有用性指用户主观认为使用该系统能提高其工作绩效的程度，感知易用性指用户认为系统易用的程度。这一理论被用来解释用户对信息技术的接受情况。而计划行为理论将感知行为控制扩充到理性行为理论中，认为感知行为控制态度、主观规范都对用户行为意向有决定性影响，该理论也提出用户行为意向与实际行为存在高度相关性。

而对于商家侧而言（如开发者、广告商等），吸引其参与社交网络的动机可以采用TOE框架和IDT结合的理论来分析[16-17]，在TOE-IDT结合的框架中，特定组织（商家）对社交网络平台使用决策由下面因素决定：平台的创新特性（平台的特色、兼容性、费用以及安全等）以及商家自身的特点（规模、竞争压力以及针对的特定用户群体等）。

在以上理论启发下，针对社交网络的特点，本文初步提出了基于双边市场的用户参与的激励模型，以期能更好地激励用户参与社交网络应用。社会网络激励模型如图4所示。

研究和应用领域广泛使用动机理论来解释个体为什么接受并使用某种特定的信息技术。一般而言，动机理论，可以划分为外部动机和内部动机。外部动机指显式地来自外部的，由外部的奖励、环境或其他用户的压力所带来的激励；内部动机是指来自内部的，由兴趣或用户进行某种活动所带来的乐趣所驱动的激励[18]。

外部激励包括，虚拟货币构建声誉等。

内部激励，如用户感觉到他们的贡献对于社会网络应用是重要的或得到了显式地标示，用户会更加努力的参与到社会网络应用中[19]。

特别的，社交网络应用往往通过口碑推荐（WOM）来激励用户使用。与其他向消费者传递信息的方式如广告等不同的是，口碑宣传：对消费者而言具有较高的可信度，主要通过消费者个人的社会关系网络而不是大众媒体的渠道来传播关于产品或服务的信息。因此，一般而言，通过用户之间的口碑宣传来减少关于产品的信息不对称，提高企业的信誉进而促进产品的销售的效果比广告、专家评价等其他方式好。

对于新服务或产品，口碑对用户起到更大的促进作用，原因在于这些服务或产品没有形成稳定庞大的顾客群，绝大多数消费者对该产品还没有认识。而听取已用用户（尤其是具有社会关联的已使用用户）的评价是潜在用户决定是否参与的一个重要依据。

基于WOM的社交网络用户使用激励的5个原则[20]。社交网络应用对于不参与WOM的用户也是有用的，如果没有体验过特定社交网络应用的好处（技术优点、有用性、易用性等），大部分的人不会邀请其他人加入社交网络应用。期望用户采用WOM模式来，扩展社交网络用户规模的前提条件是社交网络应用对所有用户都是有用的，使邀请变得轻松

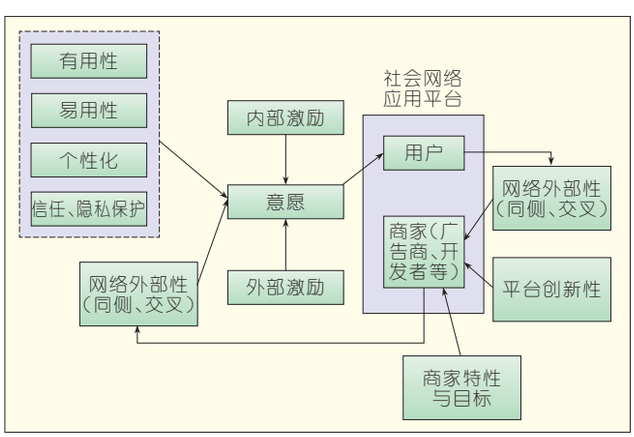


图4 社会网络激励模型

易行。

经常采用奖励方式。一般而言，仅仅奖励邀请行为，会使邀请者存在罪恶感。因此不仅需要奖励邀请者，而且对被邀请加入社交网络应用的新用户也提供适当的奖励，从而实现双赢。

将控制权交给用户，类似病毒的WOM营销模式与用户的隐私保护是相反的两个方面。因此，尊重用户的隐私，将邀请的控制权完全交给用户。采用持续的方式来不断吸引用户的参与和贡献。比如，以友好的、不干扰的方式，持续的给用户发送有用的数据和信息来鼓励用户投入更大的精力来使用社交网络应用。

5 结束语

本文对当前社会网站的盈利机制做了深入分析，认为社会网络具有双边市场的典型特征。并深入研究了基于双边市场的社会网络业务模型。得出：

（1）由于社会网络用户边对商家有正的网络外部性，所以平台运营商倾向于对用户实行价格补贴，一般来说就是对用户不收取接入费用。

（2）商家对用户的负网络外部性越大，用户对商家的正网络外部性越大，都会使平台商提高对商家的定价水平。

（3）平台对第三方软件或电商的定价视情况而定。第三方插件商和电商对用户的正网络外部性一般是正面的，所以平台会降低对他们的接入费，主要依靠交易费来赚钱。

（4）多平台竞争时平台提供的差异化服务水平越高，利润越高。社交平台只能提高差异化服务水平，赢得用户的肯定和信赖，才能真正提高利润水平。

社会网络的价值取决于已有的用户数目。用户数量的增长将驱动社会网络总效用的二次增长。所以我们在总结现有的社会网络激励机制的基础上，提出了基于双边市场的用户参与的激励模型。本文得出的结论富有启发性，希望对社会网络中的盈利机制和业务模型研究和应用具有指导意义。

参考文献

[1] BENEVENUTO F, RODRIGUES T, CHA M, et al. Characterizing user navigation and interactions in online social networks [J]. Information Sciences, 2012, 195(7): 1–24.
[2] HEIDEMANN J, KLIER M, PROBST F. Online social networks: A survey of a global phenomenon [J]. Computer Networks, 2012, 56(18):3866–3878.
[3] LIU J Y. Profit Models of Social Networking Service [C] //Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Management and Service Science(MASS),12–14 Aug, 2011, Wuhan, China: IEEE, 2011:1–4. doi: 10.1109/ICMSS.2011.5999095.
[4] 甘建辉. SNS网站定价模型及价格影响因素研究——基于双边市场理论视角 [J]. 商品与质量: 理论研究, 2012 (S8): 59–60.
[5] EVANS D S, SCHMALENSEE R. The Antitrust Analysis of Multi–Sided Platform Businesses [R]. National Bureau of Economic Research, 2013.
[6] ZINGAL F, BECKER F. Drivers of optimal prices in two–sided markets: the state of the art **[J].** Journal f ü r Betriebswirtschaft, 2013, 63(2):87–116. doi: 10.1007/s11301–012–0091–8.
[7] SEN S, GUERIN R, HOSANAGAR K. Functionality–rich versus minimalist platforms: A two–sided market analysis [J]. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 2011, 41(5): 36–43. doi: 10.1145/2043165.2043171.
[8] MITRA P, BAID K. Targeted advertising for online social networks [C] //Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Networked Digital Technologies(NDT), 28–31 July, 2009, Ostrava: IEEE, 2009: 366–372.
[9] RAIVIO Y, LUUKKAINEN S. Mobile Networks as a Two–Sided Platform–Case Open Telco [J]. Journal of theoretical and applied electronic commerce research, 2011, 6(2): 77–89.
[10] LEHDONVIRTA V. Virtual item sales as a revenue model: identifying attributes that drive purchase decisions [J]. Electronic Commerce Research, 2009, 9(1–2): 97–113. doi: 10.1007/s10660–009–9028–2.
[11] ROCHET J C, TIROLE J. Two–sided markets: a progress report [J]. The RAND Journal of Economics, 2006, 37(3): 645–667.
[12] 纪汉霖. 双边市场定价方式的模型研究 [J]. 产业经济研究, 2006, 20(4): 15–24.
[13] LIN K Y, LU H P. Why people use social networking sites: An empirical study integrating network externalities and motivation theory [J]. Computers in Human Behavior, 2011, 27(3): 1152–1161.
[14] GUO X, ZHAO Y, JIN Y, et al. Two–sided Adoption of Mobile Marketing Platforms: Towards an Integrated Conceptual Model [C] //Proceedings of the 2010 IEEE International Conference on Mobile Business and 2010 Ninth Global Mobility Round table (ICMB–GMR), 13–15 June, 2010, Athéns: IEEE, 2010:474–480.
[15] BENBASAT I, BARKI H. Quo vadis, TAM [J]. Journal of the Association for Information Systems, 2007, 8(4): 211–218.
[16] ZHU K, KRAEMER K L, DEDRICK J. Information technology payoff in e–business environments: an international perspective on value creation of e–business in the financial services industry [J]. Journal of Management Information Systems, 2004, 21(1): 17–54.
[17] ZHU K, DONG S, XU S X, et al. Innovation diffusion in global contexts: determinants of post–adoption digital transformation of European companies [J]. European Journal of Information Systems, 2006, 15(6): 601–616. doi: 10.1057/palgrave.ejis.3000650.
[18] VASSILEVA J. Motivating participation in social computing applications: a user modeling perspective [J]. User Modeling and User–Adapted Interaction, 2012, 22(1–2): 177–201. doi: 10.1007/s11257–011–9109–5.
[19] LING K, BEENEN G, LUDFORD P, et al. Using social psychology to motivate contributions to online communities [J]. Journal of Computer – Mediated Communication, 2005, 10(4): 01.
[20] Key Ingredients To Make Your App Go Viral. [EB/OL]. (2013–11–05). http://mobile.smashingmagazine.com/2013/08/19/key–ingredients–to–make–your–app–go–viral/.

作者简介

汤婧，南京邮电大学在读硕士研究生；研究方向为对等网络、移动社交网络；已发表论文2篇。

蔡敏敏，南京邮电大学在读硕士研究生；研究方向为宽带信息网络、对等网络、移动社交网络。

王玉峰，南京邮电大学教授、日本国家信息通信技术研究院特聘研究员、日本早稻田大学媒体研究所客座研究员、江苏省无线通信重点实验室副主任、北京邮电大学网络与交换技术国家重点实验室客座研究员；研究方向为宽带信息网络、对等网络、移动社交网络；已发表论文20余篇，其中SCI检索文章15篇。

DOI:10.3969/j.issn.1009-6868.2014.01.010
网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20140113.1730.002.html

M2M的业务范畴及其技术发展

M2M: Business Scope and Technical Development

中图分类号:TP393 文献标志码:A 文章编号:1009-6868 (2014) 01-0044-04

摘要:指出M2M是使用电信运营商提供的网络和业务支撑平台并提供给其他各种规模垂直行业的公共物联网,它是物联网应用的一个子集。M2M的主要技术包括Thing-based M2M技术、机器对机器直接通信技术和M2M通信网技术。M2M市场潜力巨大,但还存在很多不确定因素,需要我们开展更多研究。

关键词:机器对机器;物联网;机器类型通信;传感器;无线射频识别

Abstract: M2M is a kind of IoT that supports all kinds of vertical industry applications that are based on a telecommunication network and a telecommunication service platform. M2M application is a subset of IoT applications. The main M2M technologies are thing-based M2M technology, technology for direct communication between machine and machine, and M2M communication network technology. The M2M market has great potential, but there is still much uncertainty and more research needs to be done.

Key words: M2M; internet of things; machine-type communication; sensor; radio frequency identification

续合元/XU Heyuan

(工业和信息化部电信研究院通信标准研究所,北京 100191)
(The Research Institute of Telecommunications Transmission, MIIT, Beijing 100083, China)

- M2M业务支撑平台和终端之间的管理和维护协议、业务传送的协议需要构建
- 通信网的应用服务体系同样适用于物联网的应用服务体系
- M2M通信也需要管理M2M终端,未来UPnP可以用来为之服务

随着物联网应用日趋广泛,"M2M"也成为伴随物联网在信息通信领域中最热门的词汇,M2M应用、M2M业务、M2M平台等名词和术语层出不穷。如果把这些名词术语中的M2M替换为物联网,它们也是行业的高频词汇,而且这些词汇的内涵和M2M相关词汇的内涵非常相近。可以看出,物联网和M2M的内涵和外延非常接近,也说明了目前物联网和M2M的产业界线、业务研究范围、技术发展方向仍然没有特别清晰的认识。

1 M2M国际标准化现状

1.1 ITU-T

国际电信联盟远程通信标准化组织(ITU-T)M2M焦点组(FG M2M)首次会议于2012年4月17—18日在日内瓦召开。会议吸引了众多医疗和信息、通信和技术(ICT)领域的专家参与,共同探讨垂直医疗市场的M2M标准化需求。焦点组的工作集中在医疗领域中M2M的应用,并据此分为3个工作组:第1工作组负责M2M使用案例和业务模型;第2工作组负责确定M2M业务层的要求和架构框架;第3工作组负责M2M应用程序接口(API)和协议,其工作将在前两个工作组完成相关工作后逐步开始,目前主要是研究M2M业务层的需求和M2M业务层支持下的e-health。

ITU-T M2M焦点组的研究报告没有给出M2M的准确范畴和定义,目前只是给出M2M业务层研究的范畴,即处于物联网网络层和应用层的功能。

1.2 OneM2M

为了促进国际物联网标准化活动的协调统一,减少重复工作,降低企业生产及运营成本,保障各行业的物联网应用,从而推动国际物联网产业持续健康发展,2012年7月,由中国通信标准化协会(CCSA)、日本的无线工业及商贸联合会(ARIB)和电信技术委员会(TTC)、美国的电信工业解决方案联盟(TIS)和通信工业协会(TIA)、欧洲电信标准化协会(ETSI),以及韩国的电信技术协会(TTA)等7家标准组织推进成立了OneM2M。OneM2M专注于物联网业务层标准的制订,并致力于M2M设备在全球范围内实现互通的技术规范和相关报告的制订。

OneM2M已经成立了需求

收稿日期:2013-11-01
网络出版时间:2014-01-13

(WG1)、架构(WG2)、安全(WG3)、管理和语义(WG4)4个工作组。目前具体工作项目(WI)有:M2M需求、M2M术语、M2M架构3个项目,并有两个内部项目,分别对应用场景和标准组织提交的架构融合问题进行相关研究。

1.3 3GPP

第三代合作伙伴计划(3GPP)对M2M的研究聚焦在通过移动通信网络进行数据传输的机器通信,既MTC。3GPP从R10开始对MTC进行相关的标准化工作,目前R10阶段的工作已经完成,R11的相关标准研究接近尾声,R12的研究工作开始启动。R10阶段的标准化重点是移动通信核心网拥塞控制的优化;R11阶段的标准化涉及的内容包括MTC架构、标识、寻址、设备触发、RAN的拥塞控制;R12阶段则重点关注小数据和设备触发、监控增强、UE低功耗优化、基于组的优化。MTC是不需要人干预的一个或多个实体之间的数据通信,可以看出MTC实际就是我们平常说的M2M通信。

1.4 ETSI

欧洲电信标准化委员会(ETSI)M2M工作组于2008年成立,以欧洲运营商主导,吸引了来自欧、美、中、日、韩等地区或国家的电信和ICT行业的参与,以制造商、网络运营商为主(分别占59%、26%),也包括研究团体、政府管理机构、大学和一些最终用户。ETSI M2M TC的主要研究目标是从端到端的全景角度研究机器对机器通信,并与ETSI内电信和互联网融合业务及高级网络协议(TISPAN)及3GPP已有的研究进行协同工作。

目前ETSI M2M Release 1核心的3个系列标准已经发布:M2M需求(ETSI TS 102 689)、M2M功能架构(ETSI TS 102 690)和M2M接口描述(ETSI TS 102 921)。OneM2M成立后,ETSI M2M的标准化成果将转移到OneM2M中继续研究,ETSI主要维护欧洲地区标准事务。

2 M2M内涵及边界

M2M的范畴也在不断放大,例如有人把M2M的缩略语解释为机器对机器、人对机器或机器对人,这也就意味着M2M与物联网的目标类似,都是提供未来人与物、物与物的通信。特别是OneM2M标准组织的成立,从名称上就彰显出"一个"M2M就能够提供所有与机器相关的应用和业务,这似乎与物联网的目标和业务范畴一样。因此从产业、技术和标准化发展的角度有必要说明M2M的内涵及其与物联网的关系。

物联网目前还没有大规模的应用,目前应用主要集中于各种小规模的垂直行业应用以及基于公众通信网支撑的应用中。物联网是在现有通信网的基础上,通过增强网络末梢的感知能力和应用层的信息处理能力来实现应用需求,因此通信网的应用服务体系同样适用于物联网的应用服务体系,即基于公众通信网(包括电信网和互联网)增强其感知能力构建公共物联网。

公共物联网不仅可以提供公众物联网应用,还可以使其他服务行业共享这种公共信息基础设施,避免不同的行业物联网重复建设;而电力、交通等行业的信息化程度相对较高,又有其自身特殊的、封闭的应用需求,它们将基于各自现有行业的信息通信网络建设来发展行业专属的物联网,智能电网、智能交通(ITS)、智能工业将是这些行业专属物联网应用发展的目标,如图1所示[1-3]。

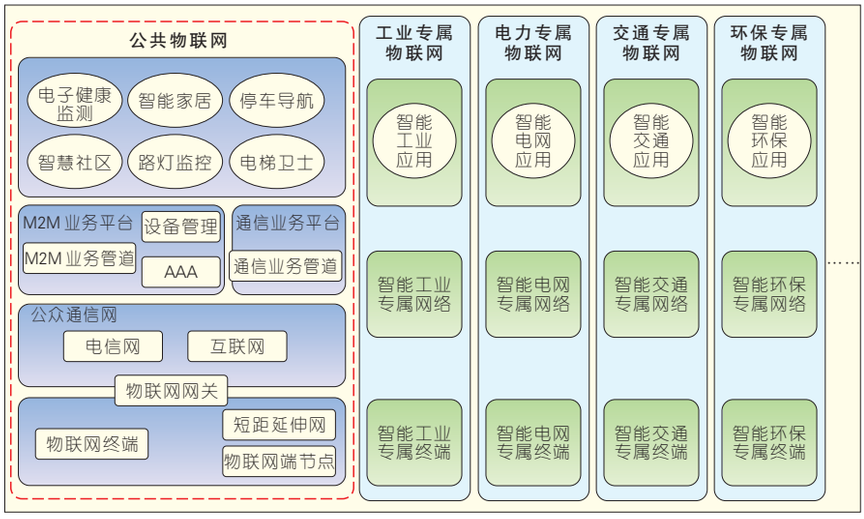
这种公共物联网的应用提供方式不同于专属物联网的应用提供方式,它是开放、共享信息通信基础设施给应用提供者,因此从标准化的角度,有必要把这种方式与其他专属物联网应用提供的方式区别开。M2M近年来成为全球电信运营商广泛使用的词汇,电信运营商希望通过网关实现电信网与传感器网络等末梢延伸网的连接,从而实现公众通信网连接各种感知物理世界的感知设备,例如传感器、射频识别(RFID)装置,这种使用电信运营商提供的网络和业务支撑平台而提供各种小规模垂直行业应用的公共物联网,我们可以把它称为M2M。如果说物联网是一个全集,那么M2M就是基于电信运营商驱动的物联网业务应用,应该是物联网应用的一个子集。

3 M2M的主要技术

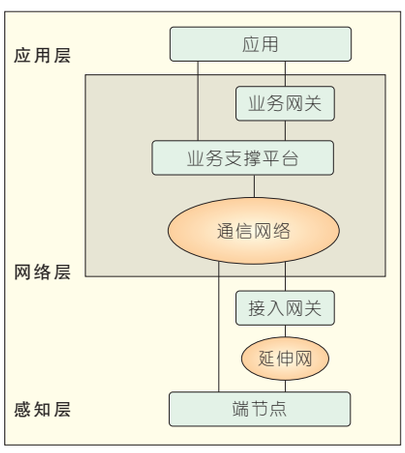
3.1 Thing-Based M2M

图2是中国通信标准化协会基于电信运营商在物联网应用方面的实践制订的现阶段物联网总体框架。由于现阶段各行各业都在物联网的旗帜下发展各自的行业信息化应用,因此图2中虽然示意的是物联网,但实际就是电信运营商驱动的物联网应用——M2M。

端节点和通信网之间建立网络连接的方式有两种:一种是直接连接方式,端节点向通信网直接进行注册认证,并从网络获取所需要的标志或地址等信息;另一种方式是通过接入网关和通信网建立连接,此时接入网关作为端节点和通信网之间的连接媒介和连接中转节点,同时向端节点提供必要的连接配置信息,而对于接入网关中继端节点到通信网之间的连接,某些端节点可能只具有近距离通信功能,为了连接到广域通信网络,需要通过延伸网和接入网关实现到广域网的接入。另外一种典型需求是利用接入网关来实现网络连接的汇聚和信息的汇聚,并简化网络连接和相应管理等。延伸网络位于端节点与接入网关之间,主要是在现有网络基础上实现通信的进一步延伸,使通信的覆盖区域和服务领域得到扩展。为了实现对各种物联网端节点的接入,特别是工作在特定环境或



▲图1 物联网应用服务体系



▲图2 M2M网络架构

场景下的智能节点设备的接入，延伸网络通常会利用各种近距离技术、自组织组网技术等，通过多跳转发等方式，来实现信息的传递，同时业务支撑平台负责向应用提供一些共性的能力和支撑，并提供开放的接口，使应用可以接入和使用网络资源和能力。通过向具体应用屏蔽底层具体网络实现，可以简化和降低上层应用开发和部署的复杂度。应用可能由第三方运营，在这种情况下，可以通过业务网关来实现应用的安全接入，此时业务网关来屏蔽物联网网络结构，对应用进行认证和授权，并可以提供统一的应用程序编程接口（API）接口等[4]。

目前典型的应用是利用物联网端节点（如传感器、RFID、视频采集器等）采集物理世界中的信息，然后经接入网关传送到应用层的服务器进行分析处理，再提供相应的应用。因此这种应用并非如M2M缩略语中的意思，提供机器到机器直接通信应用，因此我们就把它称作为Thing-based M2M。

Thing-based M2M应用基本还是综合利用现有的信息通信技术（包括现有的信息采集技术、信息传递技术）提供应用，而接入网关和业务支撑平台则是需要重新构建功能或设备，此外由于电信运营商作为M2M平台的业务提供者需要管理和维护终端，因此M2M业务支撑平台和终端之间的管理和维护协议、业务传送的协议也需要构建。中国电信运营商，例如中国电信、中国移动都为之定义了企业协议。中国电信M2M通信协议称之为M2M终端管理协议（MDMP），中国移动M2M通信协议称之为无线M2M协议（WMMP）通信协议，设计这些协议的目的是为了屏蔽不同应用在延伸网使用的不同技术协议，在接入网关、M2M终端与业务支撑平台之间使用统一的协议实现M2M终端管理、控制和数据转发的功能。虽然这些技术已经具备，但是从技术标准的角度看，M2M平台和M2M通信协议由于不同运营商定义了不同的企业标准，因此还需要进一步的行业标准化[5]。

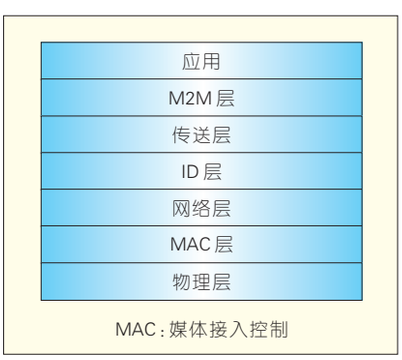
3.2 机器对机器通信

通信网络技术的出现和发展，给社会生活带来了极大的变化，越来越多的设备需要通信和连网。目前仅仅是计算机和其他一些IT类设备具备与其他机器的直接通信的能力，众多的普通机器设备几乎不具备联网和其他机器直接通信的能力，例如工业设备、仪器仪表、家电、车辆、自动售货机、工厂设备等。M2M技术的目标就是使所有机器设备都具备连网和通信能力，预计未来用于人对人通信的终端可能仅占整个终端市场的1/3，而更大数量的通信是机器对机器的直接通信业务。事实上，目前机器的数量至少是人类数量的4倍，因此M2M具有巨大的市场潜力[6]。

M2M通信将由M2M层、传送层、ID层、网络层、媒体接入控制（MAC）层、物理层构成，如图3所示。

M2M层是为了实现采用不同语言的应用之间通信，而需要在网关设置代理实现语言翻译而设计的通信层，目前可用的协议有UPnP、DPWS、CoAP。

传送层将用于提供端到端的性能保证，特别是按序并有一定的可靠性传送，因此在提供M2M应用时，传送层根据应用对服务质量（QoS）的要求可以是任选；ID层是对传统输控制



▲图3 M2M直接通信的协议栈

协议/因特网互联协议(TCP/IP)协议栈簇增加的的标识层。由于IP作为全球寻址的技术出现,不仅用于标记“位置”,还用于标记“标志(资源名)”,目前业界正在研究位置与标识的分离;网络层用于分组包的寻址,目前基本还是采用IP的技术(可能是IPv4或IPv6);MAC层和物理层决定于通信网具体采用的通信技术。

(1)UPnP

通用型即插即用(UPnP)是即插即用(PnP)的扩展,它可发现和控制各种网络设备,如网络打印机、Internet网关等,并能提供相应服务。但UPnP不是即插即用的简单扩展,它支持“0配置”和无线网络,可自动发现其他供应商提供的设备。在UPnP协议下,一个设备可动态加入网络,获得IP地址,广播其功能,并了解其他设备的功能。很多种类的设备都可以使用UPnP协议,包括智能设备、无线设备。UPnP使用标准的TCP/IP和Internet协议,能够很好地在现存网络中使用。使用这些标准协议使UPnP从已有的各种经验和知识中获利,打破各种信息孤岛,越过各种物理层,具有设备间的相互协作基本特点。M2M通信也需要管理M2M终端,未来UPnP可以用来为之服务。图4是UPnP协议栈。

(2)DPWS

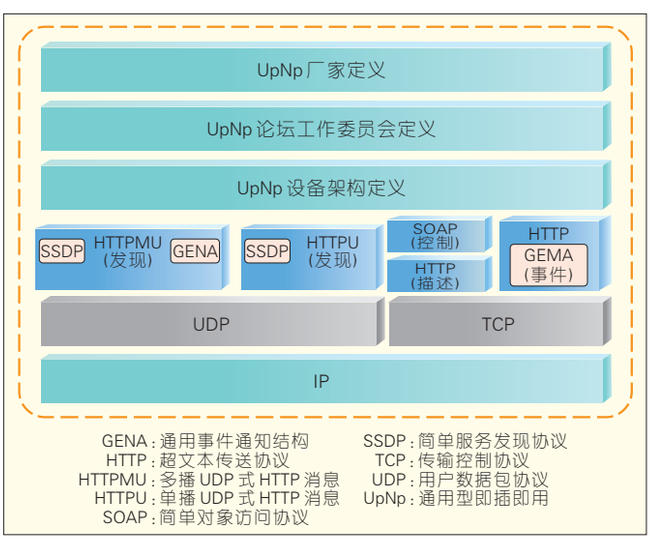
设备的Web服务(DPWS),它定义了在资源有限的终端上使用的、用于实现安全的Web服务的最小接口集。Windows Vista上内置了DPWS的客户端类库(WSDAPI),那些支持DPWS的设备(比如常见的某些支持DPWS的打印机)自动出现在Windows Vista的Network Explorer中。从某种程度上说,DPWS是UPnP的Web服务实现,未来M2M通信也需要用来管理M2M终端,因此DPWS可以用来为之服务。图5所示为DPWS的协议栈。

(3)CoAP

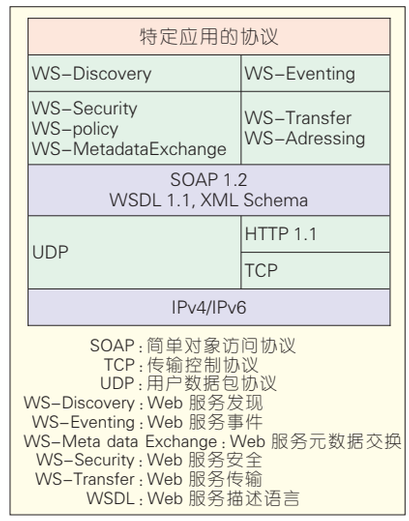
CoAP是一种面向网络的协议,它采用了与HTTP类似的特征,核心内容为资源抽象、指表述性状态转移(REST)式交互以及可扩展的头选项等等。

HTTP作为IETF成功长期采用的标准,可以用较小的脚本程序来融合不同的资源和服务,并且它提供的互操作性正是物联网的关键讨论内容,因此它被推向设备层面。由于HTTP基于TCP传输协议,采用点对点的通信模型,因此不适合推送通知服务,而且对于资源能力受限的设备来说也过于复杂。

CoAP协议基于REST构架,是互联网资源访问协议的一般性设计风格。为了克服HTTP对于受限环境的劣势,CoAP需要考虑到数据报长度的最优化以及可靠通信。一方面,CoAP提供统一资源标志符(URI),REST式的方法(如GET,POST,PUT和DELETE),以及可以独立定义的头选项提供的可扩展性。另一方面,CoAP基于轻量级的UDP协议,允许IP多播,而组通信是M2M最重要的需求之一。为了弥补UDP传输的不可靠性,CoAP定义了带有重传机制的事务处理机制,并且提供资源发现机制。CoAP协议不是盲目压缩了HTTP协议,考虑到资源受限设备的低处理能力和低功耗限制,CoAP重新设计了HTTP的部分功能以适应设备的约束条件。另外,为了使协议适应M2M应用,CoAP协议改进了一些机制,同时增加了一些功能。图6显示了HTTP和CoAP的协议栈。CoAP和HTTP在传输层有明显的区别。HTTP协议的传输层采用了TCP协议,而CoAP协议的传输层使用UDP协议,开销明显降低,并支持多播。



◀图4 UPnP协议栈



▲图5 DPWS协议栈

3.3 M2M对通信网的技术需求

M2M应用具有海量终端接入和小数据频发等特点,但是目前的移动通信网的设计是针对人类的通话设计,因此直接使用现有的移动通信技

➡下转第53页

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6868.2014.01.011
网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20130828.1557.001.html

基于云平台下的OTT TV的技术方案与发展趋势

Cloud OTT TV: Technical Solutions and Development Trends

吕达/LYU Da
徐火顺/XU Huoshun
(中兴通讯股份有限公司 云计算&IT研究院,南京 210012)
(ZTE Corporation, Cloud Compting&IT Institute, Nanjing 210012, China)

摘要:认为OTT TV不仅可以获得很好的用户体验,还可以把丰富的互联网业务引入到电视业务中,实现电视使用的丰富化和个性化,因此OTT TV已超越交互式网络电视(IPTV)成为广电行业的发展趋势。介绍了中兴通讯提出的低码高清与OTT TV多屏融合的解决方案,该方案即可以让运营商充分发展OTT业务,扩展更多的增值业务,实现盈利增长;又可以为用户提供随时随地且清晰流畅的视频体验,最大程度提升用户业务使用体验感受。

关键词:OTT;IPTV;云平台;低码高清

Abstract: OTT TV provides good user experience and converges the internet business with the television broadcasting business. OTT TV is a development trends in broadcasting industry. This paper introduces ZTE's low-bit HD and OTT TV solutions for multiscreen integration. This solution allows operators to fully develop their OTT business and expand value-added services in order to grow revenue. This solution provides users with clear, smooth video anytime and anywhere.

Keywords: OTT; IPTV; cloud platform; low bitrate HD

中图分类号:TN929.5 文献标志码:A 文章编号:1009-6868 (2014) 01-0048-06

1 OTT TV的诞生背景

随着互联网时代的到来,我们的生活正呈现出日新月异的变化,新的应用科技给传统业务模式带来了强猛的冲击,并给人们的生活工作习惯带来巨大的变革。伴随着各种智能终端的出现,媒体信息的共享与无缝传递成为可能,传统的家庭客厅已不再是电视机一霸天下的局面,各种数字设备与电视机一起共同构成现代家庭的数字客厅,同时多源化的信息获取也把人们从客厅里解放了出来,人们可随时随地享用新科技带来的便利。

近几年随着平板电脑的问世,又出现了除电视、手机、电脑屏之外的第4屏。跨设备的无缝对接、断点播放,随时随地的视频体验也因此成为时下的发展趋势。但从观看的舒适度来说,电脑、便携设备都不如电视,电视的高清大屏和丰富的节目源是广电的优势所在。有没有一种视频播放既能拥有电视的优势,又能集合互联网主动性的优势呢?这就是OTT互联网电视,它通过HTTP协议能让任何一个用户直接联网看电视,终端可以是电视机、电脑、机顶盒、PAD、智能终端等。OTT TV的问世,使得互联网为电视提供了另外一个传输平台/分发渠道[1]。

典型的OTT TV如谷歌(GoogleTV)、苹果(iTV)、Netflix等,开发商们均利用运营商的宽带网发展自己的业务,致使原来的商业模式发生了重要的改变。图1所示为国际OTT运营模式。

中国OTT TV是则是指通过公共互联网面向电视机传输的、由国有广播电视机构提供视频内容的可控可管服务。接收终端一般为互联网电视一体机。图2为中国OTT运营模式。目前中国对厂商提供OTT TV服务有如下要求:

(1)播出平台必须由获得牌照之集成服务商(央视、文广、华数)提供,而一般家电厂家不得涉足播控的相关平台。

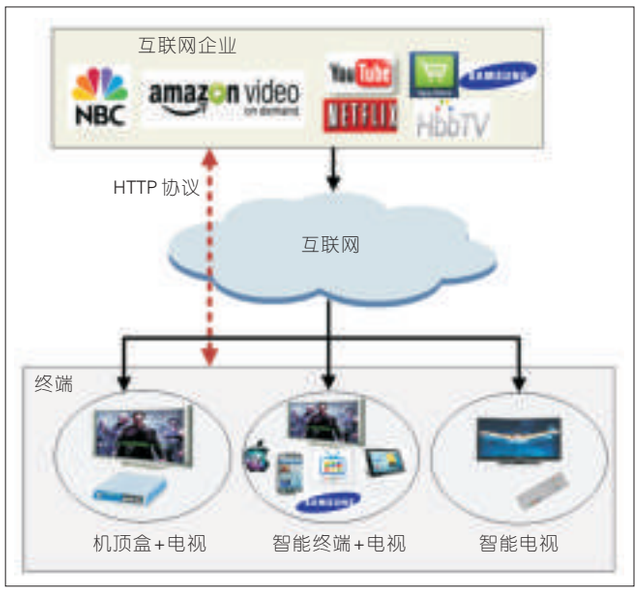
(2)内容来源必须由获得互联网内容服务牌照的广电播出机构提供,非广电机构无法获得。

(3)一台电视机只能植入一家集成商的客户端,但同一品牌不同型号可以植入不同客户端。

随着三网融合的大力发展,云计算技术的应用,以及国家各项有关政策的支持,OTT TV的受关注度已经超越IPTV,成为广电行业的最新热点,引领众多广电运营商及平台提供商朝OTT方向演进[2]。

OTT TV发展至今,目标虽然非常

收稿日期:2013-07-25
网络出版时间:2013-08-28



◀图1
国际OTT运营模式

明确，但在实施过程中还存在很多问题，比如视频内容的版权控制、网络质量的不稳定而导致的点播时延、终端的安全性不足、缺乏有效的盈利商业模式等。同时，中国OTT TV的发展还受到内容“可管可控”的政策影响，广电总局采取了牌照制方式来实现对OTT的可管可控。由广电总局认可的集成牌照方负责提供内容播控，且互联网电视与牌照方客户端完全绑定，通过牌照方的集成播控平台对客户端实行控制和管理。

2 OTT TV的发展趋势

伴随着三网融合的力度加大，终端智能性的进一步提升，互联网服务凭借其创新开放的能力在从传统的PC向手机、电视等更多的终端扩展，并在互联网视频和应用商店为主的服务中率先得到了应用。这些都成了OTT TV发展过程中不可缺少的推动力，国际电信运营商正将传统的电视内容转向互联网，预计几年内大部分电视内容将会转由OTT TV方式提供。OTT TV也呈现一些发展趋势。

2.1 业务发展趋势

OTT TV产业的发展核心是“越顶传球”，所以不同位置的越顶会对产业的发展产生不同的效果，同时也会影响不同企业的运营模式和盈利模式。但不管“顶”在何方，最根本的两个原则每个厂商都应该遵循：服务用户与创造价值。OTT TV业务也呈现出一些发展趋势。

• 友好的人机界面：充分利用OTT的技术优势，以OTT为具体渠道和模式，提升广电新媒体业务的灵活性、互动性和智能性。比如为用户定制的EPG个性化界面，智能搜索等。

• 多模式并举：研发以智能终端、混合电视、高清交互电视等为平台的OTT业务模式。

• 优化用户体验：根据用户行为分析而定制的定向广告、个性化推荐等精确营销策略将会在OTT上发挥更大的应用空间。同时对于用户操作控制，智能终端可操作性与可控性更强，可融合语音、触屏、体感等多种操控方式，让用户的体验得到进一步的优化。

• 业务智能融合：使得用户能随时随地享用OTT业务所带来的便捷。比如网络游戏、商务社交、智能社区、多屏互动、信息共享与推荐等业务的无缝切换。

• 应用商店服务：随着OTT业务的发展，互联网上的各种应用商店所提供的服务将会满足各种人群的需求，增强OTT业务的用户粘性度，真正做到“各取所需，有求必应”的电子化生活。

2.2 业务运营趋势

OTT TV运营主要有两种趋势：一种是运营商发展自己的OTT业务，充分发挥自身的技术和平台优势；另一种是电信运营商与OTT提供商密切合作，互相协作、融合，共同发展。

在电信运营商发展自己的OTT业务方式同时，电信运营商可以将OTT平台建成有线数字电视平台的有力补充，通过OTT TV平台可将直播频道、VOD平台视频点播资源引进

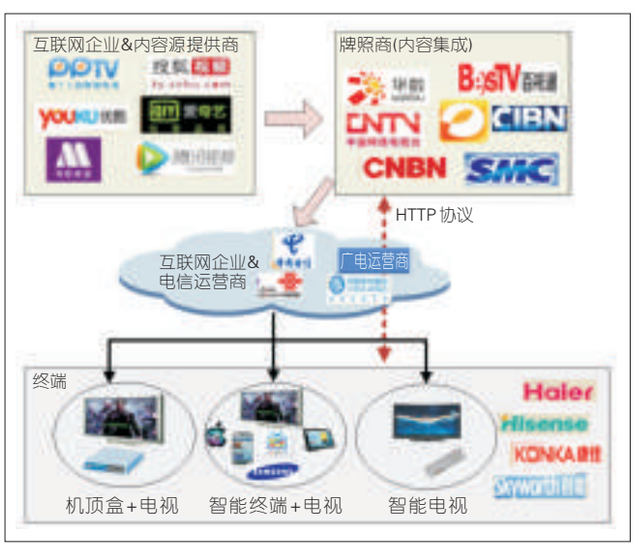


图2▶
中国OTT TV运营模式

互联网接入业务平台，从而形成覆盖个人计算机、手机、PAD等移动多媒体终端的视频服务体系。电信运营商也可以将OTT平台建成为互联网接入平台的补充，通过OTT平台，采用适当的引导方式，引导宽带互联网接入用户访问OTT平台获取视频点播内容，从而降低宽带互联网出口压力；另一方面，通过该平台提供高质量的音视频点播、直播内容，能够显著提高用户相关体验，有利于宽带互联网接入业务的推广[3]。

在电信运营商与OTT提供商密切合作的方式下，电信运营商需要大力建设智能管道，开展流量经营，并为OTT提供商提供运营与计费平台，同时利用OTT业务促使和鼓励用户大量使用移动数据流量，以提高运营商的运营利润。电信运营商需要进一步开放网络能力，保持其在产业链中的主导地位。

2.3 技术发展趋势

• 软硬件云化。通过引入云计算技术，打造功能强大的OTT TV业务云端，同时整合、融合CDN支持，可以使OTT业务部署摆脱机顶盒软、硬件的限制，加上智能终端操作系统智能化进程日渐加快，这些因素都为进一步轻松实现用户的快速操作体验提供了技术保障和技术可能。

• 社交化技术的全面采用。在近几年的电视与互联网融合过程中，电视“社交化”也正被业界普遍认为是新一代互联网电视的主要特征，而多屏互动将成为社交化的必然手段，通过电视终端和“第二屏”终端的社交网络共同跨平台、跨终端的交互来实现“社交电视”。对着电视机大屏幕，一边看电视剧，一边刷微博是微博控们做梦都没有想过的，这也将是OTT TV业务发展的一个重要趋势。

• 业务的个性化实现。随着OTT视频时代的到来，多屏业务和实时社交媒体互动正在改变人们娱乐消费的方式，传统视频业务如IPTV将会面临着严峻考验。仅仅保障业务质量对IPTV来说是不够的。电信运营商除了需要保证音频/视频质量以外，还需要提供丰富、优质的内容，更加关注个性化的用户体验，如提供画中画（PIP）、录制/时移、屏幕/第二屏幕资讯、个性化用户广告推送等功能。优质内容不仅能够吸引IPTV用户，更能促进用户分享这些内容。年轻的观众们倾向于在观看电视的同时，用其他设备接入社交媒体。据英国《卫报》称，多于1/5的电视观众在看电视的同时会在Facebook或Twitter上进行交流[4]。

3 OTT TV的关键技术

OTT TV让媒体信息在多屏间无缝传递，多屏互动是OTT TV的一个重要的优势。为了能最大程度地发挥OTT TV的功能与技术优势，克服IPTV等现有系统的缺陷，其中的一些关键技术包括：

（1）内容编码技术

为了能让同一内容在多屏间进行传递，提升用户的体验，就必须要用最低的带宽来传输最高质量的视频。比如中兴通讯的低码高清技术。

（2）内容传输技术

目前，OTT TV主要有两种实现方式：HTTP渐进下载（简称HPD）和HTTP自适应流媒体（HAS）。传统的OTT TV一般采用HPD技术。基于HPD的客户端在开始播放之前仅需等待一段较短的时间用于下载和缓冲媒体文件最前面的一部分数据，之后便可以一边下载一边播放。HPD OTT TV存在诸多的局限性，例如：不适合对实时性要求较高的直播节目的传输；初始播放的等待时延一般较长；当网络带宽不稳定时比较容易出现卡屏现象；由于客户端会持续下载视频文件，当用户中途放弃节目观看，会造成已下载文件（消耗带宽）的浪费。为解决这个直播时延，中兴OTT TV推出HLS直播编码器，并在印尼和保加利亚开通了OTT直播节目，实际测试结果为单节点时延为50 s，多借点为90 s，这样可以使得直播变追看。

（3）业务开发技术

由于一些新的技术、新的架构在OTT TV中的应用，使得业务的开发需要一整套环境的支撑，包括开发模式的变化等。这个新技术、新架构包括：云平台的引入、终端安全性的控制、多屏互通业务的实现、融合CDN平台的创建等。

• 云平台的引入：根据云计算的标准架构，OTT TV的云平台也应该包括3层：架构即服务（IaaS）、平台即服务（PaaS）、软件即服务（SaaS），具体架构如图3所示。

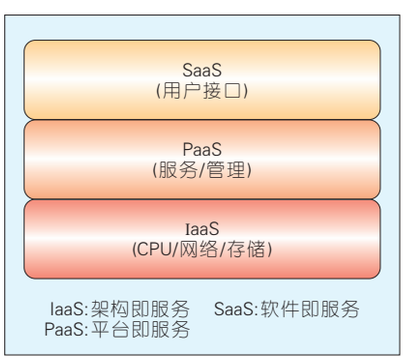
对于OTT TV业务，此3层可以分别有所对应。

SaaS：在保障用户体验的同时，占据移动互联网入口，将用户的关注点吸引到典型应用和开放平台上来。

PaaS：建立OTT TV典型应用的开放的用户访问接口，为OTT业务提供用户流量和业务传播支撑，为用户提供能在各种网络环境和多终端使用，可以与其他联系人随时随地、无缝沟通的业务体验。

IaaS：是OTT TV平台的硬件基础。基于IaaS，可建成3层异构云计算资源池。

基于云计算架构和多屏互动的OTT TV是一个开放的平台，采用云技术就可以很容易实现多屏内容的汇聚，提高智能搜索的效率，并可以通过云端来实现终端设备（TV、PC



▲图3 云平台的分层架构

等)进行视频、音频、资讯等多种内容的共享和互动。

• 对终端安全性的控制:目前整个OTT面临最大的问题就是安全性。因OTT TV采用HTTP协议,能上网的地方都能看视频,所以一定要提高OTT终端的安全性,以满足安全播控的需求。

• 多屏互通业务的实现:OTT TV一个非常重要的优势就是多屏互动,随着各种智能终端的推陈出新,OTT业务能在任何在线终端设备上应用。由此可见,尽管OTT业务需要适应不同的码率、操作系统、数字版权管理(DRM)、屏幕格式等来实现多屏同看、精彩推荐、视频分享、多屏监控、多屏通信等业务;同时各个终端实现浏览收藏、购买消费等操作统一,支持多终端无缝传递、互动和可定制的统一服务等。因此在三网融合的背景下,不同屏处于不同的网络平面,多屏业务之间就存在关联与互通的问题。中兴的多屏网关方案就很好地解决了。

• 融合CDN平台的创建:随着OTT TV的发展,平台也需要做些改进,一是有更多的内容和不同的应用加了进来,二是需要有更多的平台支撑能力,比如搜索。这些对用户体验都是至关重要。因为OTT TV越过了不同的电信运营商,屏蔽了不同的网络平面的接入,这就需要CDN适配不同的接入网,需要不同的网络传输技术,而且还能针对不同网络进行智能调度。同时发展OTT,提高用户体验是关键。高流量、高带宽需求的应用服务比例不断上升也进一步加大了对CDN服务的需求。因此高速、稳定、安全、可扩展是OTT TV对CDN以后发展提出的必然需求。

(4)用户体验增强技术

用户使用OTT TV的业务,良好的用户体验是一个基础。包括个性化的用户体验和对针对用户群的精准营销方面的技术。

个性化的用户体验:因为发展OTT TV的关键是提升用户的体验,只有增强用户的黏性才能保证OTT TV业务的正常发展,OTT TV天生的优势使得多屏互动、社交媒体等业务实现比传统IPTV更加容易。但同时要看到,目前的OTT TV发展过程中还存在一些不利因素影响着个性化的用户体验,比如OTT TV的数字媒体内容太过于纷繁复杂,无法让用户的眼球归于集中,使用户能快速做到“看你想看的”,因此快速方便找到符合个性需求的节目内容是一个难点;再比如用户的操控方式,因OTT产品源自互联网,既有电视的观看体验,又有电脑的操作感受,还有智能手机的应用移植,如何将多种终端的操控方式进行融合,以方便用户的操作习惯也是提升用户个性化体验的一个重要方面。

针对用户群的精确营销:OTT TV与传统的IPTV的根本区别在于用户的个性化需求更能得到充分的实现,因此基于OTT TV进行对不同用户群的精确营销,可以大大提高运营商的运营利润。精确营销即对用户的操作行为和属性特征进行多维度分析,以获取用户的个性化业务数据,从而深度挖掘不同用户群的需求和资源,并针对不同用户群体进行精准业务推荐,以实现精确营销。比如点播推荐、精准广告推送等[5]。

4 OTT TV与IPTV的优劣势比较

IPTV是电信运营商通过IP专网和专用的IPTV机顶盒开展的一项视频业务,其显示终端通常是电视机。OTT TV则是通过公共互联网来开展的一项视频业务,其显示终端可以是个人电脑,也可以是电视机或平板电脑等其他显示终端。OTT TV的服务供应商可以是电信运营商,也可以是各种各样的视频网站和电视节目制作机构。所以,OTT TV有着多屏分发、多屏互动的天然优势。

表1从支持的协议类型、播放方式、网络部署等多个方面,对IPTV和OTT TV做了比较。

基于表1中的差异比较,OTT TV与IPTV业务的发展方向目前有两种主流观点。

一种观点是OTT TV完全取代IPTV是必然趋势,只是时间的问题。从接入方式看,OTT TV和IPTV一样,OTT TV内容经过充分整合,完全可能包含IPTV的内容,这样就可完全替代IPTV。同时,IPTV是电信发展视频的早期业务模式,已投入了大量的资金与精力,有了一定的存量用户,因为OTT TV与IPTV的业务形态是一样的,而且更加开放、灵活、自由,实现了用户只要能上网就能看电视的愿望,所以这些存量用户反而正是OTT TV发展的基础,在以后国家政策允许的情况下,OTT TV替代IPTV只是时间问题。

另一种观点认为IPTV与OTT TV融合,形成优势互补的新式业务模式。相对于IPTV来说,OTT TV终端和内容的安全性难以满足安全播控的需求,这是整个OTT TV面临的巨大问题。对中国的OTT TV而言,广电总局要求必须是可管可控的,重要的是保护视频版权的问题,这将会严重制约中国OTT TV业务的开展。相反,和OTT TV相比,IPTV的业务却是安全可控的,虽然业务模式相对封闭,但如果电信运营商在IPTV业务中引入OTT TV的内容与业务,就可以弥补IPTV在内容上的不足,只要做好OTT TV内容管控,就能够发挥出运营商宽带网络的价值。

5 中兴通讯低码高清与OTT TV多屏融合的解决方案

随着OTT TV的快速深度发展,开放的互联网视频及开放的多屏终端越来越多,传统电信业务面临互联网业务的巨大冲击。为了持续发展视频服务以提升竞争力,运营商迫切需要一套能快速发展OTT业务,又能有

▼表1 OTT TV与IPTV的比较

	OTT TV	IPTV	备注
支持的终端类型	STB、PC、各种智能终端等	STB	OTT TV具备多屏分发，多屏互动的优势
用户群规模	面向庞大的用户群	用户群固定	能上网的地方就能使用OTT TV，潜在用户群巨大
支持的协议类型	HTTP、TCP	RTSP、RTP	OTT TV是基于https的，强调的是接入无关性
QoS&QoE	无QoS保障的网络，低QoE	有QoS保障的网络、高QoE	OTT TV存在一定的安全隐患
媒体通信方式	单播	单播、组播	目前OTT TV没有直播内容，只有点播
视频编码技术	支持多种视频编解码技术	H.264视频编码	OTT TV对IPTV视频，码率较低，且有自适应功能
传输的网络平台	可以运营商专网，也可以是公共宽带互联网	基于电信运营商搭建的IP专用网络	IPTV前期投资较大，但是对于用户来说网络带宽和视频质量都有保证 OTT TV使用公网，存在网络安全隐患和播出质量的问题
业务运营提供商	电信运营商、互联网企业	电信运营商	IPTV业务相对封闭，OTT TV是开放平台
内容提供商	互联网集成平台牌照商	已取得IPTV内容牌照的内容提供商	OTT TV存在内容版权保护问题

STB：网络机顶盒　TCP：传输控制协传议　RTSP：实时流传输协议　RTP：实时传送协议

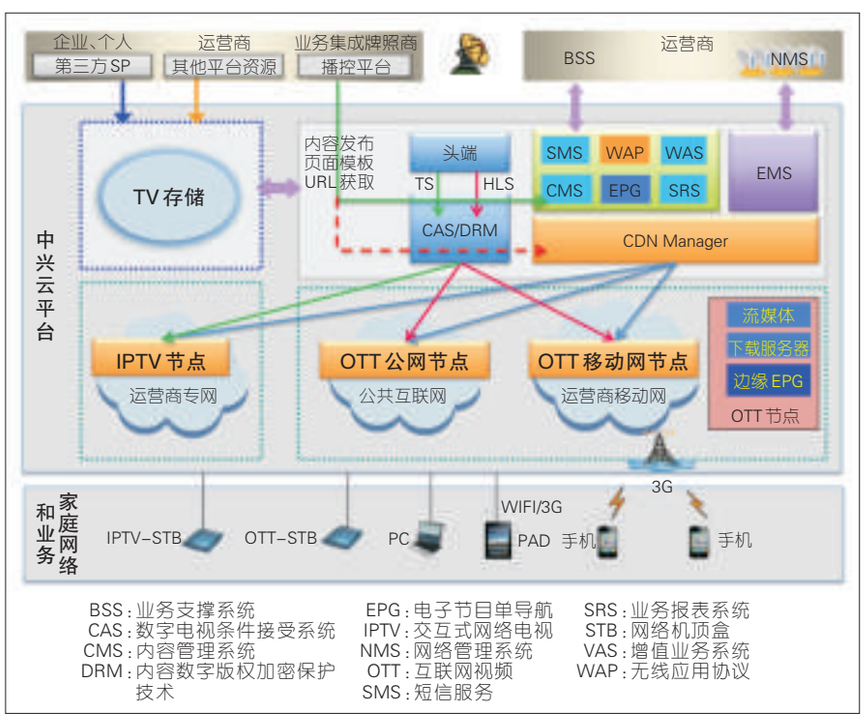
效降低网络改造和平台建设成本的解决方案，为用户提供随时随地且清晰流畅的视频体验。中兴通讯推出基于云平台下的低码高清与OTT TV多屏融合技术相结合的整体解决方案，实现比较好的用户体验。框架如图4所示。

中兴通讯的OTT TV解决方案支持OTT TV业务在TV、PC、PAD和手机等多屏终端的融合互动，结合低码高清技术节省传输带宽，帮助运营商低成本进行网络改造与平台建设，从而快速开展OTT TV业务。

低码高清技术通过基于视觉心理模型的预处理、自适应变换、基于神经网络的矢量量化、量化误差人眼感知、内容自适应码率控制5个核心方面的改进，可在保持720 P的清晰度情况下，以3 Mbit/s码流传输原本需要8 Mbit/s码流带宽的高清内容，可节省运营商一半的网络建设和CDN建设，从而大幅降低运营商网络改造压力。同时通过对承载优化、存储优化、转发优化、码流优化等直播时延优化技术，实现了大幅度的直播时延的缩短，加上丢包补偿技术和自适应的组播技术，能够最大程度上提升用户业务使用体验感受。而OTT TV多屏融合技术，以开放的丰富内容源和自适应动态码率等特点，在不同的网络条件下，针对TV、PC、手机、PAD等多屏终端提供不同码率的视频服务，且支持多屏终端业务融合互动，帮助运营商吸引更多用户。OTT TV的业务扩展特性，可帮助运营商便捷地扩展更多的增值业务，实现盈利增长。同时中兴通讯推出的低码高清技术和OTT TV多屏融合相结合的解决方案，还具有业务的互动性和可扩展性，结合低码高清技术，可以使得OTT TV在直播及点播内容的传输上对网络的带宽要求更低，切实降低运营商的网络运营成本，大幅促进全球IPTV和OTT TV产业的进步。

中兴通讯的OTT解决方案是一个基于云计算平台框架开发的、完全开放的业务能力平台，它可以很方便地为各OTT应用提供强大的能力接入接口，从而从用户层、服务层、应用层等各个层面为多种OTT应用接入提供技术接口和平台保障。

应用商店是OTT最典型的应用之一，也是运营商的一个新的重要利润增长点。应用商店使得原有的服务模式发生了重大变化，用户通过一个开放架构的终端就能够得到各种各样的海量应用，方便快捷。中兴通讯的OTT方案中考虑到应用商店的广阔前景，在架构上实现了和应用商店的融合。



▲图4 基于云平台的中兴通讯OTT TV解决方案

互联网让我们的已经生活进入到世界化的时代，社交化业务已经成为互联网发展的主要方向之一，以Facebook、Twitter为代表的各类社交化业务在全球范围内正飞速地增长已充分说明了这一点。社交化业务拥有3个核心特点：分享、协作和选择，高度满足了人类分享的需求，推动了跨时间和空间的协作，提高了消费者选择的效率并降低了选择的成本。中兴的OTT解决方案中充分考虑到与各社交平台的应用对接，用户可使用社交平台帐号同时操作OTT的各项业务、好友推荐等相关的社交业务。

中兴通讯的OTT TV解决方案采用开放的平台架构，通过多种接口和互联网应用对接，构建了一个容纳了内容提供商、内容运营商、电信企业、互联网应用企业、电视等家电厂商在内的多厂商参与的产业生态圈，为基于互联网、基于内容、基于交互而形成的新媒体产业的发展贡献力量，切实提升人民群众的生活质量。

6 结束语

OTT TV是传统“看”电视模式的一场革命，让用户对“用”电视有了新的认识，将带动新型电视服务的发展。通过OTT TV，用户不但能看直播的高标清节目，同时还可以把丰富的互联网业务引入到电视中，实现电视使用的丰富化和个性化。OTT TV给了用户更多的自由，在海量的视频资源上观看自己想看内容的自由，而不是传统的有线电视或IPTV那样，只能看运营商推送的东西，用户可以根据自己的需要点播自己感兴趣的内容。而OTT TV则可以为用户带来海量的内容，将互联网上无数可以免费看或付费观看的内容，以及一些交互式的应用引入到我们的媒体和信息分享的多彩生活中。

参考文献

[1]罗小布.浅谈三网融合与OTT[J].中国数字电视，2012(7):12-14.
[2]黎文.OTT-TV业务模式发展浅析[EB/OL]. http://www.doc88.com/p-777490955858. html
[3]刘深.IPTV领跑OTT发力 三网融合和宽带国家战略双重受益[R].长城证券，2012-09-06.
[4]蒋力.OTT TV带给电信运营商的思考[C]//2012亚太OTT TV峰会，2012年11月15-16日，上海.
[5]曾会明.DVB+OTT融合创新的必要性[C]//DVB+OTT融合创新论坛，2012年6月20日，北京.

作者简介

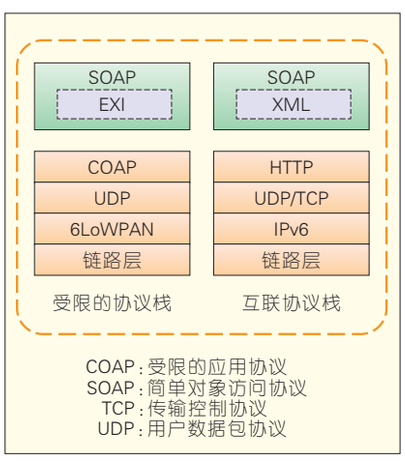
吕达，南京大学毕业；现任中兴通讯云计算&IT研究院副院长，负责中兴通讯多媒体产品的研发工作；长期从事程控交换机、基于IP的视频解决方案、增值业务的研发工作；已发表论文10余篇。

徐火顺，电子科技大学数学系计算机专业本科毕业；现任中兴通讯云计算&IT研究院多媒体业务总工程师；长期从事IPTV及增值业务的研发工作；已发表论文2篇。

上接第47页

术支持M2M应用将会造成对频率资源的低效使用。为了充分利用频谱资源，需要对移动通信网进行改造和增强。

目前3GPP正在研究现有移动通信网如何高效支持M2M应用，包括体系架构、拥塞和过载控制、签约控制、标识和寻址、时间控制特性、MTC监控特性的研究。



▲图6 HTTP和CoAP协议栈

4 结束语

物联网在中国被认为是未来的战略性新兴产业，是推动产业升级、迈向信息社会的“发动机”，而M2M无疑是其中重要的生力军。物联网和M2M能够带来真正新的产业是什么，仍在探索中，还存在着很多不确定因素，需要我们投入更多的精力来研究。

参考文献

[1] Nixon T, Regnier A, Driscoll D, and Mensch A. OASIS Devices Profile for Web Ser- vices (DPWS) Version 1.1 [EB/OL]. http://docs.oasis-open.org/ws-dd/ns/dpws/2009/01, July 2009.
[2] Nixon T. Web Services Discovery and Web Services Devices Profile [C]// Connectivity Week 2009, Santa Clara, June 2009.
[3] Microsoft. Introducing DPWS[EB/OL]. http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ dd170125.aspx, Aug. 2011.
[4] Hernández V, López L, Prieto O, MartSnez J F, García A B, and Da-Silva A, Security Framework for DPWS Compliant Devices: Service-Oriented Device Communications using the Devices Profile for Web Services [C]//the Third International Conference on Emerging Security Information, Systems and Technologies, Athens, Glyfada, Greece, June 2009.
[5] Shelby Z, Hartke K, Bormann C, and Frank B. Constrained Application Protocol (CoAP) [EB/OL]. http://www.ietf.org/id/draft-ietf-core-coap-07. txt, July 2011.
[6] Gudgin M, Hadley M, Mendelsohn N, Moreau J J, Nielsen H F, Karmarkar A, and Lafon Y, SOAP Version 1.2 Part 1: Messaging Framework (Second Edition) [EB/OL]. http://www.w3.org/TR/soap12-part1/, Apr. 2007.

作者简介

续合元，邮电部邮电科学研究院硕士毕业；现任工业和信息化部电信研究院通信标准研究所总工程师、教授级高级工程师；长期从事电信网络与交换方面的研究和标准制订工作，对于信令和网络协议有深入的研究，目前致力于下一代网(NGN)、泛在/物联网的研究；现已发表论文几十篇。

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6868.2014.01.012
网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20131030.1628.001.html

异构融合网络体系技术
Heterogeneous Converged Network System

雷小燕/LEI Xiaoyan，李鹏翔/LI Pengxiang，霍玉臻/ HUO Yuzhen
(中兴通讯股份有限公司，江苏 南京 210012)
(ZTE Corporation，Nanjing 210012，China)

中图分类号：TN929.5 文献标志码：A 文章编号：1009-6868 (2014) 01-0054-05

摘要：将WLAN和蜂窝网络进行融合形成了异构融合网络体系，研究并分析了该体系的若干关键技术。该异构融合网络体系能够有效实现用户无感知接入WLAN网络，降低终端的功耗，尽可能地利用现有的网络资源，充分体现用户意愿，并提高用户业务体验，另外还能够优化运营商网络资源的使用、管理和控制，为运营商网络部署和运营提供重要的参考价值。

关键词：无线局域网；演进的分组核心网；接入网发现和选择；无感知接入

Abstract: In this paper, we describe the integration of two kinds of heterogeneous networks: WLAN and cellular. We analyze the key technology in a heterogeneous converged network system, which realizes non-perceptive access WLAN, saves terminal battery, efficiently uses existing network resources, and improves user experience. A heterogeneous converged network system also can better use and manage operator network resources. This paper also is a reference for operators deploying networks for the future.

Key words: wireless local area networks; evolved packet core network; access network discovery and selection function; non-perceptive access

随着移动通信和互联网技术的高速发展，大量不同类型的通信网络不断涌现，使用户置身于一种复杂多样的异构网络环境中。目前的网络形式种类繁多并各具特点，相互之间形成一种共同存并发展的关系。

目前的移动网络包括全球移动通信系统（GSM）、时分同步码分多址（TD-SCDMA）、宽带码分多址（WCDMA）、码分多址2000（CDMA 2000）、长期演进（LTE）等多种制式，各移动网络之间呈现叠加式的演进发展。但移动网络发展的速度远远赶不上移动用户的增长速度，近年来移动用户以每年1亿人的速度迅猛增长。

随着用户数的增长，移动网络数据业务流量也呈爆炸式增长，远远超过移动网络的负荷，再加上移动网络空口资源的短缺，现有的移动网络已经无法满足用户的需求，不能更好地为用户提供服务，迫切需要出现一种新技术或者新方案来解决目前这种状况。

随着无线局域网（WLAN）技术的成熟、WLAN速度的快速提高（802.11n的最高速率已达540 Mbit/s）以及WLAN的频率优势，WLAN网络得到了大规模部署，但由于WLAN网络本身的一些缺点，如覆盖范围有限，不能保证用户的移动性，不能给用户提供很好的服务质量（QoS）保证，对终端功耗要求高以及前期WLAN网络的弱安全性等，使WLAN网络处于热建冷用的状态。

因此异构网络融合成为下一代网络发展的必然趋势，业界已经开展了不少关于异构网络融合的研究，其侧重点与文章所研究的不太相同，如文献[1]侧重于异构无线网络的融合，通过集中架构的射频控制服务器和接入点来实现WiMAX和B3G/4G多个异构无线网络之间的融合，进而减少异构融合网络的无线侧信令，节约终端能量消耗。

文章主要从总体框架上研究蜂窝网和WLAN两种异构网络的融合，利用蜂窝网为用户提供很好的移动性和QoS保障，并利用WLAN网络的广覆盖把对QoS和移动性要求不高的业务流通过WLAN分流走，这就能充分利用WLAN的网络资源，同时缓解蜂窝网紧缺的空口资源，保证用户的业务体验，进而优化运营商网络的使用、管理和控制。文章还将接入网发现和选择功能（ANDSF）[2]和广告服务器（GAS）[3]合一，为用户提供选网策略，从而实现用户的WLAN无感知接入。

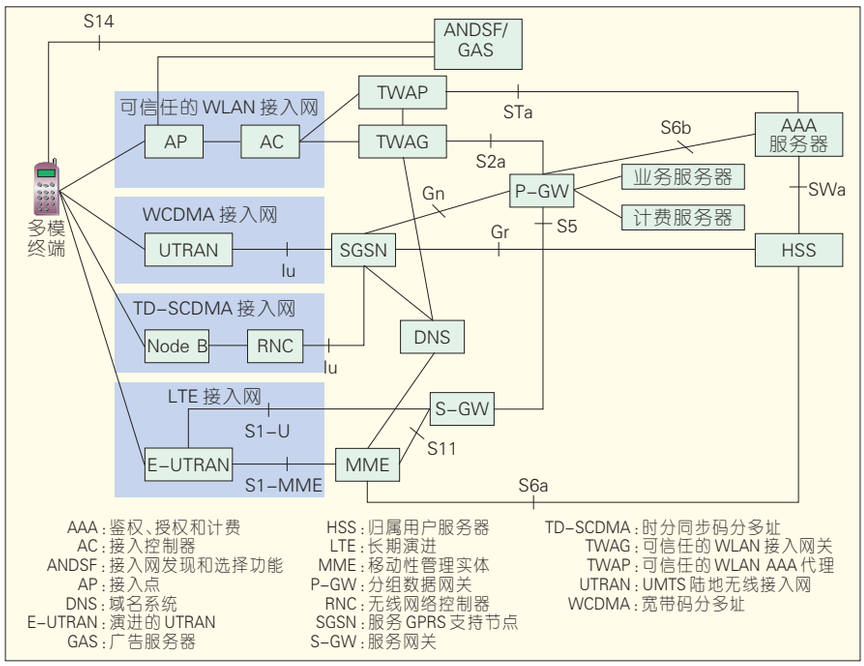
1 异构融合网络体系研究

异构融合网络体系包括WLAN接入网和蜂窝网，其中蜂窝网包含WCDMA、TD-CDMA和LTE 3种接入方式。异构融合网络体系关键技术有WLAN无感知接入、WLAN可信任接入演进的分组核心网（EPC）、并行接入以及多种接入方式之间流迁移等几个方面。

1.1 异构融合网络体系架构

图1是异构融合网络体系架构示意图，图中列了4种不同的接入网技术，分别为WLAN接入网、WCDMA接

收稿日期：2013-10-07
网络出版时间：2013-10-30
基金项目：国家科技重大专项（2011ZX03002-001）



▲图1 异构融合网络体系架构

入网、TD-SCDMA接入网以及LTE接入网。其中WLAN接入网被认为是可信任的，终端从WLAN通过可信任的WLAN接入网关（TWAG）接入核心网[4]。TWAG和分组数据网关（P-GW）之间是S2a接口，可信任的WLAN项目鉴权、授权和计费（AAA）代理（TWAP）和第三代合作伙伴（3GPP）项目AAA之间是STa接口，用于传输签约数据、鉴权信息等。终端通过S14接口同ANDSF/GAS连接，用于获取接入网络信息以及流迁移策略和系统间切换策略。

异构融合网络体系架构中将ANDSF和GAS合设，能够有效实现WLAN选网和3GPP选网策略统一，实现终端无感知打开和关闭WLAN开关，并降低终端的功耗。同时能通过WLAN可信任接入EPC，访问运营商的自营业务和Internet业务。同时还能通过多种接入网络同时接入EPC，多种接入技术同时锚定在同一个分组数据网关（P-GW）上时，接入技术之间可以进行业务流的平滑迁移。这能充分利用现有的网络资源，优化运营商网络资源的使用、管理和控制。

1.2 异构融合网络体系关键技术

1.2.1 WLAN无感知接入

3GPP中采用ANDSF辅助终端进行网络发现和选择。ANDSF可以提供终端附近的接入网信息，指导终端进行网络发现及选择。除此之外，ANDSF还能够提供系统间移动性策略（ISMP）信息和系统间路由策略（ISRP）信息，其中ISMP中包括接入网络和接入技术的优先级、有效区域和有效时间等，ISRP中包括一个或多个路由规则[2]。

Hotspot 2.0[5]（也称为热点2.0）是国际上正在研发的新一代WLAN技术，它以802.11u为基础，实现了802.11u中的网络发现和选择功能。802.11u中利用GAS辅助终端完成WLAN内的网络发现和选择，主要是由于GAS中存储了WLAN网络的部署位置、负载信息、鉴权类型等信息。

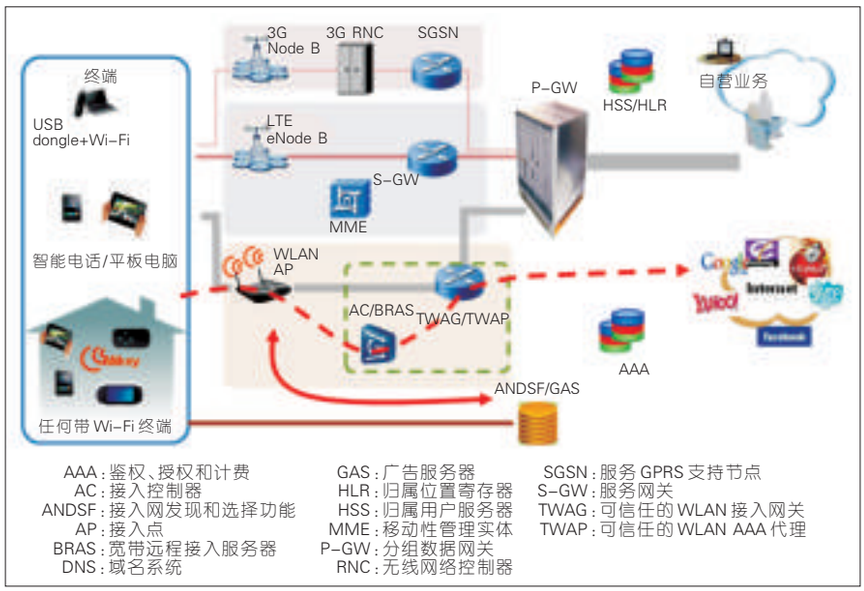
在接入网络信息提供方面，Hotspot 2.0可提供ANDSF不能提供的部分信息，如场所名称、漫游联合列表、网络接入标识符域名和可扩展的鉴权协议方式、可获得的公共陆地移动网络列表等。而ANDSF也具有Hotspot 2.0不具备的功能，如ANDSF脱网后也能够提供接入网信息等，所以两者的功能是互补的。

异构融合网络体系中把ANDSF和GAS合设（如图2所示），融合了ANDSF和GAS功能，这样可以实现3GPP和WLAN网络选择的统一，指导用户无感知接入WLAN。

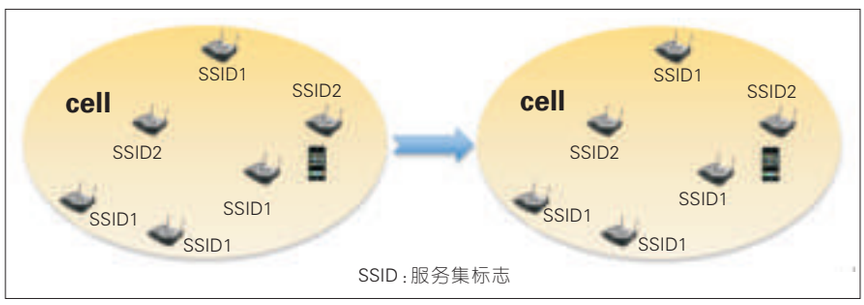
在接入阶段，终端通过3GPP蜂窝网上报自己的位置信息，并从ANDSF/GAS获得WLAN网络部署情况，终端发现可接入的WLAN网络后，自动开启WLAN功能，并自动接入WLAN网络。

在关闭阶段，若终端发生移动，终端可以通过3GPP蜂窝网上报自己的位置信息，并从ANDSF/GAS获得所在位置处WLAN网络部署情况。终端发现无可接入的WLAN网络后，终端自动断开WLAN连接，自动关闭WLAN功能，完成用户无感知WLAN关闭。

如上所述，将ANDSF与Hotspot 2.0结合后，终端能自动打开或关闭WLAN开关，实现用户无感知接入WLAN网络，并通过WLAN网络访问Internet业务。同时在用户自动打开WLAN功能，接入WLAN网络之前，ANDSF/GAS能对终端可接入的运营商进行筛选，通过对运营商进行筛选，可以只为用户提供可接入运营商的接入点（AP），从而进一步提高了接入网络筛选的精度，缩小了可选AP的地址范围，降低了终端的功耗，如图3所示。如果终端属于服务集标志2（SSID2）运营商，则对存在多个运营商AP的情况下，可以只为终端提供SSID2的AP。同时ANDSF/GAS服务器还可为用户提供AP的经纬度、市内位置等信息，供终端展示给用户，提高了用户体验，如图4所示。终端通过无感知接入WLAN网络访问Internet业务，能有效利用



▲图2 WLAN无感知接入



▲图3 缩小可选运营商AP

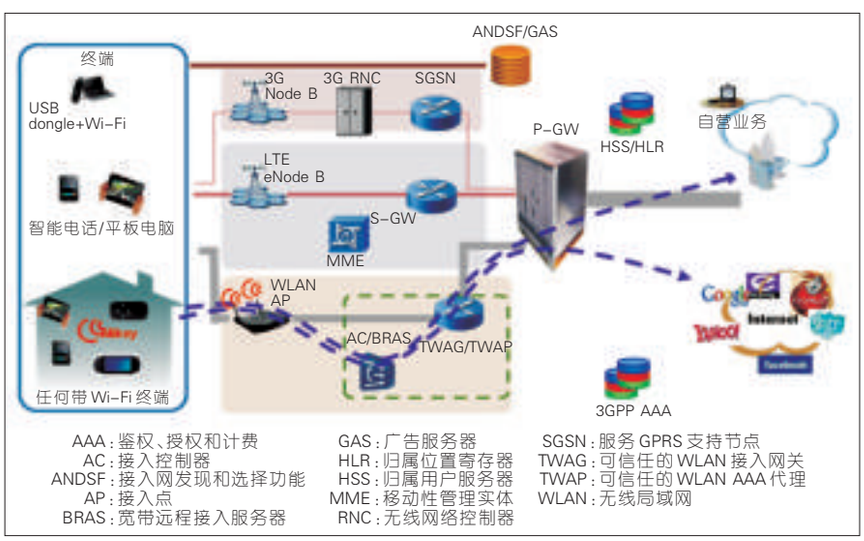
WLAN的网络资源，降低蜂窝网数据负荷，缓解蜂窝网空口资源短缺。

1.2.2 通过WLAN可信任接入EPC

现有的通过WLAN接入网接入EPC的方式要求终端和网络都支持IP安全（IPSec）或双栈移动IP（DSMIP）功能，这对网络和终端的要求很高，现有终端一般都不支持IPSec和DSMIP功能，同时由于WLAN安全性能的提高和完善，越来越多的人认为WLAN接入网是可信任的。因此在异构融合网络体系中，终端从WLAN以可信任的方式接入EPC，访问运营商的自营业务和Internet业务。如图5所示。图中TWAG、TWAP、接入控制器（AC）、宽带远程接入服务器（BRAS）的物理位置并不是唯一的，相互之间可以分离也可以合一，或者两两合一。TWAG和P-GW之间采用GPRS隧道协议（GTP）。TWAG/TWAP和AC/BRAS分离时，相互之间可以通过通用路由封装（GRE）隧道连接。

终端通过WLAN以可信任的方式接入EPC，这对终端没有特殊的要求，并且对现有网络影响小，只需现有网元升级支持TWAG/TWAP功能或者新增TWAG/TWAP网元就能实现。从而降低了网络复杂度，使网络易于运营和部署，能兼容现有的终端，不需要终端做任何增强。同时终端通过WLAN接入EPC能有效利用WLAN的网络资源，减低蜂窝网数据业务负荷，解决蜂窝网空口资源的紧缺。对同时通过蜂窝和WLAN接入EPC的用户来说，还能保证业务的连续性，

▲图4 AP位置信息

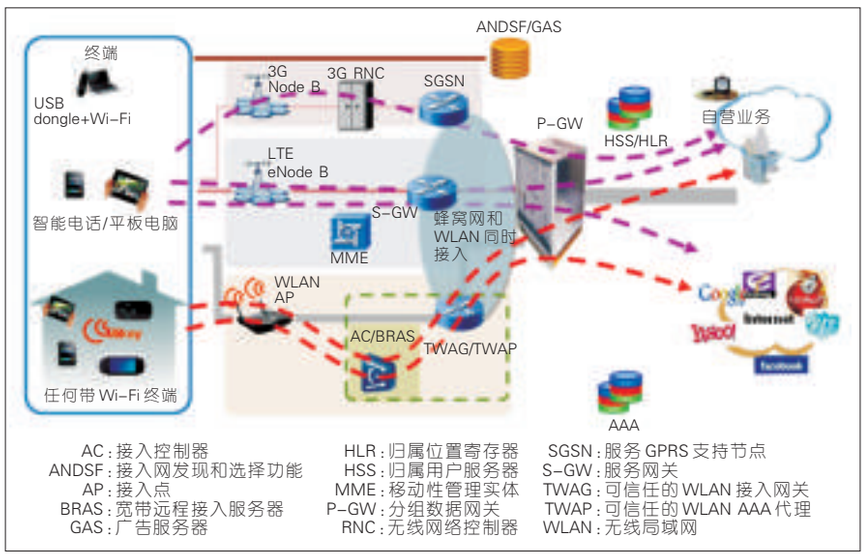


▲图5 通过WLAN可信任接入EPC

提升用户的业务体验，优化运营商网络资源的使用、管理和控制。

1.2.3 并行接入和流迁移

对能支持多接入的终端来说，当同时存在多个网络覆盖时，用户可以同时从多个网络接入。如图6所示，当同时存在蜂窝网和WLAN覆盖时，终端根据ANDSF/GAS服务器提供的接入网络信息，可以同时通过3G、LTE和WLAN接入网接入EPC，通过P-GW访问运营商提供的自营业务以及Internet业务。

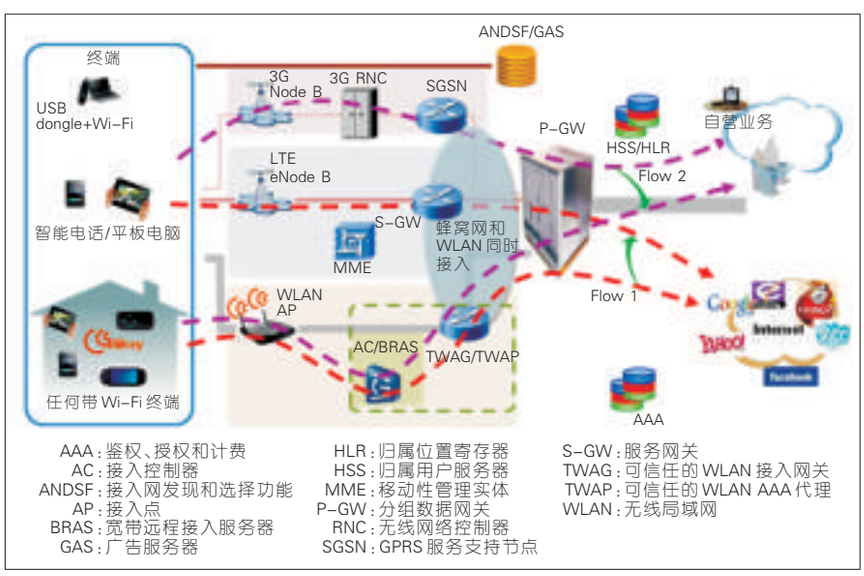


▲图6 终端并行接入

当终端从不同的接入网络并行接入时，如果锚定在同一个P-GW上，则能够实现多种接入技术之间业务流的平滑迁移，如图7所示。并行接入的终端可以实时从ANDSF/GAS处获取接入网络的状况、网络负荷以及流迁移策略等信息。终端根据从ANDSF处收到的策略信息以及自身的意愿，可以让多种接入技术之间的业务流进行平滑迁移。当终端想进行流迁移时，终端把流迁移策略通过应用软件传递给P-GW，利用该应用层的交互实现流迁移策略的协商。P-GW和终端完成流迁移策略协商之后，各自根据协商后的流迁移策略，为用户的上下行数据选择网络，从而实现业务流平滑迁移。

图7中的Flow 1是终端通过WLAN接入EPC访问外部Internet业务的数据流，图中用红线表示。当终端由于自身意愿改变想移出WLAN或者根据ANDSF下发的网络状况（由于用户移动而WLAN信号减弱）信息判断出此时WLAN信息很弱，已经不能继续给用户提供想要的服务时，为了保证业务数据流Flow 1的连续性，终端需要把业务流Flow 1迁移到此时覆盖很好的蜂窝网内，终端就可以通过自身的应用软件将此流迁移策略信息传递给P-GW，然后同P-GW协商此流的迁移策略，待P-GW和终端完成流迁移策略协商之后，P-GW则会根据收到的流迁移策略调整业务流Flow 1的下行走向，将Flow 1迁移到LTE网络内，然后终端根据流迁移策略调整业务流Flow 1的上行走向，把业务数据流Flow 1迁移到LTE网络内。图中Flow 2是通过3G网络接入访问运营商自营业务的数据流，当由于蜂窝网内数据拥塞或者终端意愿发生改变以及其他原因，终端想把业务流Flow 2迁移到WLAN内时，终端同P-GW发起应用层协商过程，策略协商之后终端和P-GW根据协商后的流迁移策略，为Flow 2选择上下行网络，把Flow 2从3G网络迁移到WLAN内，实现业务流的平滑迁移。

在多种接入方式之间做业务流的平滑迁移能充分体现用户的意愿，有效利用现有的网络资源。当存在WLAN覆盖时，可以把对QoS和移动性要求不高的业务从蜂窝迁移到WLAN，这能解决蜂窝网空口资源短缺问题，又能充分利用现有的WLAN网络资源。当某种接入网络的无线环境发生改变时，能把该接入网络内



▲图7 业务流的迁移

的业务数据流迁移到其他的接入网络上，这能保证业务的连续性，又能提升用户的业务体验。流迁移还能优化运营商网络资源的使用、管理和控制。流迁移策略通过应用层协商完成，实现起来简单、灵活方便。

实现业务流在多种接入技术之间平滑迁移对现有网元有影响，但对网元的影响主要是为了保证用户从多个接入网并行接入时选择到同一个P-GW。对现有网元的具体影响分析见表1。

2 结束语

文章主要研究了异构融合网络体系，该体系把WLAN和蜂窝网进行融合，同时把ANDSF和GAS进行合一，利用ANDSF/GAS提供的选网策略实现WLAN的无感知接入。同时通过WLAN可信任接入EPC，有效利用WLAN的网络资源，减低蜂窝网数据业务负荷，解决蜂窝网空口资源的紧缺。最后实现了终端通过多种接入网络并行接入时的业务流平滑迁移，并利用应用层协商流迁移策略。文章所提方案实现方式简单、灵活方便，平滑的流迁移能够优化运营商网络资源的使用、管理和控制。

▼表1 流迁移对现有网元的影响

网元	影响
终端	• 在统一认证、路由、策略、多连接管理等方面需要增强
ANDSF/GAS	• 实现流迁移策略配置、下发功能
P-GW	• 与AAA交互，更新P-GW地址 • 给用户分配相同的IP地址 • 与终端交互，实现策略协商
TWAG（与TWAG合设的AC/BRAS）	• 与HSS配合完成同一个P-GW的选择
AAA/HSS	• 存储P-GW地址，辅助MME/SGSN/TWAG完成同一个P-GW的选择 • 支持统一认证
MME/SGSN	• 与HSS配合完成同一个P-GW的选择

AAA：鉴权、授权和计费　GAS：广告服务器　SGSN：GPRS服务支持节点
AC：接入控制器　HSS：归属用户服务器　TWAG：可信任的WLAN接入网关
ANDSF：接入网发现和选择功能　MME：移动性管理实体
BRAS：宽带远程接入服务器　P-GW：分组数据网关

参考文献
[1] Peng Mugen, Wang Wenbo. A unified architecture and key techniques for interworking between WiMAX and beyond 3G/4G systems [J]. Wireless personal communications.2008,45(1):67-90.
[2] 3GPP TS23.402. Architecture Enhancements for Non-3GPP Accesses [S]. 2007.
[3] IEEE Std 802.11u™-2011. Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications Amendment 9: Interworking with External Networks[S].2006.
[4] TR23.852. Study on S2a Mobility based On GTP & WLAN access to EPC (SaMOG) [S].
[5] WFA_HS2-0_Technical_Specification_R2_V1.0[S].

作者简介

雷小燕，湖南大学硕士毕业；现就职于中兴通讯任技术预研工程师；现从事技术预研工作，研究方向为PS核心网、多接入技术。

李鹏翔，重庆邮电大学硕士毕业；现就职于中兴通讯任技术预研工程师；现从事技术预研工作，研究方向为多接入技术。

霍玉臻，青岛海洋大学硕士毕业；现就职于中兴通讯任技术预研工程师；现从事3GPP、3GPP2、WLAN等通信技术的预研和标准研究。

综合信息

2014年全球企业IT支出或增长3.1%

1月14日消息，根据市场研究公司Gartner最新预测，2014年全球企业IT支出或将达到3.8万亿美元，比2013年的3.7万亿美元增加3.1%。

2013年，IT市场需求增长缓慢，全年仅增长0.4%。2013年包括PC机、移动电脑、智能手机及平板电脑在内的IT设备经费支出缩水了1.2%，但2014年有望增加4.3%。Gartner分析师表示，PC机、移动电脑(含平板)及智能手机会逐渐趋同，利润率也会减少。

2013年企业在软件方面的经费比重依然最为强劲，预计2014年涨幅将达到6.8%。

Gartner执行副总裁理查德·戈登表示，“经费支出主要用于开发分析客户，使得B2C业务更具效率，并改善消费者营销效力。”他指出，“投资还集中在B2B分析方面，尤其是在SCM领域，预计2014年增长率为10.6%。主要关注点贯穿售前、售中及售后全过程。”戈登继续补充道，“首席信息官们正考虑建立外部数据中心，而不是采取超出计划的步伐建立云计算。尽管减幅很小，我们仍然希望到2017年，年增长率能保持在4%到5%的水平。”　（转载自《中国信息产业网》）

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6868.2014.01.013
网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20131108.1439.001.html

智能终端中热IP核的通信方法

Communication Method of Hot IP Cores in Smart Device

中图分类号:TN929.5 文献标志码:A 文章编号:1009-6868 (2014) 01-0059-04

摘要:片上网络通信架构的改进,使热IP核连接多个路由器,并且原本与热IP核相连的一个路由器的通信量被分配到多个路由器上。基于改进的片上网络通信架构,又设计出新的路由器选择算法。在该算法中,可以根据热IP连接的路由器的当前状态选择数据通信的路由,这样使得热IP能够更加均匀地分配通信量,从而有效地提高了数据传输效率,降低数据传输延时。实验表明,新的算法能够有效减少传输延迟。

关键词:热IP核;片上网络;路由选择

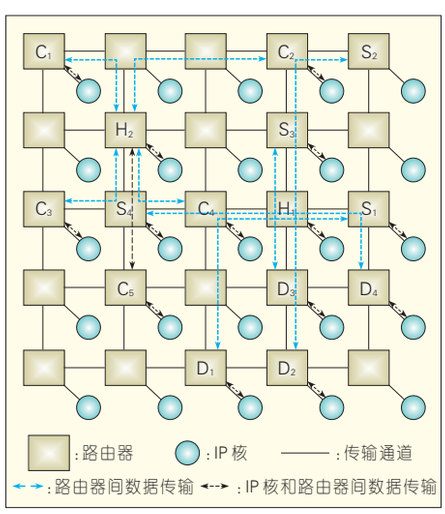
Abstract: In this paper, we describe improvements to the communication architecture of network-on-chip. Our proposed method involves connecting the hot IP core to more than one router. Traffic is distributed to routers that connect to the hot IP core. We also design a router-selection algorithm based on this improved communication architecture. A router is selected for communication according to the statuses of routers connecting to the hot IP core. This allows traffic be evenly distributed to routers. Our experimental results show that this method reduces transmission delay.

Key words: hot IP cores; network-on-chip; router selection

周本文/ZHOU Benwen
郭 凯/GUO Kai
(中国移动通信集团安徽有限公司,安徽 合肥 230061)
(Anhui Mobile Communication Co.,Ltd., Hefei 230061, China)

随着智能终端的不断发展,终端芯片上集成的IP核越来越多。大量的IP核集成到一个芯片上,导致其IP核所需要的通信带宽也越来越大。传统的设计方案中的片上系统(SoC)总线结构受到了严峻的挑战。文献[1]-[3]中介绍了一种新的片上通信结构——片上网络(NoC),它是将互联网的技术移植到片上系统中,数以百计的片上资源(IP核)则通过互连结构将它们连接起来,并同时将通信与计算分离。由于其较先进的通信模式,NoC互连结构已成为SoC中优选的片上通信结构。

NoC由控制数据传输的路由器和进行数据传输的管道构成。对于2D-Mesh NoC(如图1所示),可能会存在某个或者某几个路由器在通信的过程中承担了很重的任务,形成过热点。该问题会引起网络增加延时,甚至产生拥塞;并且造成片上的通信资源分布不平衡。所以在设计NoC的时候,需要尽可能地减少该问题的出现。



▲图1 通信过热点H_1和H_2

NoC中有两种情况可能产生过热点,第一种情况是数据在路由器之间通信时,可能会频繁使用某些路由器,导致这些路由器成为NoC中的过热点(如图1中H_1),可以通过自适应路由算法减小这种情况出现[4-6]的频率;而另一种情况是,在终端芯片中会包含一些通信量比较大的IP核(热IP核),例如动态随机存取存储器(DRAM)控制器、浮点数运算单元等。由于其他的IP核对这些单元的需求较高,在通信过程中容易造成所连接的路由器传输数据过多,容易导致拥塞,从而降低NoC的通信性能[5],这些热IP核所连的路由器有可能形成过热点(如图1中的H_2)。若在NoC中出现了过热点,不仅会造成NoC的网络延时急剧增大,还会导致系统资源的分配不均衡。为了解决该问题,文献[7]中阐述了一种方法,就是对通信量较大的、核的通信进行延迟,使得通信相对分散,从而减少对应的路由器某段时刻的工作任务,减少网络的拥塞。但是该方法没有减少路由器的通信量,同时造成通信延时增大。文献[8]中提出了一个新的NoC热IP核的通信架构方案,该方

收稿日期:2013-10-12
网络出版时间:2013-11-08

案能够有效地避免热IP核所连接路由器的通信流量过大的情况。但是该方案在热IP核的传输路由选择过程中，使用的是静态路由器选择。随着源IP核和目的IP核之间的通信量的增大，所选择的路由器仍然会出现拥塞，从而造成数据延时增大。

文章针对热IP核提出了一种新的路由选择方法。该方法在文献[8]的拓扑结构的基础上，利用动态的热IP核通信路由选择方案，进一步降低了热IP核通信所导致的路由延时。

1 NoC热IP核架构

在终端芯片中，所有任务之间的通信不可能是平均的。核与核之间通信时，热IP核所连接的路由器可能会成为NoC中的过热点。为了避免过热点的发生，可以在热IP核上添加多个路由器，让该核与其他核之间的通信分散在这些路由器上，以减少路由器的通信量，从而减少过热点形成的可能性，如图2所示。

在设计NoC时，可以为热IP核添加上多个路由器。由于IP核所连接的路由器数量可能是多个，因此在通信时必须确定源IP核和目的IP核通信时所用的路由器，即IP核发出数据之前必须判断出源路由器以及目的路由器[8]。

文章所提架构采用的是2D拓扑结构（如图2所示），因此使用二维坐标对网络中的路由器进行统一的编址（左上角为坐标原点，水平向右为X轴正向，垂直向下为Y轴正向）。

2 传输路由器的确定方法

为了能够尽可能地减小NoC中的通信延时，源IP核必须确定与目的IP核通信相对的一对路由器，因此在IP核发出数据之前必须选择通信的源路由器和目的路由器。传输时的路由器由源IP核所连接的路由器在传输时的实际状况决定。为了能使动态的热IP核所连接的路由器通信量相对平均，我们采用动态的调控机制对这些路由器进行控制。如果某个路由器的通信率大于某个定值x（该值是由设计者根据网络的传输要求设定的经验值，文中所提方法中设定为0.7），则转发的数据包不经过该路由器，否则将按照最短路径原则进行路由器选择。路由器通信率是指某个IP核通过该路由器转发和接收的包数和该IP核转发和接收的总包数的比值，即：

通信率=该路由器转发和接收的数据包数目/该IP核上转发和接收的数据包总数目

在通信过程中，如果源IP核是通信量大的核，那么发包时IP核就要选择从与之相连的路由器上发出数据包。首先我们需要比较这些相连路由器的通信率，选出通信率小于x的路由器；然后通过比较这些路由器与目的节点的曼哈顿距离，得出距离最短的路由器既是所需要选择的路由器。如果IP核不是通信量大的核，数据包则会直接从相连接的路由器发出。如果发送的数据包是发往连有多个路由器的IP核，那么则需要比较源IP核所对应的路由器与连接目的核的路由器的曼哈顿距离，距离最小的路由器就是所要选择的路由器；如果数据包发送给连有一个路由器的核，就直接发送数据包给连接目的核的路由器。算法描述如下：

（1）初始化addr_s，addr_d为Null；初始化distance为$n+m-1$。（addr_s存放的是源路由器地址，addr_d存放的是目的路由器地址，distance存放的是最小曼哈顿距离，n和m分别为mesh网络的行数和列数）；

（2）将目的IP核所对应的所有路由器地址放入link_d中；

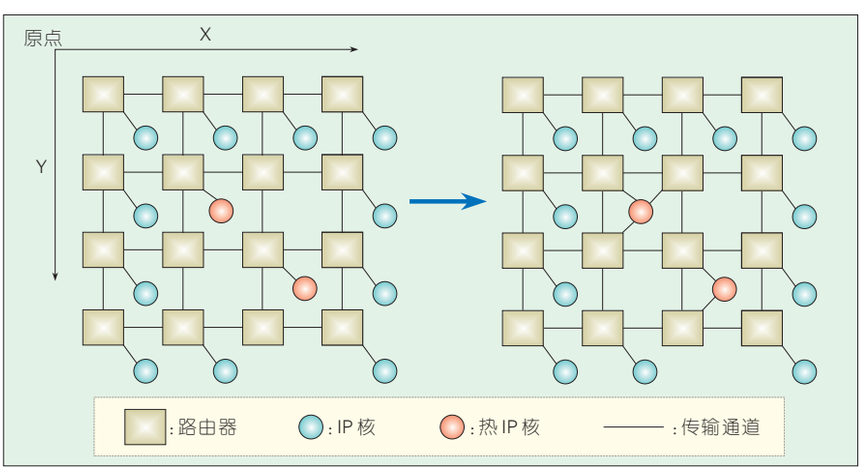
（3）如果源节点不是通信量大的IP核，就直接将所连接的路由器的地址放入link_s；否则，检查每个路由器的通信率确认是否大于x，如果不是，将该路由器的地址放入link_s中；

（4）如果link_d为空，则转为（7）；否则，就从link_d中选择一个地址，并将该地址从link_d中删除；

（5）使用选择的地址和link_s中的每个地址分别计算出曼哈顿距离，比较这些距离，选择出最小的曼哈顿距离；

（6）比较所选择的曼哈顿距离与distance的大小，如果所选择的曼哈顿距离小于distance，将该距离赋值给distance，并从link_d中选择的地址赋值给addr_d，并将计算曼哈顿距离所对应的link_s中的地址赋值给addr_s，后转到（4）；如果所选择的曼哈顿距离大于或等于distance，则直接转到（4）；

（7）将addr_s中的路由器地址设置为源路由器地址，addr_d中的地址设置为目的路由器地址，结束程序。



▲图2 改造后的NoC

通过该方法选择出的源路由器和目的路由器在通信时可以更好地平衡网络的通信流量，在通信量较大的IP核之间通信时能够获得更小的通信延时。

3 仿真实验

3.1 实验模型

本实验使用OPNET编制的NoC仿真平台[9-10]，并基于4x4 2-D Mesh结构进行仿真实验。在实验中，我们通过评估上述的算法和传统结构下XY路由算法的时延和路由的最大交换数，比较算法的优劣。为了能够模拟出通信规模大的IP核，其他IP核会增大与这些IP核通信的概率。在本实验中，我们设置了两个通信规模较大的IP核，以此实现过热点，并且分别做了其他IP核和这两个IP核的通信概率分别为5%、10%、15%、20%、30%、40%的实验，因此实验时包含了16个路由器和13个IP核，实验时所采用的拓扑结构如图2中改造后的架构。

除了这个特殊的通信之外，我们采用的是转置模式的通信，也就是(i, j)节点的数据发送给$(4-i-1, 4-j-1)$[4]。该实验所选用的路由算法为XY路由算法。

其中，数据包的延时指的是数据包进入网络，直到数据包尾部离开网络的这段时间差。网络中数据包的延时主要由3部分组成：

$$P_{delay} = T_{delay} + B_{delay} + L_{delay}$$

其中，T_{delay}表示数据包的传输延时；B_{delay}表示路由内部队列的缓冲延时；L_{delay}表示链路的传播延时。由于相对于传输延时和缓冲延时，链路传播延时要小的多，所以在仿真中我们忽略链路传播延时，即设$L_{delay} = 0$。

平均延时指的是将所得到的各个数据包的延时累加并取平均值：

$$\text{Latency} = \text{pk_num} \sum_{i=1} P_{delay} / \text{pk_num}$$

其中pk_num定义为接收到的数据包个数。

3.2 实验结果

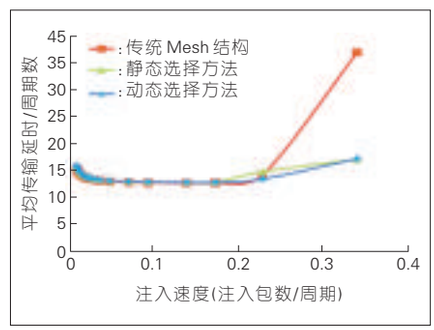
文中所提出的两种NoC结构和传统的2D-Mesh Noc结构的数据传输延时比较如图3-7所示。图3-7中的概率为热IP核与其他IP核的通信概率，传统Mesh结构表示的是传统Mesh结构下的XY路由方法，静态选择方法为文献[8]中的方案，动态选择方法为本文提出的方案。

由图3-7可以看出，在热IP核与其他IP核的通信概率为5%时，3种方案的延时近似相等。当此概率超过5%时，传统的Mesh结构NoC的通信延时要大于剩余两种方案的延时，并且随着概率的增大，通信延时也增大。这是因为在IP核通信时，热IP核的路由器所承担的通信量随着概率的增大而增多。文章所提出的通信选择方案与静态路由选择方案在概率为5%、10%及15%时延时基本上相同。因此热IP核采用这两种方法时，弱化效果基本上相同。但随着热IP核通信量的增多，通信路由器的动态选择方法比静态选择方法更具优势。这是因为与静态选择方法相比，动态选择方法能够更好地调节通信流量，并且使得网络的流量分布更加均衡。

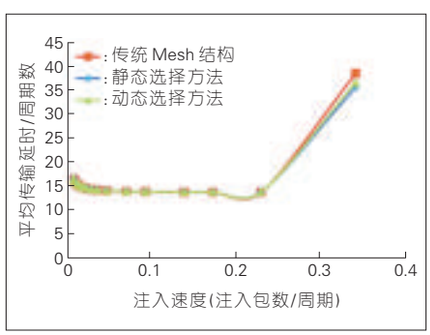
因此，文章所提出的热IP核通信方法具有更低的传输延时，能够提高NoC的通信性能。

4 结束语

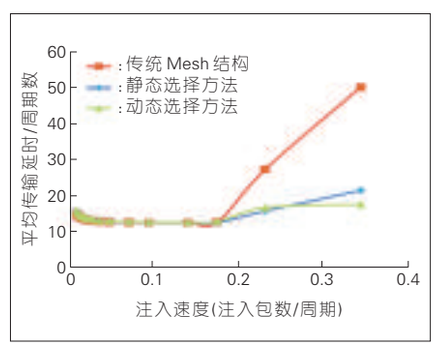
智能终端的飞速发展，导致终端的功能越来越复杂，其芯片集成的IP核越来越多。基于总线架构的SoC设计在IP核间的通信延时较大，此时



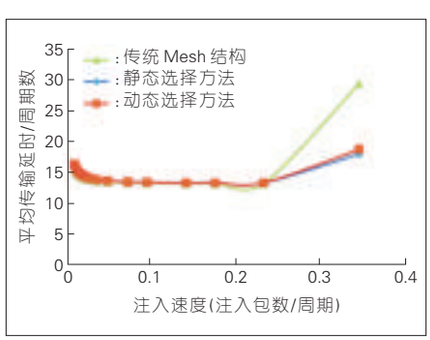
▲图5 15%概率下的延时比较



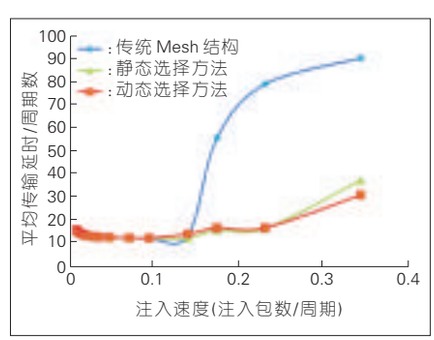
▲图3 5%概率下的延时比较



▲图6 20%概率下的延时比较



▲图4 10%概率下的延时比较



▲图7 30%概率下的延时比较

新兴的NoC架构体现出了其IP核之间通信的优越性。文章提出了一种NoC中热IP核的路由器传输选择方法，通过这种方法可以使得数据在网络中的传输延时减小，并且还能防止拥塞的出现。

参考文献

[1] L. Benini and G. D. Micheli. Networks on chips: a new soc paradigm [J]. IEEE Computer. 2002, 35(1): 70–78.

[2] W. J. Daly and B. Towles. Route Packets, Not Wires: On–Chip Interconnection Networks [C]// Proceeding of Design Automation Conference, 18–22 June, 2001, Las Vegas, NV. USA: IEEE, 2001:684–689.

[3] M. Daneshtalab, A. Sobhani, A. Afzali–Kusha, et al. NoC Hot Spot minimization Using AntNet Dynamic Routing Algorithm [C]// Proceedings of 17th ASAP, 11–13 September, 2006, Steamboat Springs, Colorado, USA. USE: IEEE Press, 2006:33–38.

[4] G. Chiu. The Odd–Even Turn Model for Adaptive Routing. [J]. IEEE Transaction on Parallel and Distributed System, 11(7), 2000: 729–738.

[5] A. Sobhani, M. Daneshtalab, A. Afzali–Kusha, et al. Dynamic Routing Algorithm for Avoiding HotSpots in On–chip Networks [C]// Proceedings of DTIS, 2007,Tunis,USA.USA: IEEE Press, 2006:179–183.

[6] P. Lotfi–Kamran, M. Daneshtalab, Z. Navabi, et al. BARP– A Dynamic Routing Protocol for Balanced Distribution of Traffic in NoCs to Avoid Congestion [C]// Proceedings of 11th DATE Mar 2008, Germany.USA: IEEE, 2008: 1408–1413.

[7] Isask'har Walter, Israel Cidon, Ran Ginosar, et al. Access Regulation to Hot–Modules in Wormhole NoCs [C]// First International Symposium on Networks–on–Chip(NOCS 2007), Washington DC, USA, 7–9 May, 2007. USA: IEEE, 2007:137–148.

[8] 欧阳一鸣,郭凯,梁华国.片上网络通信中过热点的弱化方法[J].电子测量与仪器学报,23(8), 2009:99–104.

[9] OPNET Modeler[EB/OL].[2012–03–18].http://www.riverbed.com/products–solutions/products/application–performance–management/

[10] N.Wu, F.Ge, Q.Wang. Simulation and performance analysis of network on chip architectures using OPNET [C]//ASIC, 2007. ASICON '07,GuiLin, China, Oct. 2007. USA: IEEE,2007: 1285–1288.

作者简介

周本文，中国科技大学硕士毕业；现就职于中国移动通信集团安徽有限公司任高级开发工程师；从事移动互联网应用研究与开发，负责移动互联网客户端应用研究工作；获国家发明专利2项。

郭凯，合肥工业大学硕士毕业；现就职于中国移动通信集团安徽有限公司任开发工程师；从事移动互联网应用的研发，负责移动客户端的研发工作；已发表论文4篇。

综合信息

中兴通讯技术杂志社北京迎春联谊会隆重召开

2014年1月11日，北京新世纪日航饭店洋溢着热烈、喜悦的气氛，“中兴通讯技术杂志社2014北京迎春联谊会”在这里隆重召开。刊物在京编委及来自通信运营商、高等院校、科研院所、期刊管理部门的60多位嘉宾共聚一堂，叙旧迎新，畅谈合作与发展。

中兴通讯副总裁、杂志社总编孙枕戈博士到会并发言。他代表中兴通讯与代表们分享了ICT产业即将进入“M”时代的观点，提出了“M–ICT时代”行业需要重点关注的十大方向。中兴通讯技术杂志社常务副总编黄新明介绍了2013年刊物发展情况，以及产学研合作最新成果。他体会办刊工作与产学研合作可以有机结合，相互促进，共同发展。

联谊会由杂志社中文刊编委会主任、北京邮电大学钟义信教授主持。北京邮电大学杨放春副校长到会并讲话。谈振辉、蒋林涛、赵慧玲、王京、张宏科、李红滨等编委充分肯定了刊物发展所取得的成绩，并希望刊物开辟争鸣栏目。针对通信热点话题，嘉宾们畅所欲言，热烈讨论，享受轻松愉快的学术交流氛围。

一年一度的杂志社迎春联谊会是一个温暖的聚会，它不仅拉近了产学研距离，还碰撞出绚丽多彩的智慧的火花。

DOI:10.3969/j.issn.1009-6868.2014.01.014
http://www.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20140108.1709.003.html

智能无线电技术

1

宋腾辉/SONG Tenghui，窦峥/DOU Zheng，林云/LIN Yun
（哈尔滨工程大学信息与通信工程学院，黑龙江 哈尔滨 150001）

[编者按]随着软件无线电技术的发展，智能无线电技术逐渐成为通信领域关注的热点，并给无线通信带来新的发展空间。讲座将分为3期对智能无线电技术技术进行介绍：第1期讲述智能无线电技术的背景及发展现状；第2期详细介绍了智能无线电技术中的关键技术——软件无线电的架构，并从其应用及通用平台设计角度分析各类平台的优缺点；第3期介绍了软件无线应用中的多种开发工具。

中图分类号：TP393 文献标志码：A 文章编号：1009-6868 (2014) 01-0063-04

1 智能无线电背景及发展现状

软件无线电（SDR）和认知无线电（CR），是目前智能无线电技术技术讨论的主要热点。随着SDR和CR的深入研究，人们已经意识到其潜在能力不仅停留在最初要解决的问题上，还可以具有超出通信领域更广泛、更强大的应用。第1节从智能无线电技术需要解决的问题入手，介绍了SDR和CR概念的由来、关键技术概述以及应用情况，并讨论了SDR和CR的关系。

1.1 无线通信中的两个问题

随着通信技术的发展，出现了越来越多的信号形式和各种各样的无线通信系统及标准，通信行业出现了空前的繁华。伴随着这些系统和标准发展也出现了两大问题，针对这两个问题智能无线电技术被提出并得到了广泛探讨。

不同通信系统间的协同工作、无缝连接、多标准及多模式兼容成为了一大难题。例如，在大规模普及的无线移动通信中，随着各种新标准、新协议的不断发布，无线系统制造商和通信服务提供商不得不通过系统升级，融入先进的技术，不断为用户提供高质量的通信服务。但是，从1G到4G的发展过程中，暴露出一些体制升级带来的严重问题。对系统的反复重新设计和硬件的不断更新换代，不仅消耗昂贵的成本，而且浪费了很多资源，同时给终端用户也带来诸多不便。为此，越来越多的服务提供商和用户都开始关注能经得起时间考验的无线通信系统，而不是像现在的系统（随着技术的发展，不断地面临被淘汰、废弃的尴尬境地）。当然，这些问题并非仅存在于移动通信中，而是一直普遍存在于各类通信形式中。在这样的背景下，人们在无线通信系统设计中提出了一种经得起时间考验的系统设计方法——软件无线电。

无线通信中的另一个重要问题是频谱资源的有效利用率低。目前对于频谱资源管理，国际上采用的通用做法是实行授权和非授权频率管理体制，对于授权频段，非授权者不得随意使用。美国联邦通信委员会（FCC）的研究表明，在大部分时间和地区，授权频段的平均利用率在15～85%之间。另一方面，开放使用的非授权频段占整个频谱资源的很小一部分，而在该频段上的用户却很多，业务量拥挤，无线电频段已基本趋于饱和。静态的频谱分配原则导致频谱资源利用极不均衡。显然，真正的问题不是频谱资源的匮乏，而是我们目前采用的固定频谱分配制度，该制度是一种频谱利用率极其低下的分配制度。如何对不可再生的频谱资源合理再利用并实现频谱共享，已成为目前全球性的研究热点。为解决频谱资源的有效利用问题，基于软件无线电的认知无线电应运而生了。

1.2 软件无线电

软件无线电提供了一种建立多模式、多频段、多功能无线设备的有效而且相当经济的解决方案，可以通过软件升级实现功能提高。软件无线电可以使整个系统（包括用户终端和网络）采用动态的软件编程对设备特性进行重配置，也就是说相同的硬件可以通过软件定义来完成不同的

收稿日期：2013-12-10
网络出版时间：2014-01-08

功能[1-3]。

人们逐渐认识到SDR的潜力并非仅局限于通信领域，它也可应用在无线电工程的其他相关领域，如雷达、电子战、导航、广播电视、测控等。而软件无线电论坛对软件无线电的定义更加全面、系统，它强调了软件无线电是一种新型的体系结构，是一种解决方案，同时强调通过动态的软件编程可以对相同的硬件进行重构，使之完成不同的功能等思想。SDR的第3种定义，已经超出了通信领域，它讨论的是现代无线电工程。相比一个无线电系统，SDR更像是一种设计方法和设计理念。第3种定义强调平台硬件结构简单化，便于重构和升级的构件化功能软件[4]。

从上述讨论中，我们对软件无线电的特点有了一定的认识，其具体特点可以概况为：天线智能化、前端宽带化、硬件通用化、功能软件化和软件构件化。简单地说，具备这些特点的软件无线电在其系统硬件无需变更的情况下，可以在不同的时候根据需要通过软件加载来完成不同的功能。图1给出了软件无线体系框架。

对于软件无线电，人们关注最多的是它的组成结构、硬件实现、技术可行性等，一开始很少有人关心软件无线电的理论支撑，因此造成从事软件无线的相关新人无法客观地认识软件无线体系。图1给出了软件无线电体系框架，比较系统地描述SDR体系，包括软件无线电的理论体系、软件无线电的技术体系以及软件无线电的应用体系。目前软件无线电的理论、软件算法及应用等并不局限于图1里提及的。图2给出了一种实际的SDR体系，它是一种全球微波互联接入（WiMAX）网络中的实际SDR架构[5]。

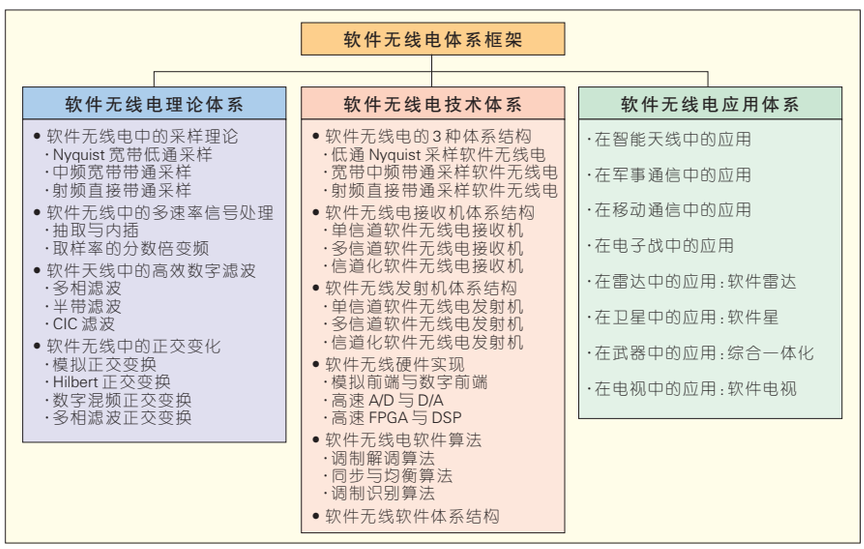
软件无线的应用较为广泛。软件无线电的概念虽然是从通信领域提出的，但这一概念一经提出就得到了包括通信、雷达、电子战、导航、测控、卫星载荷以及民用广播电视等整个无线电工程领域的广泛关注，已成为无线电工程领域具有广泛适用性的现代方法。经过近20年的推广和全世界范围的深入研究，软件无线电概念不仅得到了普遍认可，而且已获得广泛应用。尤其是近几年，软件无线电的发展势头更猛，已遍布到无线电工程的每一个角落：从3G到4G，从美军的多频段多模式电台（MBMMR）到联合战术无线电系统（JTRS）都是以软件无线电概念进行设计、开发的，甚至就连完成单一功能的全球定位系统（GPS）也要进行软件化设计[6]，以适应未来导航技术的发展需要。

1.3 智能化软件无线电——认知无线电

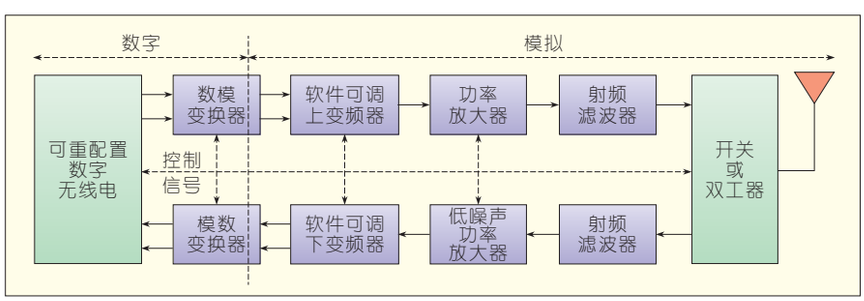
认知无线电概念最早是由瑞典Joseph Mitola博士于1999年8月提出的[7]，是对软件无线电功能的进一步扩展。Joseph Mitola博士提出认知无线电的概念，最初的主要目的是想解决前面提到的频谱资源的有效利用问题。

认知无线电是一种具有频谱感知能力的智能化软件无线电，它可以自动感知周围的电磁环境，通过无线电知识描述语言（RKRL）与通信网络进行智能交流，寻找“频谱空穴”，并通过通信协议和算法将通信双方的信号参数（包括通信频率、发射功率、调制方式、带宽等）实时地调整到最佳状态，使通信系统的无线电参数不仅与规则相适应，而且能与环境相匹配，并且无论何时何地都能达到通信系统的高可靠性以及频谱利用的高效性。

认知无线电的架构设计原则是将SDR、传感器、感知和自主机器学



▲图1 软件无线电体系框架



▲图2 一种WiMAX网络中的实际SDR架构

习（AML）融合在一起，利用在射频（RF）端和用户域中的观察（传感、感知）、导向、规划、决策、行动和学习（OOPDAL环）能力，来提供更好的信息质量（QoI）[8]，并且利用SDR、传感器、感知和AML集成在一起创造意识、自适应和认知无线电，在射频和用户域完成从简单的感知或自适应变换为确定的认知无线电。图3给出了理想认知无线电功能组件架构，包括了SDR单元和相关认知单元[9]。认知无线电架构在计算智能和学习能力上提升了软件无线电。

图4给出了最简单的由意识与自适应迈向认知无线电的节点结构，便于读者从功能特性上来认识认知无线电。该节点结构包括了6种功能单元。

6种认知无线电架构（CRA）功能单元分别是：

- 用户传感感知（USER SP）接口，包括触觉、听觉和视觉感觉与感知功能。
- 本地环境传感器，包括位置、温度、加速计、指南针等。
- 系统应用，例如玩网游等独立于媒体的服务。
- SDR功能，包括射频感知和SDR无线应用。
- 认知功能，用于系统控制的符号训练、计划和学习。
- 本地效应器功能，包括语音合成、文本、图形和多媒体显示。

认知无线电的主要特点是它的重构能力，它不仅要完成最主要的通信功能，同时还需要具备包括信道搜索与信号分析在内的电子侦察的功能。认知无线电的体系结构[10]如图5所示。

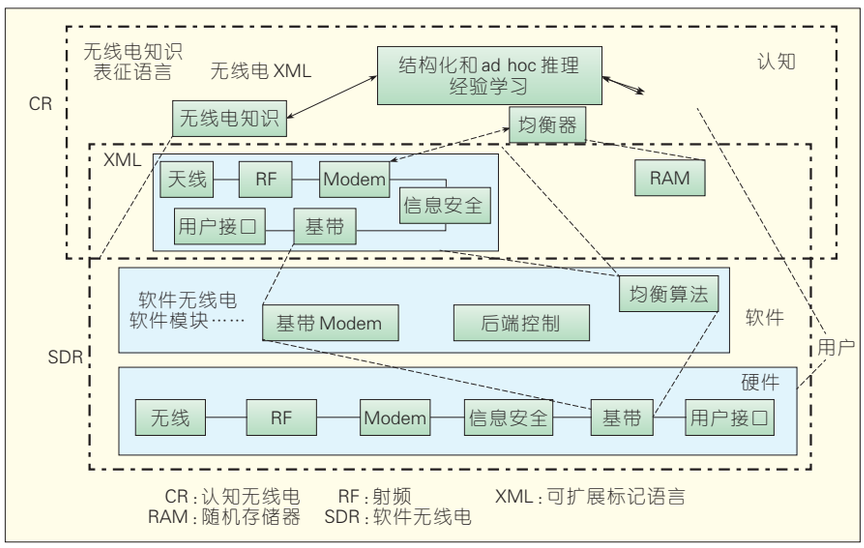
频谱分析主要完成对“频谱空穴”的分析，如“空穴”所占的带宽、“空穴”的干扰或噪声电平、“空穴”的时间分布特性等。另外，频谱分析还需完成对新信号的调制识别、信号参数测量等，以便进行后续的解调解码和协议分析。

频谱决策是指在完成频谱扫描和频谱分析的基础上，确定通信载频、通信体制、通信参数和发射电平。

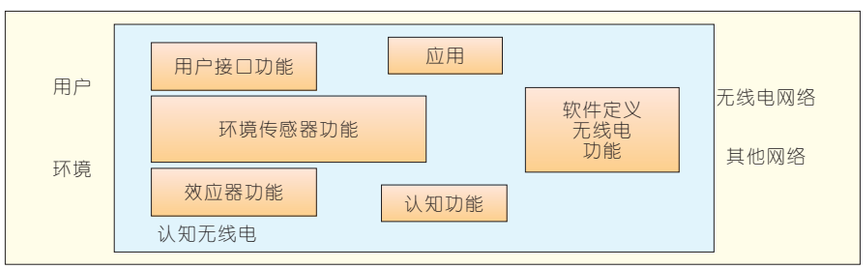
频谱监视是指双方在建立通信后，对该通信信道所进行的“在线”检测，一旦发现有“干扰”信号存在（该干扰可能是授权用户信号，也可能是无意或有意的干扰信号），立即进行“频谱搬移”，主动让出该信道，并寻找新的“频谱空穴”建立通信。

链路建立是指在完成频谱决策后，根据所确定的载频、电平、体制等信号参数以及链路建立协议，通过波形产生模块并且快速形成链路建立信号，同时主动发向对方，并等待对方的回执。

调制发射主要完成信号产生功能，它借助可重构软件无线电平台，通过加载软件可以产生所需要的各种通信信号。



▲图3 理想认知无线电功能组件架构



▲图4 最简单的由意识与自适应迈向认知无线电的节点结构

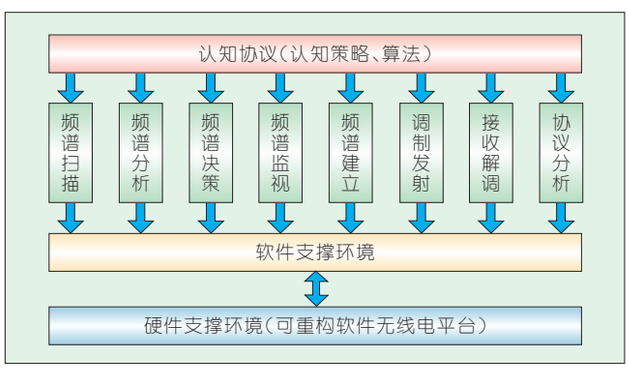


图5▶ 认知无线电体系结构

接收解调主要完成对通信信号的接收和解调，它借助可重构软件无线电平台，通过加载软件可以对各种通信信号进行解调处理。

协议分析主要完成对链路建立信号解调比特流的分析，并根据预先约定的通信协议进行特征码、信息字段的提取，以确定通信对象（包括所在的地理位置信息）、通信体制、通信频率等信息，并按要求向对方发送链路建立回执。

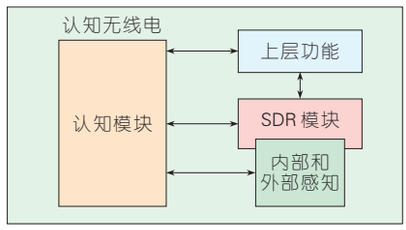
认知协议是认知无线电的核心，它是认知无线电具有“认知”能力的重要保证。认知协议完成感知信息交换，即将收发两方的“频谱空穴”信息互相传递，解决了己方不清楚对方“频谱空穴”的问题。

由上述分析可知，认知无线电不仅具有通信功能，而且还需具备频谱探测能力，具有多功能特征，但其功能实现还需要借助于软件无线电来实现。

1.4 SDR和CR的关系

认知无线电的主要特点之一就是自适应性，即根据无线通信环境、用户所在位置、网络条件、地理位置等信息的变化来改变通信参数（包括频率、功率、调制方式、带宽等）。这种动态加载性，正是SDR具备的能力，由于不使用特定功能的模拟电路和器件，SDR能够提供一种灵活的无线通信功能。由此看来，认知无线电的一种良好的实现方式就是围绕SDR来进行设计，也就是说，SDR技术可以认为是CR技术实现的基础内核。正如Joseph Mitola博士所说，CR是对SDR功能的进一步扩展，可以理解为CR能够根据所处环境和地理位置以及内部状态，能自行调整其运行的功能应用来达到定制目标的SDR。

CR的模型可能存在多种，从功能上简单划分，可以分成四大模块：认知模块、上层功能模块、内部和外部感知模块、软件定义无线电模块，如图6所示。



▲图6 SDR和CR关系

认知模块根据输入参数的变化来控制SDR，这些参数是从无线环境、用户内容和网络学习（感知）中获得；认知模块对无线电硬件的性能和硬件设备可以认知，可以知道无线通信参数。SDR模块就是基于软件的数字信号处理组件（如GPP/DSP/FPGA等可编程器件）和软件可调射频组件（如电子可调滤波器）。由于SDR支持多种标准（如GSM/EDGE/WCDMA/CDMA2000/Wi-Fi、WiMAX），同时支持多种接入技术（如TDMA/CDMA/OFDMA/SDMA），并且支持宽频带不同带宽的工作方式，其应用非常灵活。

将SDR和CR相比较，我们会发现：SDR关注的是采用软件方式实现无线电系统信号的处理，而CR强调的是无线系统能够感知操作环境的变化，并据此调整系统工作参数，实现最佳适配。从这个意义上讲，CR是更高层的概念，不仅包括信号处理，还包括根据相应的任务、政策、规则和目标进行推理和规划的高层活动。所以，认知无线电是智能化的软件无线电。

目前，软件无线电仍未得到完全发展，对于软件无线电平台的开发，对软件无线电应用以及认知无线电的开发都具有重要意义。在第2讲中我们将重点介绍CR技术的基础核心SDR的架构，以期对相关软件无线电和认知无线电预研人员或正在跟踪项目的开发人员提供技术信息支持。（待续）

参考文献

[1] Mitola J. Software radio: Survey, critical evaluation and future directions [J]. Aerospace and Electronic Systems Magazine, IEEE, 1992, 04: 25–36. doi: 10.1109/62.210638.
[2] Lacky R J, Upmal D W. Speakeasy: The military software radio [J]. IEEE Communication Magazine, 1995,03: 56–61. doi: 10.1109/35.392998.
[3] 向新, 等. 软件无线电原理与技术[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2008.
[4] 杨小牛, 娄才义, 徐建良. 软件无线电技术与应用[M]. 北京: 北京理工大学, 2010.
[5] Retnsothie F.E., Ozdemir. M. K., Yucek T., Zhang J., Celebi H., Muththhaiah R.. Wireless IPTV over WiMAX: Challenges and Applications[C]//IEEE Wireless and Microwave Technology Conference, Clearwater Beach, FL. 2006: 1–5. doi: 10.1109/WAMICON.2006.351905.
[6] Kolodzy P. Spectrum Policy Task Force: Findings and Recommendations[C]// International Symposium on Advanced Radio Technologies (ISART), Colorado, USA, 2003.
[7] Mitola J. Cognitive radio: An integrated agent architecture for software defined radio[D]. Sweden: Royal Inst. Technol.(KTH), 2000.
[8] Joseph Mitola III. 认知无线电架构无线XML的工程基础[M]. 任品毅, 尹稳山译. 西安: 西安交通大学出版社, 2010:113–115.
[9] Huseyin Arslan. 认知无线电、软件定义无线电和自适应无线系统[M]. 任品毅, 吴广恩译. 西安: 西安交通大学出版社, 2010: 48–51.
[10] 杨小牛. 从软件无线电到认知无线电走向终极无线电——无线通信发展展望[J]. 中国电子科学研究院学报, 2008, 3(1): 1–7.

作者简介

宋腾辉，哈尔滨工程大学信息与通信工程学院电子与通信工程专业在读硕士研究生；研究方向为宽带通信系统设计与信息处理。

窦峥，哈尔滨工程大学信息与通信工程学院副教授、博士生导师，工学博士后；研究方向为宽带通信系统，高速数字信号处理，基于软件无线电的智能通信系统及一体化平台设计、超宽带通信信号处理等；目前主要承担国家自然科学基金、国防基础研究重点项目等8项项目工作；发表学术论文30余篇，其中SCI、EI检索共20篇。

林云，哈尔滨工程大学信息与通信工程学院讲师，工学博士；研究领域为宽带信号处理；已参与完成基金项目12项，获得国防科技进步三等奖1项；已发表学术论文38篇，其中SCI检索1篇，EI检索15篇。

《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1个月左右的时间。

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/结论,150 ~ 200字为宜。摘要应具有独立性和自明性,采用第三人称的写法。中英文摘要应一致。

(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].保存地点:保存单位,授予年.
- 专利[序号]专利所有者. 专利题名. 国别:专利号[P]. 出版日期.
- 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2寸正面、免冠、彩色标准照片一张,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117期
2014年8月 第20卷第4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
副总编：赵今明
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：合肥中建彩色印刷厂
出版日期：2014年8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