

Internet 网

人工智能

TCP/IP 协议

计算机学报 2000 Vol. 27 No. 6

13-16

# 关于人工智能技术在 Internet 上的应用与发展

Applications and Development of AI Technology on Internet

高全泉

TP393

TP18

(中国科学院数学研究所 北京100080)

**Abstract** Internet is the largest international inter-net system at present, and it's a uniform developing and running environment of computer applications including AI technology on the network times, it opens up broad prospects for AI applications and it also supports strong power for AI development. This paper introduces survey of Internet and the action of promotion of it for AI development briefly, and discusses some AI applications and developing technology which are suitable on Internet, and some our relevant works are presented.

**Keywords** AI, Internet, AI applications, AI on Internet

## 1 Internet 是人工智能(AI)应用与发展的必由之路

在经历了二十多年发展以后,Internet 由最初的科研教育网 ARPnet 逐步发展成为面向全球的商用网。特别是自1993年以来,Internet 在全球范围内大行其道,发展速度之快,分布之广,恰似“忽如一夜春风来,千树万树梨花开”,成为当今世界上规模最大、用户最多、资源最丰富的网络互联系统。Internet 及以它为基础的全球信息网 WWW(World Wide Web)风靡世界,标志着—个新时代——网络时代的到来。

Internet 是借助于现代通信和计算机技术实现全球信息传递的一种快捷、有效、方便的现阶段信息高速公路。技术上,它由多个网络互联而构成一个单一但庞大的网络集合,是一个建立在计算机网络之上的网络,即将众多的计算机网络由称为路由器(Router)的计算机联接而成的“网络中之网络”。各种不同的计算机系统,如 IBM PC、Macintosh、UNIX 系统工作站、大中型计算机及各种计算机局域网、广域网都可与 Internet 相连。由于网上计算机共同遵循统一的以层次化对等通信原则管理网上信息交换的 TCP/IP 协议,并且由于 TCP/IP 协议的开放性,保证了能够遵循 TCP/IP 协议的网络都能加入到 Internet 中,因而满足了众多用户成为 Internet 大家庭成员的需求,这样一个全球性最大的计算机网络,无疑是当今信息社会的一个巨大的取之不尽、用之不竭的信息资源宝藏,是通往世界各地的信息桥梁。它缩短了人们的距离,将传统意义上的物理空间转变成电子空间,把人们带入了网络世

界。它有助于实现全球信息交流和资源共享,加强国际间的科技合作,促进经济文化发展和交流,为我们与国际接轨并同步发展提供了条件。Internet 已成为当今社会继电话、电视之后的第三大公共系统,其巨大的商业潜能正在被开发利用。预计在2000年,将有100万个网络,1亿多台微机和10亿多用户使用 Internet<sup>[1]</sup>。

在讨论 Internet 时,不能不提到 Java。事实上,Internet 上近年来最受关注的新技术非 Java 莫属。Java 是美国 Sun 公司于1996年2月正式推出的适合网络环境下软件开发的编程语言<sup>[2,3]</sup>。Java 开发的软件具有“一次写成,到处可用”的突出特点,它的诞生使得 Internet 作为全球共享的计算机开发和运行平台成为可能,开创了计算机的“网络计算”新时代。1996年,微软总裁比尔·盖茨的《未来之路》曾引起强烈反响,书中对信息时代的发展只提出初步设想。那时别人不清楚,他自己也不清楚未来之路到底是一条什么样的路。如今, Sun 则以基于 Java 技术的以网络为核心的“网络计算”诠释了未来之路。Internet 及相关技术同样受到学术界的高度重视。1997年召开的第18届国际软件工程大会<sup>[4]</sup>和第15届国际人工智能大会<sup>[5]</sup>上,有关 Internet 的开拓以及人工智能(AI)与 Internet 的结合取得了很好的最新研究与实践结果,形成了新的研究方向。特别是 Java 技术受到此二会的高度重视。有关专家认为,当前风靡世界的 Java 能导致“软件构件”工业的发展,并对未来分布式人工智能技术发展产生深远影响。

随着 Web、Java 等相关技术的迅速发展,Internet 的作用与地位发生了很大变化,它是现阶段人们日常

高全泉 研究员,研究方向为人工智能、知识工程等。

生活中不可或缺的信息高速路,也是即将到来的“网络计算”时代计算机应用统一的开发和运行平台,因此是计算机科学技术发展的一条必由之路。AI 技术离不开 Internet,因为它是 AI 应用与发展的广阔天地。反之亦然, AI 技术将使 Internet 智能化。从应用角度看,现实世界中的信息包括数据和知识两方面,对后者的运用能力是智能的重要表现形式,其作用不可由前者替代。在知识经济时代,人们对 Internet 的需求不会满足于当前基于数据和文本的应用范围和水平,必然要求 Internet 上全部内涵的信息服务。将 AI 技术与 Internet 结合,利用 Internet 的网络支持,吸收和结合其上的新技术,运用其丰富的信息和软/硬件资源,开发与之相适应的知识和其它智能系统,解决需要人类智能才能解决的问题,包括伴随网络时代出现的新问题,有巨大的现实与潜在需求和发展空间。

## 2 Internet 是 AI 技术发展的动力和重要基础

计算机诞生至今已有五十多年, AI 的发展也已过不惑。计算机技术发展之快令其它行业相形见绌。比尔·盖茨 1997 年曾以 PC 为例作过以下比较:一部中型汽车现在的价格是过去(八十年代中期)的两倍。如果按照 PC 业的发展趋势,汽车的价格应是 27 美元。那么,相对于 PC 的发展, AI 处于怎样的水准?

在 1997 年召开的第 15 届国际人工智能大会上,日本 Sony 公司 Kitano 教授认为,当今 AI 的发展远远落后于计算机的发展步伐。目前 AI 只在可以符号化描述且信息是完全的一类问题上取得了一些成功。如计算机下棋及大多数专家系统等。AI 发展不尽如人意有二方面的原因。客观上, AI 研究难度之大人所共知。 AI 应用的难度也较大,既需要领域知识又需要有关的 AI 知识,因而 AI 的应用需求事实上有较大制约,缺乏实际需求的趋势。我们就曾经历已研制出分布式智能交通管理系统而找不到用户的尴尬。主观上,有人往往对 AI 的研究与发展过于乐观,在理论和方法尚未有本质突破的情况下,常提出计算机很难做到或实践证明不可能做出有实用结果的“创新”,无疑对并不强大的 AI 技术产生不良影响及信任问题。另外,某些研究决策也受当时的历史条件限制。

实际上, AI 在六十年代至八十年代初,也曾经辉煌,在各领域专家系统需求的趋向下, AI 技术在知识工程领域的知识表示、推理方法、知识获取、不确定性处理及自然语言处理等研究领域取得了重要进展。应该说,这些成就依然是目前可实际应用的 AI 主要技术。由于专家系统只能在有限的狭窄的专业领域中发挥作用,因而限制了 AI 技术的进一步发展。为改变这种状况,八十年代,美、日、欧洲等国制订了各种新的 AI 研究计划,旨在寻找规模更大范围更广的应用系统,作为 AI 技术的新的发展动力。然而,一些由 AI 研究者自己提出的计划无异于“闭门造车”,除技术原因外,由于缺乏实际需求的趋势而难如人意。如美国的陆

地自主车、计算机大百科全书计划等就是如此<sup>[6]</sup>。

九十年代以来,随着美国政府停止“星球大战”计划,实施国家信息基础设施(NII)和全球信息基础设施(GII)规划,即建设“信息高速公路”, Internet 迅速发展,并一统天下。 Internet 以其用户多、用途广、信息量大、通信便捷和技术支持丰富等众多优势,为计算机在 AI 方面的应用开拓了新的广阔天地和难得的发展机遇。有专家认为, Internet 是 AI 理想的实验床,本身即是一个复杂的 AI 系统,一个不动机器人 IMMOBOT,并给出了相应的解释。通过 Internet 的电子邮件(E-mail)、文件传输(FTP)、远程登录(Telnet)、WWW 浏览等功能,用户可在全球范围内收发电子邮件、访问远程计算机、浏览并搜寻信息、进行电子购物和网上金融活动及实时电子会议等,特别是 WWW 实现了全球超媒体信息共享,对许多用户来说, Internet 就等于 WWW。其主要技术超文本标记语言格式规范 HTML、超媒体文档传输协议 HTTP 及确定信息对象在网络中位置的统一资源定位器 URL 是网络时代的重要技术, Internet 相关技术及 WWW、面向对象的 Java 技术一起,共同为网络时代 AI 应用提供了某些直接手段和间接技术支持,为 AI 的发展提供了重要技术支持和潜在的方法贡献,为 AI 技术的发展奠定了良好的基础。

## 3 关于某些 AI 技术在 Internet 上的应用与发展

网络时代是 AI 技术发展的一个新的黄金时代。 AI 技术由于有了巨大的实际与潜在的应用需求而大有用武之地。根据有关文献,结合笔者之管见,我们在这里主要讨论 AI 中较为成熟的且结果能被实际用于 Internet 的技术。

①: Internet 上的知识表示 当前 Internet 上存在的信息基本上分为数据和自然语言文本两类。众所周知,这两类信息是知识表示形式简单和复杂的两个极端,各有明显的优点与不足,虽然关系数据库中的数据容易被计算机检索和利用,但表达能力差,知识含量低(数据可视事实类知识),难于表达其它形式的知识,特别是已知数据间的蕴含关系和内在联系;自然语言使用最普遍表现力也最强,但很难被计算机作深层利用,如用于推理、检索等。 AI 中提出的一些知识表示方法,基本介于两者之间,如描述逻辑(Description Logic)以及基于逻辑的知识程序设计语言、框架表示等,既具有与自然语言类似的知识描述能力,又容易为计算机操作,如进行推理、检索等,能为 Internet 提供更为有效的知识表示工具,因而能提高 Internet 应用水平与质量。

②:推理与规划 推理是 AI 最经典的研究分支。由于 AI 中的问题求解一般很难给出确定的模型,因此要通过推理和规划等基本手段。推理和规划主要研究在给定目标和任务的情况下,机器如何运用已知知

识自动地生成一系列的动作和命令,以便完成该给定的任务以及在信息不完全时,如何观察用户的行为和理解他们的意图等。在 Internet 上,提供运用知识推理的智能问题求解服务及实现网络目标制导的人机界面,有着广阔的应用前景和重要的现实意义。

③专家系统与分布式/并行智能系统 专家系统是 AI 成功应用的代表作。每个具体的专家系统只能解决狭窄的专业领域的一类问题,因而只是一个应用点。要形成与网络时代相适应的各个领域的专家系统应用面,显然需要太多的点。专家系统与 Internet 技术的结合,可以容易地做到网上专家知识的共享性、互补性和协作性。并且,随着网上电子商务、金融活动、电子信用卡等业务的开展,某些客户的恶性透支和欺骗行为在所难免,需要开发相应的专家系统进行防范。比如,对电子信用卡的使用,迫切需要一种专家系统来作一个好的猜测,判断是否允许客户使用其信用卡,并给出所作决定的解释和支持所作决定的有关数据。这种 Internet 上专家系统与数据库的联合运用,能帮助人们迅速、容易地作出决定,有效减少恶性透支和欺骗行为。如美国一家名为 American Express 的银行公司,通过专家系统 Authorize Assistant 的运用,每年可减少几千万美元的损失<sup>[7]</sup>。这对我国具有借鉴意义。

对分布式/并行的智能应用,Internet 上需要作的事很多。受条件所限,早期的分布式 AI 系统往往限于局域网或某些特定的远程网。Internet 上的分布意味着全球范围内所有机器的分布,这样的分布式智能系统的意义绝非其它系统可比。除了在不同机器上执行的并行效果外,Internet 和 Web 上的 Java 程序还可做到在一个进程内程序的并行执行,这种二维并行能力为并行智能系统的开发提供了便利。

通过专家系统及基于知识的系统在 Internet 和 Web 上的推广应用,对国民经济发展将起积极的推动作用。比如,建立网上 C/S 结构的智能教学系统、各种生产调度和规划系统、分布式各类医疗诊断专家系统、分布式金融投资决策分析系统以及各类的法律、税收咨询系统等等智能应用,利国利民,有着显著社会和经济效益。

④机器学习与适应 机器学习亦是 AI 研究的一个主要分支。近年来,机器学习的研究取得了长足的发展,许多新的学习方法相继问世并获得了成功的应用。这就为 Internet 的广大用户提供了关于灵活有效的知识发现和数据采掘服务的方法支持。通过运用 AI 中已有的关于决策树、神经网络、遗传算法、归纳学习、基于贝叶斯的学习方法以及增强学习(Reinforcement Learning)算法等,发展集成相关技术的工具或环境,可从 Internet 上存储的大量数据中提取有用信息,或从 Internet 大量用户运用的数据中发现用户的需求、喜好以及某些规律,以适应用户的需要。

⑤自然语言处理技术及界面 多年来,自然语言处理一直是 AI 技术应用于实际领域的典型范例,理

论与应用成果令人瞩目。事实上,某些语言技术产品已为人们日常生活所必需。如编辑、秘书几乎没有不使用拼写检查器的,Internet 上使用 Web 搜索引擎的客户实际上无形中用到了语言处理技术。对面向全球的 Internet 的广大用户来说,语言问题是影响交流、发展的一大障碍,所以特别需要开发大量运用了 AI 技术的语言处理系统,如机器自动翻译系统、拼写与语法检查器、友好实用的电子辞典系统等。

此外,在 Internet 环境中,因其用途广而需要通过多种信息模式进行人机交互,故需要存储多种模式的信息,即图形、图像、语音及自然语言等,所以急需发展相关的处理、理解及合成技术,这些技术能被用于建立如多语音识别系统、通过声音输入的信息存取系统以及集图像、声音文字于一身的信息管理系统等。

⑥智能信息检索 受 Internet 技术迅猛发展的影响,信息获取与精化技术已成为当今计算机科学与技术研究与发展迫切需要解决的课题。Internet 上信息如潮如烟,要想准确、迅速地从网站获取用户所需的信息,需要进行将 AI 技术应用于这一领域的研究,这也是 AI 技术走向网络时代的重要契机的突破口,AI 中的自然语言理解、启发式搜索、智能代理(Agent)等技术能被用于解决这一问题。需特别指出的是,1997 年的第 15 届国际人工智能大会上,Internet 上的智能检索被作为 AI 的一个独立研究分支,收录论文有 12 篇之多,并获“杰出论文奖”。AI 技术与 Internet 结合实为当今颇具现实和深远意义的前沿学科。

⑦研制 Internet 和 WWW 上的通用 AI 语言系统及开发环境 网络上的 AI 技术的应用和发展是多方面的。对网上 AI 应用来说,显然应走类似于八十年代的第二代专家系统的道路。只有研制适合在 Internet 和 WWW 上开发和运行的 AI 语言/工具及其开发环境,才能从根本上提高 AI 应用水平和开发效率,加速 AI 技术的发展。当我们具体开发某个 AI 应用系统时,就会深感开发工具/环境的缺乏,以至于一切需自己从头做起,从建立基本工具做起,实属不得已而为之。特别对于网络时代的知识工程,更缺乏相应的开发工具/环境。当年,E. Feigenbaum 在 AI 领域高举“知识就是力量”的旗帜,强调了知识在所有智能活动中的核心和灵魂作用,开创了“知识工程”学科并在 AI 应用领域中独领风骚。如今,网络时代的智能活动既离不开知识也离不开网络,必须面向 Internet 和 WWW 大舞台,在其上发展。古语云:工欲事其善,必先利其器。显然,研制适合网上智能系统开发和运行的语言系统及开发环境是网络时代 AI 研究与发展的重要工作。

⑧某些 AI 技术在 Internet 上进一步的研究与发展 随着 Internet 技术的发展,AI 领域研究与发展内容将更丰富,速度将更快。当前,AI 特别需要研究与发展与 Internet 相结合的技术,比如:智能人机界面、智能信息服务、智能化的系统开发与支撑环境、语言处理、基于 Agent 的技术、数据采掘与知识发现、知识表

示中动态知识系统的刻画及关于 Agent 程序设计与实现、面向交互的程序技术、并发约束模型、分布式人工智能以及伴随网络时代而来的清除网上病毒的自动免疫系统的研究与发展等。

以上这些方向有的在在前文已提及,但目前这些 AI 技术的水平和应用范围仍有待提高和拓展。更多的研究与发展方向限于篇幅和囿于笔者工作范围未提及,故只能算是部分或某些。加之笔者水平所限,以上看法难免有错误和不当之处,望同行、专家多加指正。

#### 4 我们在将 AI 语言与 Internet 相关技术结合方面的尝试

Internet 的飞速普及和发展也为 AI 语言的发展提出了新的要求。传统的 AI 语言/开发工具显然已不能适应网络时代智能系统的开发和运行要求。为了改变这种状况,必须在 AI 语言中结合 Internet 的相关新技术,特别是吸收 Java 技术。这是因为网络时代许多极为有用但也极为复杂的问题在 Java 里得到了很好的解决。Java 是网络时代的天之骄子,具有面向对象、分布性(支持 TCP/IP 协议)、安全性、体系结构中立、可移植、多线程及简单和高效等众多突出特点,并较好地解决了软件在 Internet 异构计算机系统上运行的跨平台特性和安全性问题,对 AI 技术发展提供了许多直接的技术和方法支持。Java 芯片及客户机/JavaStation 的推出,表明 Java 技术更趋成熟,使用更方便,效率更高。由于面向对象既是九十年代国际通用程序设计风格,又在 AI 的知识表示中占有重要位置,运用 Java、结合 Java 技术研制 AI 语言/开发工具或应用系统,可以继承 Java 软件在 Internet 和 WWW 上的平台无关性、安全性及 OO 等诸多特性和强大功能,是加速 AI 应用与发展,在 AI 领域与国际接轨,缩小我们与外界差距的一次难得的机遇。在经过深入调研和分析之后,我们认为将 Java 与我国研制成功的优秀的 AI 语言系统 Tuili<sup>[1,2]</sup>结合,能产生集二者之长的满足网络时代要求的 AI 语言系统。Tuili 是中科院数学所陆汝钊研究员提出的集 AI 中多种推理功能的逻辑型知识推理语言,可作向前/向后及启发式推理等多种推理,包含了产生式系统和 Prolog 的推理功能。

Java 与 Tuili 的深层次的结合涉及一些具有普遍意义的工作,如面向对象风格与逻辑程序设计风格的结合,以及一些关键技术的结合和运用既有研究又有发展。从实际情况出发,我们于 1997 年完成 Tuili 编译系统的 Java 实现 TuiliCompiler<sup>[3]</sup>,它可将 Tuili 程序转换为 C 代码,为 Internet 用户提供了一个具有跨平台能力的 Tuili 编译系统。此项工作也为 Java 用于 AI 语言系统实现的复杂应用积累了经验,因 Java 不支持指针,用于 Tuili 这样复杂的 AI 系统在实现技术上有一定难度。

对进一步的研究与发展来说,TuiliCompiler 能提供许多可重用的类包。该系统作为一个 Java 的应用程序,具有编译系统自身及由它生成的基于知识的系统在网上传播、应用的特点。在此基础上,我们现正在研制可在 WWW 浏览器上开发和运行的体现两种不同风格语言在谓词和对象一级结合的系统,即 Tuili-Ja (“推理佳”)。它通过 Tuili 的过程基或系统通过 Import(包);的方式引入 Tuili 程序中调用的 Java 类,实现二者的有机结合。我们亦将实现方式作了调整,在完成 Tuili 源程序向内部表示结构的转换后,直接进入解释执行。由于是 Java 环境下解释执行,用户除可以运用 Java 的全部类包,还可完成 Tuili 与 Java 的混合、交叉、结合方式的程序设计,这样的系统事实上是扩展了 Tuili 功能的 Java 环境。所有 AI 应用中用到的网络通信、分布式系统的建立、多媒体信息运用、与数据库的联合、软件构件运用及 OO 知识表示等复杂应用,借助 Java 环境迎刃而解。特别值得一提的是,对 AI 中热门话题 Agent 技术的研究与应用,Java 的线程是 Agent 的最自然和最有效、也最具体的对应成分,在 Hotjava 中就是运用线程实现了 WWW 上对客户服务的智能代理。这使得 Agent 不再是一个抽象和不易理解的成分。对包含了 Agent 技术运用的智能应用,Tuili-ja 同样能够胜任,因为对 Tuili 功能扩展的同时并未限制基础语言 Java 的任何功能。这样的解释系统是作为 Java 的 Applet 程序设计的,系统实现的相关工作现正在加紧进行之中。

#### 参考文献

- 1 徐国平主编,曲大成,等编著. Internet 简明教程. 清华大学出版社,1997
- 2 易文韬,陈颖平. Java 手册. 科学出版社,龙门书局,1997
- 3 王克宏主编,郁欣,等编著. Java 语言编程技术. 清华大学出版社,1997
- 4 张东摩,李红兵. 人工智能研究动态与发展趋势—参加第十五届人工智能联合大会总结报告. 计算机科学,1998,25(2)
- 5 郑国梁,邵维忠. 齐心协力—1997年国际软件工程会议概况. 计算机科学,1998,25(2)
- 6 张敏. 网络时代的人工智能. 计算机世界,1997,1,6
- 7 Feigenbaum E. 基于知识的智能系统. 智能机研究通讯,1993(4)
- 8 Lu Ruqian. TUILI-A language for expert systems. In: Xu kongshi, ed. Advances in Chinese Computer Science (I), Singapore: World Scientific Publishing House, 1988. 99~114
- 9 高全泉. 微机上实现的逻辑推理语言 TUILI. 1. 计算机科学,1992,19(5)
- 10 高全泉. TUILI(推理)语言编译系统的 Java 实现. 计算机学报,1999,22(4)