基于动态知识库的问答系统研究*

王树西　刘群　白硕　王斌　程学旗　姜吉发

中国科学院计算技术研究所 软件研究室 北京 100080
E-mail: wangshuxi@software.ict.ac.cn

摘　要:问答系统有着较长的历史。本文在综述现有问答系统的基础上，提出“动态知识库”的概念，并基于此，搭建了“亲属关系问答系统”，在知识获取、问答系统发展趋势等方面，进行了一定的探索。

关键词:　问答系统，动态知识库，知识获取

The Research On QA System Based on Dynamic KB*

Wang Shuxi　Liu Qun　Bai Shuo　Wang Bin　Cheng Xueqi　Jiang Jifa

Software Division, Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080
E-mail: wangshuxi@software.ict.ac.cn

Abstract: Question Answering System(QA) has a long history. In this paper, we first gave a survey on the current research of QA, then, we put forward the concept of "Dynamic Knowledge-Base". Based on which, we put up "The Question Answering System of Kinship", which is an explore of the Knowledge-Acquisition and the developing trend of QA.

Keywords: Question Answering System(QA), Dynamic Knowledge-Base, Knowledge Acquisition

1 引言

问答系统的设计目标是：以自然语言交互的方式，准确回答用户的问题。问答系统有着较长的历史。1950 年，图灵（A. M. Turing）发表了里程碑式的论文：《Computing Machinery and Intelligence》，在文中，图灵第一次提出“机器智能”的概念，并提出判断“机器智能”的实验方法—“图灵测试”。本文在综述现有问答系统的基础上，提出“动态知识库”的概念，并基于此，搭建了“亲属关系问答系统”，在知识获取、问答系统发展趋势等方面，进行了一定的探索。

---

*本文有关研究得到国家重点基础研究项目（ G1998030507-4 和 G1998030510 ）的资助。王树西，男，1976 年生，博士研究生，主要研究方向是人工智能、问答系统、自然语言处理。刘群，男，副研究员，主要研究方向是自然语言处理。白硕，男，博士，研究员，博士研究生导师，主要研究方向是人工智能、信息安全。王斌，男，博士，副研究员，主要研究方向是信息检索和内容安全。程学旗，男，副研究员，主要研究方向是信息安全、信息检索。姜吉发，男，博士研究生，主要研究方向是信息抽取。

2 问答系统综述

当前研究的问答系统主要包括：聊天机器人（Chat Bot）、自然语言界面的专家系统、基于知识库的问答系统、基于传统 IR(+IE)的问答系统，等等。

2.1 聊天机器人(Chat Bot)

这里所说的聊天机器人,是指一个计算机系统，它通过自然语言的方式与人交互，对用户的提问，给出尽可能合理的回答。

1956 年 Jaseph Weizenbaum 实现的 ELIZA，是第一个聊天机器人。ELIZA 的原理是，根据用户提问中的关键词，检索数据文件，找到与之匹配的答案。Eliza 算法简洁，但由于其知识库过于短小（只有几百条知识模板），所以，无法满足用户知识查询的需求。

1991年，“Loebner奖“设立，奖励首次通过图灵测试的人。此奖项设立以来，许多著名的系统参加了比赛，ALICE就是其中一例。但迄今为止，没有任何一个系统通过“图灵测试”。

对 ALICE 等参赛系统的测试结果表明，这类系统能够比较准确的理解用户意图，对常识性问题，往往给出合理的回答，但由于其知识库规模有限，所以面对专业性的问题，显得力不从心。所以，系统仅仅具备常识性知识问答能力，而不具备专业知识问答能力。

2.2 自然语言界面的专家系统

专家系统(Expert System，ES)，是以计算机为工具，利用专家知识以及知识推理等技术，理解与求解问题的知识系统，是人工智能应用研究的主要领域之一。1968 年，费根鲍姆等人研制成功第一个专家系统－－DENDRAL。

专家系统的人机接口模块，将用户的输入，转换为系统可接受的内部形式；将系统的输出，转换为人可理解的外部形式。人机接口的方式有多种，如果采用自然语言的人机交互方式，则系统整体表现为一个问答系统。

专家系统的优点是：技术较成熟、开发工具较多、易于开发，并且答案比较准确。但是，大部分专家系统推理方法单调、固定，只能做演绎推理，不具备常识推理能力。并且，专家系统的知识库严重不足，自动获取知识能力差，存在知识获取的瓶颈问题。所以，目前专家系统的适用范围非常狭窄，一旦超出这个范围，系统性能很快下降到零。

2.3 基于知识库的问答系统

基于知识库的问答系统，包括 CYC、NKI(US)、NKI(China)等。这类系统的优点是，回答准确，可以进行一定的推理计算；缺点是，需要建立大规模知识库，消耗大量的人力物力。下面对 NKI(China)，做一个简要介绍。

根据 NKI 建设者自己的定义，NKI 是一个庞大的、可共享的知识群体。它不仅集成了各个学科的公共知识，而且还融入了各学科专家的个人知识。

NKI 问答系统(http://www.nki.net.cn)，是基于 NKI 海量知识库的重要应用，可以对国家地理知识库、城市天气预报知识库、人物知识库等 23 个知识库的知识进行查询。用户可以通过自由的自然语言的提问方式获取所需要的知识，输入形式可以多样化。

2.4 基于传统IR(+IE)的问答系统

基于传统 IR(+IE)的问答系统，与目前的搜索引擎（如 GOOGLE）有所不同。搜索引擎通过用户输入的关键字（词），检索出相关网页；而基于传统 IR(+IE)的问答系统，则允许用户输入完整的句子。这类问答系统，又可分为两类：

第一类，将多个 Web 页面或者链接提交给用户，让用户自己寻找答案。典型的系统有 AskJeeves(www.ask.com)、Encarta(encarta.msn.com/)等。这类系统相对简单，但仅仅以页面和链接作为用户问题的答案显然不够准确。严格地说，这不能算是一个完全意义上的问答系统。

第二类，从大量网页中检索到答案，然后以自然语言的方式提交给用户。比较典型的，是 TREC 比赛中的 QA（Question Answering）Track。自从 1999 年举办第一届 TREC QA Track 以来，许多系统参加了比赛。这些系统采用的方法不尽相同，但其工作流程大都分为三个阶段：（1）处理用户的查询；（2）检索相关文本；（3）抽取答案。这类系统技术成熟，易于开发；但是答案准确性一般，基本上是一个检索过程，对文本理解和推理涉及较少。

3 动态知识库

通过分析现有各类问答系统，可以看出：为了得到令人满意的答案，系统必须具备完善的推理(检索)机制以及尽可能完备的知识库。现有问答系统的知识库，都是作为一个独立的模块，在系统运行前预编译好，在系统运行过程中，知识库不再变更。这种做法的好处是，知识库与推理机分离，易于维护；缺点是，在系统运行过程中，由于知识库固定，不具备实时交互能力，不能接受新的知识，所以无法进行动态知识处理，具体表现为系统灵活性差。

基于上述分析，我们提出“动态知识库”的概念。所谓的“动态知识库”，是指在系统运行过程中，知识库不是固定的，而是可以实时的接受新知识，进行扩展与更新。

这种做法的好处是，系统的知识库变得非常灵活，可以在系统运行过程中，实时的进行扩展。并且，系统推理过程中所得到的中间结果，也可以实时的插入知识库，作为进一步推理所需要的知识，直到得出最终结果。

这种做法的另外一个特点是，将无结构的原始文本作为知识来源，不需要人工形式化的过程，知识转换工作由系统相应的模块完成，大大节省了人力物力。

基于“动态知识库”的问答系统，允许用户在线地、交互式地以文本方式输入知识。换言之，文本知识可以动态的插入知识库，即插即用，不需要“消化”或者人工加工。例如，系统知识库中原本是空的，在系统运行过程中，通过人机界面，用户插入两条文本表示的新知识：“李纨是贾宝玉的嫂子”、“贾宝玉是王夫人的儿子”，然后紧接着问：“李纨是王夫人的什么人？”。系统实时接受这两条新知识，进行知识库扩展与更新，然后通过推理机制，经过推理，得到准确的答案：“李纨是王夫人的儿媳妇”。

4 基于动态知识库的问答系统—“亲属关系问答系统”

基于“动态知识库”的概念，我们搭建了“亲属关系问答系统”。在系统运行过程中，用户可以实时的插入新知识，进行知识库的扩充与更新。在这个系统中，提交（获取）知识、处理知识和查询知识都是在知识的自然语言表示下进行的。

4.1 知识转换

在系统运行过程中，用户插入的知识，是以文本形式表示的，而知识库所存储的，则是形式化和结构化的知识。所以必须进行知识转换工作，将用户插入的文本形式的知识，转换成系统可以接受的内部表示形式。

我们采用模板匹配的方法，进行知识转换。

首先建立模板库。我们采用手工建立模板、并给每个模板分配唯一 id 号的方法，建立模板库。模板库的存储结构如下所示："X 是 Y 的父亲##id4(X,Y)"。其中，"X 是 Y 的父亲"是一条知识模板，"id4"是分配给这条模板的唯一 id 号，"id4(X,Y)"是这条模板的内部表示形式。客观问题的复杂性，要求模板库中存放大量的模板，模板越多，系统的功能就越强。

现有的模板匹配技术，一种是关键字匹配，另一种是句法匹配。本文提出的模板匹配方法，不对模板作句法分析，所以不同于句法匹配；并且，由于考虑模板中的非关键词成分，所以也不同于关键字匹配。具体算法如下（String 表示字符串，Pattern 表示模板）：

（1） 确定 Pattern 中所有变量字符、非变量字符串及其在模板中的位置。转（2）；

（2） 将 Pattern 中所有非变量字符串，顺序的匹配 String。

如果匹配失败，错误返回；否则转（3）；

（3） 通过 Pattern 中非变量字符串，界定其每个变量代表的字符串。转（4）；

（4） 如果 Pattern 中，变量代表的字符串为空字符串，那么错误返回；否则转（5）；

（5） 如果多个模板同时匹配到 String，取变量个数最多的模板作为最佳模板；

（6） 正确返回。

例如，系统运行过程中，用户插入下面一条知识："贾政是贾宝玉的父亲"。这是一条文本形式的知识，必须经过知识转换，才能够被系统所接受。下面是知识转换过程：通过模板匹配，得到与之匹配的模板："X 是 Y 的父亲"，其中，"X"代表"贾政"，"Y"代表"贾宝玉"。当前模板的内部表示形式为"id4(X,Y)"，变量还原，得到："id4('贾政','贾宝玉')"，这就是一条经过转换的、系统可以接受的知识，可以加入动态知识库中了。

4.2 系统的动态知识库

系统运行之前，知识库是空的。系统运行过程中，可以实时的接受用户输入的新知识；系统推理所得到的结果，也可以实时的插入知识库。

例如，系统运行过程中，通过人机界面，用户输入文本表示的知识："贾政是贾宝玉的父亲"、"王夫人是贾宝玉的母亲"。通过知识转换，上述两条知识形式化为："id4('贾政','贾宝玉')"、"id2('王夫人','贾宝玉')"，并插入知识库。系统推理过程中，得到推理结果："id8('贾政','王夫人')"（贾政是王夫人的丈夫）、"id9('王夫人','贾政')"（王夫人是贾政的妻子）。这两条推理结果，也被插入知识库中。至此，系统的知识库，已经有了四条知识："id4('贾政','贾宝玉')"、"id2('王夫人','贾宝玉')"、"id8('贾政','王夫人')"、"id9('王夫人','贾政')"。

这样，系统的知识库变得非常灵活，能够实时的扩展与更新，称动态知识库。

4.3 亲属词、亲属关系推理规则库

汉语是亲属词丰富程度非常高的语言。亲属词本质上表示的是关系，复杂的关系可以还原为基本的关系和属性。最基本的关系是：亲子关系、夫妻关系、长幼关系；最基本的属性是性别属性。汉语的亲属词均为参考人 X 的函数。

不同的亲属词，可能表示相同的亲属关系。例如，“妈妈”和“母亲”这两个不同的亲属词，表示同一种亲属关系—“母子关系”。为了处理方便，我们把表示相同亲属关系的不同亲属词，归结为同一个亲属词。

亲属关系推理规则，是人工定义的，推理规则的集合，形成推理规则库。下面就是一例推理规则：“Y 是 Z 的父亲 ，Z 是 X 的父亲 :- Y 是 X 的祖父”。

上例中的推理规则，是文本形式的，必须转换为形式化和结构化的内部表示形式，才能被系统所接受。我们采用下述步骤，转换推理规则。

首先，分离出推理规则中的模板；

其次，将模板转换为系统的内部表示形式；

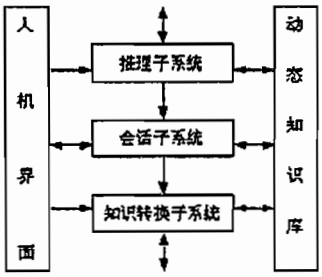
最后，将推理规则中的模板，替换为转换之后的模板。

仍以上述推理规则为例。首先，分离出推理规则中的三个模板：“Y 是 Z 的父亲”、“Z 是 X 的父亲”、“Y 是 X 的祖父”。其次，将这三个模板，分别转换为系统的内部表示形式：“id4(Y,Z)”、“id4(Z,X)”、“id17(Y,X)”。最后，将推理规则中的模板，替换为转换之后的模板，得到：“id4(Y,Z), id4(Z,X) :- id17(Y,X)”。这是一条系统可以接受的、形式化的推理规则。

推理是一个思维过程，即问题求解的过程。在本系统中,模板库、规则库和动态知识库，结合 prolog，作为推理机，完成推理机制。

4.4 系统的结构与工作流程

系统的结构如下图所示。它包括会话子系统、知识转换子系统以及推理子系统。其中，系统通过会话子系统，和用户交互；通过知识转换子系统，将用户输入中的文本知识形式化，转换为系统可以接受的内部表示形式；通过推理子系统，完成推理机制，得到问题答案。



亲属关系问答系统结构

系统工作流程：

（1） 通过会话子系统，接受用户的输入。转（2）；

（2） 通过知识转换子系统，处理用户的输入：将其中的文本知识形式化，并插入动态知识库；得到用户查询的问题，并将其形式化。转（3）；

（3） 通过推理子系统，结合动态知识库，对用户查询的问题进行推理。转（4）；

（4） 如果推理成功，那么通过知识转换子系统，将形式化的推理结果，转换为自然语言的形式；否则，也以自然语言的形式，说明推理失败，无法得到查询的答案。转（5）；

（5） 通过会话子系统，将推理结果提交给用户。

4.5 系统测试

测试环境：CPU 为 PIII667、内存为 192MB、操作系统为 Windows 2000 Professional。

下例是用户和系统的对话。【问】表示用户的提问，【答】表示系统的回答。

【问】：贾宝玉是贾政的儿子，贾政是林黛玉的舅父,贾政是薛宝钗的姨父，薛宝钗是女性，贾宝玉是薛宝钗的丈夫，薛宝钗比贾宝玉大，贾宝玉比林黛玉大，林黛玉是女性，贾政、贾宝玉、林黛玉、薛宝钗之间存在哪些关系？

【答】：贾政是贾宝玉的父亲，贾宝玉是贾政的儿子，贾政是林黛玉的舅父，林黛玉是贾政的外甥女，贾政是薛宝钗的姨父，贾政是薛宝钗的公公，薛宝钗是贾政的儿媳，薛宝钗是贾政的外甥女，贾宝玉是林黛玉的表哥，林黛玉是贾宝玉的表妹，贾宝玉是薛宝钗的丈夫，贾宝玉是薛宝钗的表弟，薛宝钗是贾宝玉的妻子，薛宝钗是贾宝玉的表姐，林黛玉是薛宝钗的远房表妹，薛宝钗是林黛玉的远房表姐。

本例中，系统通过会话子系统，获取用户的输入；通过知识转换子系统，将其中文本表示的知识："贾宝玉是贾政的儿子"等，实时转换为形式化的、推理机可以接受的内部表示形式："id5('贾宝玉','贾政')"等,并插入知识库；通过推理子系统，结合动态知识库，进行推理，得到推理结果："id4('贾政','贾宝玉')"等；通过知识转换子系统，将推理结果转换为自然语言表示的形式："贾政是贾宝玉的父亲"等，并通过会话子系统，提交给用户。
对系统的反复测试表明，系统不但具有灵活性、易维护性的特点，而且具有令人满意的鲁棒性。

5 结束语

本文的主要贡献在于：在综述现有问答系统的基础上，提出"动态知识库"的概念，并基于此，搭建了"亲属关系问答系统"，在知识获取、问答系统发展趋势等方面，进行了一定的探索。但是，本文的工作还仅仅是探索性的，尚需进一步的深入。今后的工作，重点将在如下方面：(1) 自动模板抽取；(2) 模板之间的匹配、合一与推理。在这方面，我们已经取得了阶段性的成果。

参 考 文 献

[1] 陆汝钤 《人工智能》 科学出版社 2000 年
[2] 陆钟万 《面向计算机科学的数理逻辑》科学出版社 1998 年
[3] 蔡自兴、徐光佑 《人工智能及其应用》清华大学出版社 1996 年
[4] 白硕 《计算语言学教程》(电子版)
[5] 史忠植 《高级人工智能》 科学出版社 1998 年
[6] 白硕 《Reasoning Without Deep Structure 》(PowerPoint)
[7] 王永庆 《人工智能原理与方法》 西安交通大学出版社 1999 年
[8] A.M.Turing "COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE"
[9] Deepak Ravichandran "Learning Surface Text Patterns for a Question Answering System"
[10] Rohini Srihari and Wei Li "Information Extration Supported Question Answering"
[11] 《专家系统》 武波 马玉祥 北京理工大学出版社 2000 年
[12] 黄梯云《智能决策支持系统》 电子工业出版社 2000 年
致谢： 本文作者对评审人员提出的宝贵意见和建议表示衷心的感谢！