

· 学科进展 ·

网络空间智慧搜索研究进展及关键科学问题*

方滨兴¹ 刘克^{2**} 吴曼青³ 贾焰⁴ 陈熙霖⁵
孟庆峰² 赵瑞珍² 张兆田² 秦玉文²

(1. 北京邮电大学,北京 100876;2. 国家自然科学基金委员会,北京 100085;
3. 中电集团 38 所,合肥 230088;4. 国防科技大学,长沙 410073;
5. 中科院计算所,北京 100190)

[摘要] 本文基于“网络空间智慧搜索基础研究”双清论坛,介绍了网络空间搜索面临的问题和挑战,分析了大搜索的内涵及其特点,阐述了网络空间大搜索的科学问题和研究内容,讨论了大搜索研究的预期目标和成果,并对网络空间大搜索的研究前景进行了展望。

[关键词] 网络空间搜索;大搜索技术;意图理解;意图匹配;智慧解答

DOI:10.16262/j.cnki.1000-8217.2015.04.005

搜索引擎是指从互联网搜集信息,经过一定整理以后,提供给用户进行查询的系统。传统搜索引擎填补了人们和信息空间之间的信息鸿沟,在促进互联网飞速发展,加快互联网应用的普及方面,起到了重要作用。

然而,随着搜索空间从面向信息的互联网扩展到了人、机、物互联的泛在网络空间^[1],网络应用模式也从 Web 1.0 发展到了 Web 3.0^[2],以及大数据的出现^[3],传统的搜索引擎已经不能满足需求,新时代的搜索引擎技术——大搜索引擎应运而生。

1 大搜索引擎面临的挑战

1.1 网络搜索空间的扩展

泛在网络空间是一种建立在互联网基础之上具有自适应特性的智能网络,它通过各种有线和无线网络与物联网、互联网、传感网^[4]相融合,综合应用海量的传感器、智能处理设备终端,实现物与物、物与人、人与人之间在任何时候、任何地点的安全有效连接,方便识别、管理和控制。

网络空间的扩展,使得搜索范围由互联网扩展到“互联网+物联网+传感网”所形成的泛在网络空间,搜索对象由传统的信息扩展到了物体、信息和人

物组成的三元世界。传统的、面向关键字的搜索难以满足搜索空间扩展的需求,搜索引擎必须进行变革,才能适应时代发展的需要。

1.2 网络应用模式的扩展

网络的应用模式从依靠点击流量取胜的综合门户 Web 1.0 时代,发展到高度交互、人人都可参与的 Web 2.0,如社交网络应用,并向更高级的数据库化、高度知识智能化的 Web 3.0 应用模式发展。在 Web 1.0 时代,主要以单向阅读的静态网络为主,商业公司和少数人将大量的信息编辑、上传到网上,用户通过浏览器获取信息,属于制造者和消费者之间的关系。在以社交网络^[5]为代表的 Web 2.0 时代,任何人既是网络信息的消费者,也是网络信息的制造者,相互影响,频繁交互。在 Web 3.0 语义网络^[6]时代,则以网络化和个性化为特征,可为人们提供更加个性化的智能服务。

以 Google 和百度为代表的搜索引擎对 Web 1.0 应用产生了巨大推动作用,现在依然发挥着重要作用。但在 Web 2.0、Web 3.0 时代,数据具有模态多样、快速产生、动态交互、碎片化、变化演绎等特点,给搜索引擎技术带来了新的挑战。

1.3 大数据时代的到来

目前具有 5 V 特性的大数据已无处不在,表现

收稿日期:2015-04-21;修回日期:2015-05-25

* 本文根据第 120 期“双清论坛”的讨论内容整理。

** 通信作者,Email: liuke@nsfc.gov.cn

在:(1) 规模大,从 TB 级别跃升到 PB、甚至 ZB 级别,例如:2011 年全球产生互联网数据达 1.8 ZB,中国联通上网记录每秒 83 万条;(2) 数据类型繁多,例如文本、视频、音频、图片及其变化组合;(3) 速度快,数据高速持续生成,要求实时处理;(4) 不确定性,数据不确定,来源不可信;(5) 价值,大量的数据中存在极有价值的信息。

各行各业正在运用不同的手段挖掘大数据的价值,例如:中国移动运营商利用掌握的用户大数据分析发现,随着微信的发展,短信业务大幅下降,随之调整套餐,增加了利润;亚马逊个性化推荐系统,基于用户购买、浏览记录和行为历史进行大数据分析,进行个性化推荐,实现了销售额增长 30%。随着数据的不断发布和公开,通用的、可服务于广大民众的搜索技术正成为迫切的需求。

1.4 搜索引擎面临的挑战

已有搜索引擎按其工作方式主要可分为三种:全文搜索引擎、垂直搜索引擎^[7]和元搜索引擎^[8]。全文搜索引擎是通过从互联网上提取各网站的信息创建数据库,用户输入关键词,搜索引擎将数据库中网页按相关度排序,将这些网页链接返回给用户^[9],如 Google、Baidu 和 Bing;垂直搜索专注于特定的搜索领域和搜索需求,是搜索引擎的细分和延伸,可划分为人搜索、物体搜索、服务搜索和领域搜索等,如大众点评网、同城网和房产搜索等;元搜索引擎是同时在其他多个引擎上进行搜索,将结果返回给用户,如 MetaCrawler^[10]等。

面对极度扩展的搜索空间,不断发展的 Web 2.0 和 3.0 应用模式,以及大数据价值挖掘等需求,搜索引擎技术也面临着挑战。首先,传统搜索引擎不能满足泛在网络空间中物体、信息和人物的搜索需求;其次,Web 2.0 和 3.0 等应用产生数据速度快,具有动态性、短文本、碎片化、模式多变、发展演绎等特点;第三,如何将各个行业的数据价值挖掘服务,变成一种通用的、可发布的、服务于广大民众的搜索技术;第四,人们已经不满足于搜索引擎只是给出存在性的结果,而是需要一组智能解决方案。

总之,传统的搜索引擎技术难以满足用户需求,必须有革命性的、里程碑式的新一代搜索引擎,实现从包含信息、人物和物体的泛在网络空间,日新月异的 Web 2.0 和 3.0 应用模式,以及无处不在、动态产生的大数据中获取信息,满足用户真实搜索意图,提供有价值的智慧解决方案。

2 大搜索的内涵

2.1 大搜索基本概念

网络空间大搜索是指在大数据环境下,支持泛在网络空间和 Web 2.0/3.0 应用,支持对人物、信息、物体搜索,在准确理解用户意图的基础上,给出满足用户需求的智慧解答的全新搜索技术。

用户意图理解是指针对用户意图输入的多模态特性,在消除歧义^[11]的基础上,结合用户的上下文^[12]和语义知识^[13],迅速、准确地理解和确定用户的真实意图,从而缩短用户与搜索引擎的交互流程,达到提高用户感受、获得精准搜索结果的目的。

智慧解答是在综合利用大数据价值和知识体系的基础上,经过匹配^[14]、推理^[15]、计算以及众包^[16]等技术和方法,形成若干个智慧综合的解决方案,给出真正满足用户需求的可供选择的解决方案体系,而不仅仅是简单匹配的存在性搜索结果。

2.2 大搜索的特点

与传统的搜索引擎相比,网络空间大搜索具有以下 5 个特点:

(1) 泛网获取(Sourcing from the cyberspace)。网络空间大搜索的泛网数据获取是指根据给定的目标和任务,在泛在网络空间获取数据,其数据空间是涵盖了人、物、信息的泛在网络空间,获取的数据类型包括人、物、事件、时间、空间等各类信息,并进行有效组织、存储和管理,为智慧解答奠定基础。

(2) 意图感知(Intention sensing)。大搜索引擎结合用户请求的上下文、时空特性、场景感知、动作情感等方式,支持在语义级别上对用户搜索意图进行理解,并以恰当的方式进行表示,提交给搜索引擎。意图感知是大搜索的基础,是指对用户搜索意图的精确化理解。

(3) 多源综合(Multiple information fusion)。主要是指基于多模态数据(如文本、位置、传感器、交通、图片、音视频等数据)进行多源关联推理,并给出的多维度、多属性、多模态智慧解答。

(4) 安全可信(Security, privacy and trust)。是指搜索结果的可信性和对用户的隐私保护。不同于传统搜索引擎给出的是存在性的内容,大搜索需要对数据进行挖掘、分析和加工,在此基础上给出综合的解答,因此其结果的可信性至关重要;搜索中的关联分析,会挖掘出潜在的用户隐私,因此需要进行隐私保护。

(5) 智慧解答(Intelligent Solutions)。传统搜

引擎的搜索结果只包含用户输入关键词的匹配网页,而网络空间大搜索引擎返回的答案是经过理解和推理综合的解答。具体过程是根据用户的搜索意图,基于知识仓库对关联的知识进行求解,通过推理、统计、众包等多种推理演算方法,形成若干个智慧综合的解决方案,并将之以合适的方式提交给用户。

2.3 大搜索引擎系统架构

如图1所示,搜索引擎在信息世界的地位是填补人与信息世界的信息断层,而网络空间大搜索引擎对于互联网用户的体验与应用将有革命性的提升和改善,与传统搜索引擎相比,其基本流程的区别主要表现在以下几个方面:

(1) 关联信息发掘:即对泛在网络空间中的数据获取和信息挖掘,包括互联网、物联网、社交网络、医疗健康、视频监控、地理信息等空间中的各类数据。

(2) 知识仓库构建和管理:即面向泛在网络空间的海量对象及关系进行建模,该模型支持语义级、巨规模实体、关系及其演化的表示,并形成知识立方。

(3) 搜索意图理解:即结合用户的上下文和语义知识等方法,迅速、准确地理解用户的真实意图。

(4) 知识推演:经过匹配、推理、计算乃至众包等技术和方法,形成若干个满足用户真正意图的智慧综合的解决方案。

(5) 安全隐私保护:即保证用户搜索的全程安全,使数据源可信、搜索过程可控、搜索结果可过滤。

3 科学目标和核心科学问题

3.1 科学目标

以网络空间大搜索的需求和挑战为研究目标,揭示大搜索的核心科学问题,采用理论研究和实证研究相结合的方法,探索人们对泛在网络空间真实搜索意图的理解与表示机理,解决泛在网络空间中复杂海量的人、物体和信息等实体以及实体之间关系的模型构建以及演化机制描述方法,提出用户意图在搜索空间的快速匹配模型和方法,探索泛在网络空间中的搜索解答的安全可信与隐私保护机理,构建面向网络空间大搜索的运行支撑平台及环境;融合 Web 2.0/3.0 应用,面向社交网络、公共医疗、音视频检索、热点事件追踪等典型应用领域,验证大搜索相关的基础理论,构建网络空间大搜索的典型示范应用;提升我国在网络空间大搜索的原始创新能力和国际影响力,推动信息技术发展,满足国家安全分析需求,抢占 IT 技术的战略高地。

3.2 核心科学问题与研究内容

网络空间大搜索的研究涉及以下五个科学问题及研究内容:

(1) 泛在网络空间信息获取与发掘:以一定的策略和方法、面向给定目标任务,在网络空间中采集、获取和推演相关数据和信息。主要研究内容包括:

(a) 面向目标任务的多来源、多模态数据获取方法:面向各种应用领域和不同数据模态的目标任务表示、匹配及获取技术;面向实时数据流的目标信

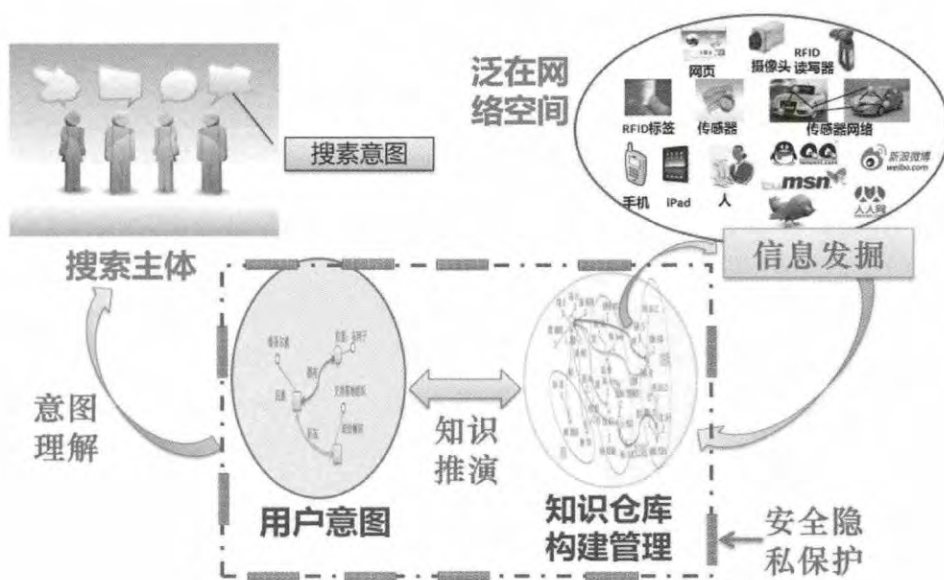


图1 大搜索引擎架构示意图

息采集技术;目标驱动的异构、异质数据的协同采集技术;巨规模采集任务并行计算和管理平台技术;目标采集数据的完整性和精确性评估模型等。

(b) 面向目标任务的关联数据发掘方法:数据关联推演知识的表示、管理以及基于推演的间接数据获取方法;基于上下文的多模态数据关联挖掘方法;场景、时空感知的关联数据挖掘分析方法;基于众包、标注等方法的关联数据挖掘方法等。

(c) 巨规模、多模态实时数据流的清洗方法:基于滑动窗口数据摘要及优先队列的重复数据删除技术;基于编辑距离算法的异构相似数据匹配技术;基于情景语义描述模型的噪音数据清洗技术等。

(d) 泛在网络空间数据融合与冲突消解方法:基于数据依赖关系图的多模态异构数据的融合计算模型;情境驱动的多层次融合和情景语义描述模型;基于本体论的多层次(数据级、特征级、决策级)数据冲突消解方法等。

(2) 知识仓库的构建和管理:在给出泛在空间巨规模实体关系统一建模知识表示的基础上,再对知识从不同维度、不同层次等方面进行聚合、组织和关联,并维护其最新状态,提供高效的查询、匹配和推演等操作。主要研究内容包括:

(a) 巨规模实体关系的表示模型和方法:基于超图的统一实体关系表示模型;实体间巨复杂关联关系及其演化的表示方法;实体多维属性及其时空变化的表示方法;基于实体关系表示模型的实体查找、关联、推演等演算方法。

(b) 基于实体关系模型的知识仓库组织和管理:面向概念、事件、人物等目标的巨规模知识组织管理方法;多维度、多尺度的知识高效匹配和查询技术;高可扩展、可演化的知识仓库体系架构;知识仓库的支撑计算平台技术等。

(c) 知识仓库的实时演化和更新:基于概率统计的巨规模关联知识推演方法;基于大数据关联分析的知识挖掘方法;基于面向知识仓库的规则推演的知识发现方法;基于众包的知识冲突消解方法;知识仓库质量的评价方法等。

(3) 用户搜索意图的准确理解与表示:基于用户查询输入的关键词、语音、手势等内容,在语义级准确理解用户的意图,并采用支持高效查询推演的统一模型进行表示。主要研究内容包括:

(a) 搜索意图的统一表示和语义建模:面向多模态数据的语义级用户意图的统一表示方法;用户意图时空特性的表示方法;用户意图的场景相关特

性的表示方法;用户意图的情感相关特性的表示方法等。

(b) 语义级用户意图准确理解方法:基于上下文感知的用户意图理解方法;基于时空特性的用户意图理解方法;基于统计分析的用户意图理解方法;基于情感分析的用户意图理解方法;基于事件推演的用户意图理解方法;多维度综合的用户意图理解方法;用户意图理解评价模型和方法等。

(4) 用户意图的高效匹配和推演:是指运用统一表示的用户意图在知识仓库中进行匹配推演,求解问题,给出一组有序的推荐解答方案的过程。主要研究内容包括:

(a) 基于图模型、文本模型等的搜索意图匹配技术:大图的高效索引和分布式组织管理技术;大图划分和分布式缓存理论与方法;面向大图结构的特性分析技术;基于大图的高效查询及其优化技术;基于大图的用户意图高效推演技术等。

(b) 面向用户意图的解答排序与评估技术:研究异构信息聚合搜索评价技术,分析服务信息源和用户意图的关系,评价返回的各种类型的信息之间的相互作用,通过信息源的排序来综合评价整体结果质量;研究搜索结果评估体系,主要实现不同设备上的搜索体验的评估;针对大搜索下的用户行为分析与建模,评价需求和目标的用户满意度等。

(5) 大搜索安全可信与隐私保护:主要解决源数据获取、融合分析、结果返回使用等环节中的信息来源可信、数据访问安全和隐私泄漏保护等问题。主要研究内容包括:

(a) 数据源可信与信息溯源技术:研究数据源可信方法,包括数据来源真实性的快速验证、不完整数据快速清洗与恢复、数据质量管理机制与方法;研究数据在演化过程中的纵向溯源演化的理论模型和方法;研究搜索结果的推理过程溯源方法。

(b) 细粒度的搜索访问控制技术:研究支持数据复用的访问控制模型及其动态策略调整机制;不同数据源综合结果的所有权动态划分及其访问控制;针对不同隐私保护方案的访问控制模型及其机制的融合、冲突消解等方法。

(c) 防关联分析的隐私数据处理方法与技术:研究信息隐私与行为隐私的综合建模与测评;研究面向情景感知的深度融合隐私保护机制;研究面向搜索的高效隐私保护理论;研究设计能够抵御关联分析的隐私保护策略;研究隐私保护方案的动态调整机制,实现应对海量用户的高并发隐私保护方案。

4 预期目标

以解决泛在网络空间大搜索的共性科学问题为目标,在基础理论和技术方面,突破大搜索面临的核心科学问题;面向物联网、社交网络和视音频等领域的需求,构建跨领域的互联网大搜索试验床;针对典型应用领域,构建大搜索应用系统;在上述应用的基础上,探索构建通用的、共性的大搜索系统。具体包括:

(1) 针对大搜索面临的5个核心科学问题,突破一组基础理论和关键技术。具体包括:

(a) 针对数据间显式或隐式形成的巨大实体关联网络,构建面向巨规模实体与数据搜索的知识仓库,设计与之相配的管理方法。

(b) 结合用户上下文与环境等信息,实现对用户搜索意图的准确理解。

(c) 解决海量异构数据的定向获取问题,并实现基于推演等的间接知识发现。

(d) 基于子图匹配、计算统计、规则推理、众包等技术解决大规模/不完备的知识仓库与用户意图的实时匹配,有效地从大量数据中搜索定位目标实体和目标关系,实现秒级的知识匹配、推理和统计。

(e) 解决开放数据的源可信问题、搜索过程的可控问题、用户的隐私保护问题,以及暴力、色情等有害信息的过滤问题。

(2) 面向物联网、社交网络和视音频等领域需求,构建跨领域的互联网大搜索试验床。具体包括:

(a) 安全物联网搜索试验床,覆盖多类传感器、摄像头、SCADA网络、位置服务等多种应用,研发基于物理实体发现的多维时空高动态索引系统,建立支持实时搜索的跨地域分布式物理实体与信息的安全搜索试验环境。

(b) 社交网络搜索试验床,覆盖微博、博客、人人等多通道,集成Twitter、新浪微博、腾讯微博等国内外最大社交网络数据,建立支持PB级数据处理能力的跨地域分布式试验环境。

(c) 音视频搜索试验床,覆盖视觉、听觉、高动态图像、全光图像等多模态信息,建立网间音视频数据的融合、互联与共享通道,实现跨网数据融合与全局化,建立具有广泛覆盖性的跨网一致性关联与融合的音视频检索平台。

(3) 针对典型应用领域,基于新的基础理论和关键技术,面向试验床,构建大搜索系统。具体包括:

(a) 在音视频监控领域,实现全天候真实环境下的人脸、人体、车辆等典型运动目标的实时检测、跟踪与识别技术;异常行为和事件的监测、预测与评估技术;数据时空协同分析、理解与价值挖掘技术。

(b) 针对社交网络领域,在PB级数据空间上,实现事件、人物、网络群体、相互关系、信息事件、情感演化等的实时搜索。

(c) 针对医学健康领域,在保护隐私的前提下,实现电子病历、诊疗数据、专业论文、疾病症状、治疗护理推荐、医院医师等的个性化搜索。

(d) 在物联网领域,在保护隐私的前提下,实现与人(例如可搜索和跟踪指定穿戴设备的信息)、物体及状态信息(例如医院剩余床位数量)、感知趋势图(例如温度、气压、噪音等状态信息)及行程有关的搜索。

(4) 在以上具体领域成功应用的基础上,探索构建通用共性的大搜索系统。具体功能包括:支持涵盖信息、人物和物体的泛在网络空间,Web 2.0和3.0互联网应用模式,以及在大数据环境中,支持对用户真实意图的理解,支持构建知识仓库,能返回智能解决方案,并支持对搜索的全生命周期的安全访问控制和隐私保护。

5 研究意义及展望

大搜索是新一代具有“智慧”的搜索,将对我国政治、经济、技术、生活等各个方面产生深刻影响,具有重要的战略意义。

(1) 影响和推动经济发展。国内搜索引擎有望以几何级数增长的形式带动相关行业经济发展。首先,用户数增长是基础,2014年中国移动搜索用户已达到4.5亿,移动搜索市场规模比2010年上涨32倍。其次,广告增长是收入来源,2013年11月,Google在线广告推荐系统收入已经超过全美报纸、杂志行业广告收入的总和。Gartner预计全球移动广告支出有望由2014年的180亿美元增至2017年的419亿美元。2014年,中国搜索引擎市场迎来较为高速的发展,市场规模达到587.2亿元,预计到2017年将翻一番。

(2) 支撑和推动IT技术进步。物联网、移动互联网、大数据、云计算四大IT技术的发展为大搜索的诞生创造了良好的生态环境;反过来,大搜索则有望以桥梁作用促进四大IT技术的发展。正如搜索引擎与网络技术及Web应用的相辅相成的关系一样,大搜索的发展也会与四大IT技术相互促进,推

动信息产业的繁荣。

(3) 提升人民的生活水平。大搜索将对全球经济产生直接、深远的影响,在环保、医疗、教育、交通等方面的应用,将提供快捷、全面、准确的决策依据,有效提高政府、企业、机构及个人的决策能力。大搜索将以挖掘大数据深层信息的“深挖”能力、连接各行业全方位信息的“贯通”能力、为用户提供问题解答的“智慧”能力,有效提升人民的生活水平。

(4) 为国家安全提供服务。搜索引擎可以通过技术措施操控人们获得信息的范围,谁掌握了搜索引擎,谁就掌握了为人们提供信息甚至答案的权利,由此产生的政治、经济和社会驱动力日益受到各国重视。俄罗斯政府认为,搜索引擎是一种重要的信息获取手段,纳入“国家基础设施建设”符合国家利益。德国宣称“有了自己的搜索引擎,就不用担心在文化、政治上被国外‘任意摆布’。”美国军工公司研发“开源引擎”,搜索范围扩展到“暗网”,目的是要捕捉某些潜在危机的苗头。

参 考 文 献

- [1] Atzoria L, Ierab A, Morabito G. The internet of things: a survey. *Computer Networks*, 2010, 54(15): 2787—2805.
- [2] Hendler J. Web 3.0 emerging. *Computer*, 2009, 42 (1): 111—113.
- [3] Manyika J, Chui M, Brown B, et al. *Big Data: The Next Frontier For Innovation, Competition, And Productivity*. McKinsey Global Institute, 2011.
- [4] Frank C, Bolliger P. The sensor internet at work: locating everyday items using mobile phones. *Pervasive and Mobile Computing*, 2008, 4(3): 421—447.
- [5] Stanley W, Katherine F. *Social Network Analysis in the Social and Behavioral Sciences. Social Network Analysis: Methods and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. 1—27.
- [6] Corp G. Introducing the Knowledge Graph: things, not strings. <http://googleblog.blogspot.hk/2012/05/introducing-knowledge-graph-things-not.html>, 2012.
- [7] Chau M., Chen H. Comparison of three vertical search spiders. *Computer*, 2003,36(5): 56—62.
- [8] Howe A E, Dreilinger D. SAVVYSEARCH: A metasearch engine that learns which search engines to query. *AI Magazine*, 1997, 18(2): 19—25.
- [9] Lawrence P, Sergey B, Rajeev M, et al. *The PageRank Citation Ranking: Bringing Order to the Web*. Technical Report. Stanford InfoLab, 1999.
- [10] Metacrawler. <http://www.metacrawler.co.uk/>.
- [11] Zou L, Huang RZ, Wang HX, et al. Natural Language Question Answering over RDF—A Graph Data Driven Approach. *SIGMOD*, 2014.
- [12] Shen XH, Tan B, Zhai CX. Context-Sensitive Information Retrieval Using Implicit Feedback. *SIGIR*, 2005.
- [13] Guha R, McCool R, Miller E. Semantic. Search. <http://www2003.org/cdrom/papers/refereed/p779/ess.html>.
- [14] 杜方,陈跃国,杜小勇. RDF 数据查询处理技术综述. *软件学报*, 2013,24(6):1222—1242.
- [15] Chen HQ, Ku WS, Wang HX, et al. LinkProbe: Probabilistic Inference on Large-Scale. *ICDE*, 2012.
- [16] Howe J. The rise of crowdsourcing. *Wired Magazine*, 2006, 14(6):1—5.

Research progress and key scientific issues of smart search in cyberspace

Fang Binxing¹ Liu Ke² Wu Manqing³ Chen Xilin⁵ Meng Qingfeng²
Zhao Ruizhen² Zhang Zhaotian² Qin Yuwen²

(1. *Beijing University of Posts and telecommunications, Beijing 100876*; 2. *National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085*; 3. *East China Research Institute of Electronic Engineering (ECRIEE), Hefei 230088*; 4. *National University of Defense Technology, Changsha 410073*; 5. *Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190*)

Abstract Based on the Shuangqing Forum entitled “Fundamental Research on Smart Search in Cyberspace”, we introduce the problems and challenges of cyberspace search, and analyze the connotation and characteristics of big search. We also expound the scientific issues and research content of big search in cyberspace, and discuss the objectives and expected results of the related research. We finally present the research prospect of big search in cyberspace.

Key words cyberspace search; big search technology; intention understanding; intention matching; intelligent solution