维普资讯 http://www.cqvip.com

基于 Ontology 的概念联通在查询系统中的应用研究*)

雷玉霞[1] 曹宝香[1] 王书西[2]
(山东省曲阜师范大学日照校区计算机学院 日照 276826)[1]
(中国科学院计算技术研究所 北京 100080)[2]

摘 要 为了提高知识查询系统的知识服务质量,本文提出了一种基于 Ontology 的概念联通模型,该模型在知识获取阶段能够对知识进行修正、精简和整合,在知识服务阶段能对原有知识库中的知识进行广泛而有意义的知识重组。本文首先讨论知识本体和概念联通模型,然后分析基于 Ontology 的概念联通方法,最后给出在知识查询系统中的联通算法。

关键词 知识本体,概念联通,查询系统,知识服务,联通算法

The Application of Knowledge-Ontology-Based Concept-Interconnection Methods in Knowledge Query System

LEI Yu-Xia[1] CAO Bao-Xiang[1] WANG Shu-Xi[2]
(Department of Computer Science, Qufu Teachers University, Rizhao 276826)[1]
(Institute of Computing Technology, Chonese Academy of Sciences, Beijing 100080)[2]

Abstract To improve the capability of knowledge service in the knlwledge query system, this pqper has proposed an ontology-basded concept—interconnection model which can refine and restructure the newly collected knowledge during the phase of knowledge acquisition. Meanwhile, it has proved that this system more needs broadly knlowledge interconnection in the primitive knowledge base. The paper, firstly discusses knowledge ontology and concept model, and then analyzes methods of concept-interconnection, and finally provides three kinds of interconnection algorithms.

Keywords Knowledge ontology, Concept-interconnection, Knowledge query system, Knowledge service, Interconnection algorithm

1 引言

在人工智能和知识工程的研究和应用系统的开发中,知识查询系统是一个十分活跃的分支领域,在许多领域中都有成功的应用。在开发知识查询系统过程中,有三点显得尤为重要:一是作为查询系统的知识来源,首先要建立一个健全、协调和具有良好联通性的领域知识库;二是开发友好而美观的知识界面,这是一个很重要的研究领域[1,2];三是查询系统应具有较强的知识推理/知识联通能力,以提供给用户高质量的知识服务[3]。

知识本体(Knowledge Ontology)已成为人工智能新的研究领域,是知识共享/重用的重要基础[4],目的就是捕获相关领域的知识,提供对该领域知识的共同理解,确定该领域内共同认可的词汇,并从不同层次的形式化模式上给出这些词汇和词汇之间相互关系的明确定义。目前,已经广泛应用到许多大型知识系统中(例如美国的 D. Lenat 教授等研制的大型常识知识库系统 Cyc、普林斯顿大学的重要研究成果—WordNet 等)。

概念联通在知识获取和知识服务阶段都具有重要作用。在知识获取阶段,采集到的"新知识"通常存在下面问题:一是知识之间的不一致性;二是知识粒度(Granularity)不同;三是知识的精度不同。通过概念联通可以对所获取的知识进行修正、精简和整合;在知识服务阶段,针对不同层次用户的不同层次的、复杂的知识查询需求,可以通过对知识库中的原子知识进行广泛而有意义的联通/重组,反馈给用户高质量的知识。因此,将概念联通方法引入知识查询系统具有广泛的应用前景。

本文第 2 部分主要讨论两个层次的知识本体模型:一是领域本体模型(SOM),二是概念本体模型(COM);第 3 部分讨论基于概念本体的关系联通,并给出相应的基本性质;第 4 部分介绍基于概念联通的知识查询系统结构模型设计,并给出三个具体的联通算法,并对其进行简单的复杂性分析;最后总结全文并提出需要进一步探讨的问题。

2 知识本体模型(Knowledge Ontology Model, KOM)

我们把知识本体分为两个层次:一是领域本体;二是概念本。前者描述某个领域中的概念以及概念结构,后者主要描述概念的内涵以及与其他概念的关联。在设计中,在考虑有利于知识查询系统的同时兼顾了本体设计的完备性、准确性、可重用性、简洁性和可扩展性等重要原则[5]。

2.1 领域本体模型(Special Ontology Model)

定义 2.1(领域本体模型)[3] 一个领域本体模型 SOM $=(C,R,A,\top,H,O,F)$。其中,C 表示领域概念的集合;R 表

*)本文得到山东省自然科学基金(项目号:Y2003G01)、山东省曲阜师范大学青年科学基金(项目号:XJ03015)和曲阜师范大学科研启动基金资助。雷玉霞 讲师。曹宝香 教授/硕士生导师。王书西 博士。

维普资讯 http://www.cqvip.com

示定义在 C 上的关系集合；A 表示描述概念的属性集合；$\top$ 表示 C 中所有概念的上位概念；$H=(C,\leqslant)$ 表示 C 中概念的分类结构；$O=(O,\lesssim)$ 表示所有领域概念本体集合 O 上的结构，其中 $\leqslant$ 和 $\lesssim$ 是偏序；F 是个映射，即 $F: H\to O$。另外，满足下面条件：

(2.1) $\forall (C\in H)(C'\in H)(C\leqslant C'\leftrightarrow F(C)\lesssim F(C'))$；

(2.2) $\forall (O\in O)\ \exists (C\in H)(F(C)=O))$；

(2.3) $\forall (O\in O)(O'\in O)(O\lesssim O'\to O\subseteq O')$。

定义 2.2(极小上界) 给定 $H=(C,\leqslant)$，称概念 C 是概念 C_1 和 C_2 的极小上界，如果 C_1 和 C_2 同时满足：$C_1\leqslant C, C_2\leqslant C$；$\forall D(C_1\leqslant D\wedge C_2\leqslant D\to C\leqslant D)$。记作 $C=lub(C_1,C_2)$。

定义 2.3(极大下界) 给定 $H=(C,\leqslant)$，称概念 C 是 C_1 和 C_2 的极大下界，如果 C_1 和 C_2 同时满足：$C\leqslant C_1, C\leqslant C_2$；$\forall D(D\leqslant C_1\wedge D\leqslant C_2\to D\leqslant C)$。记作 $C=glb(C_1,C_2)$。

命题 2.1 若 $C=lub(C_1,C_2)$，$D=glb(C_1,C_2)$，则有 $F(D)\subseteq F(C_1)\cup F(C_2)\subseteq F(C)$。

证明：(1) 由 $C=lub(C_1,C_2)$ 可得 $C_1\leqslant C, C_2\leqslant C$，又由 (2.1) 可知 $F(C_1)\lesssim F(C)$，$F(C_2)\lesssim F(C)$，再由 (2.3) 知 $F(C_1)\subseteq F(C)$，$F(C_2)\subseteq F(C)$，所以有 $F(C_1)\cup F(C_2)\subseteq F(C)$；

(2) 显然有 $F(D)\subseteq F(C_1)\cup F(C_2)$ 成立。

2.2 概念本体模型(Concept-Ontology Model)

概念本体是描述概念的数学模型，主要描述该概念的个体与属性之间的关系，以及与其他概念之间的关系。首先，给出概念本体模型的定义，然后对构件进行解释。

定义 2.4(概念本体模型) 概念本体模型是个五元组，即 $COM=(A(C),I(C),R(C),H)$。简记为 $O(C)$。其中，$A(C)\subseteq A, R(C)\subseteq R, I(C)$ 表示 C 的所有个体的集合，$H\subseteq I(C)\times A(C)$ 是一个个体和属性之间的二元关系，且每个序偶 $(i,a)\in H$ 表示个体 i 包含属性 a；$A_x(C)$ 表示与 $O(C)$ 有关的公理集。另外，满足条件：

(2.4) 如果 $C\leqslant C'$，则 $O(C)\subseteq O(C')$；

(2.5) 如果 $C\in \boldsymbol{C}$，则 $O(C)\supseteq \bigcup_{C',P(C',C)} O(C')$，其中 $P(C',C)$ 表示 C' 是 C 的物理部分；

(2.6) 如果 C 是 C' 的一个物质，则 $O(C)\subseteq O(C')$。

命题 2.2 若 $C=lub(C_1,C_2)$，$D=glb(C_1,C_2)$，则有 $O(D)\subseteq O(C_1)\cup O(C_2)\subseteq O(C)$。

定义 2.5 设 $COM=(A(C),I(C),R(C),P(C),H)$，对 $X\subseteq I(C), Y\subseteq A(C)$，定义映射如下：

$\varphi(X)=\{a\in A(C)\mid \forall i\in X, (i,a)\in H\}$

$\sigma(Y)=\{i\in I(C)\mid \forall a\in Y, (i,a)\in H\}$

给定一个概念本体模型 COM。在 COM 中，集合 $\varphi(X)$ 表示集合 X 中所有个体的共有属性，而集合 $\sigma(Y)$ 则表示含有属性 Y 的所有个体的集合。

命题 2.3 给定 $COM=(A(C),I(C),R(C),P(C),H)$。映射 φ 和 σ 具有以下性质，其中 $X,X_1,X_2\in I(C)$，$Y,Y_1,Y_2\in A(C)$：

(2.7) $X_1\subseteq X_2\Rightarrow \varphi(X_1)\subseteq\varphi(X_2)$；

(2.8) $Y_1\subseteq Y_2\Rightarrow \sigma(Y_1)\subseteq\sigma(Y_2)$；

(2.9) $X\subseteq\sigma(\varphi(X))$；

(2.10) $Y\subseteq\varphi(\sigma(X))$。

概念本体模型 $COM=(A(C),I(C),R(C),H)$ 的一般结构描述为：

COM〈概念本体名〉[:〈上位概念本体〉]

{ Attibute Set〈对概念的属性描述〉

Relation Set〈与其他概念的关联描述集〉

$H\subseteq I(C)\times A(C)$〈个体和属性之间的二元关系〉

A_x〈对应于 COM 的公理集合〉

}

3 基于 COM 的概念联通分析

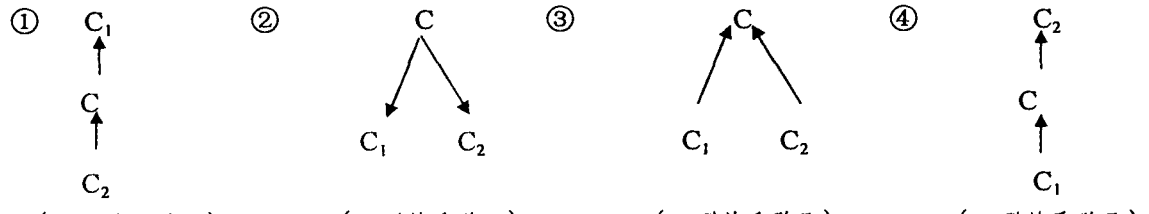
在第 2 部分，主要讨论了 COM，现在就讨论概念联通。本节主要讨论基于关系的联通。为清晰起见，仅限于对二元关系的讨论。多元关系可以转化成二元关系处理。首先给出关系联通定义，然后给出一些基本性质。

定义 3.1(关系联通) 给定 $COM_1=(A(C_1),I(C_1),R(C_1),H)$ 和 $COM_2=(A(C_2),I(C_2),R(C_2),H)$，称概念 C_1 和 C_2 之间存在联通，如果满足下面两个条件之一(R 表示二元关系)：

(3.1) $\{\cup FLD\,R(C_1)\}\cap\{\cup\ FLD\,R(C_2)\}\neq\Phi$。其中，$FLD\,R(C_1)=\{C\mid \exists\ R\in R(C_1)$，使得 $C\,R\,C_1$，或者 $C_1\,R\,C\}$(称为强关系联通)；或者

(3.2) 存在从 C_1 到 C_2 的路径，称为弱关系联通。

命题 3.1 设 C_1 和 C_2 是强关系联通，则 C_1 和 C_2 联通关系的关系图主要有如下 4 种情况(其中 C 称为 C_1 和 C_2 的联通因子)：



(Ⅰ型关系联通) (Ⅱ型关系联通) (Ⅲ型关系联通) (Ⅳ型关系联通)

命题 3.2 设 C 为 C_1 和 C_2 的联通因子，C' 为 C_2 和 C_3 的联通因子，则有如下结论：

(3.3) 如果 C_1 与 C_2、C_2 与 C_3 都是Ⅰ型(Ⅱ型、Ⅲ型)关系联通的，则 C 与 C' 也是Ⅰ型(Ⅱ型、Ⅲ型)关系联通的，并且 C_2 是其联通因子；

(3.4) 如果 C_1 与 C_2、C_2 与 C_3 分别是Ⅰ型和Ⅱ型关系联通的，则 C 与 C' 是Ⅰ型关系联通的，并且 C_2 是其联通因子；

(3.5) 如果 C_1 与 C_2、C_2 与 C_3 分别是Ⅰ型和Ⅲ型关系联通的，则 C 与 C' 是Ⅲ型关系联通的，并且 C_2 是其联通因子。

证明：由命题 3.2 的图示容易得证。

命题 3.3 概念 C_1 和 C_2 是弱关系联通的，如果满足下面条件：

(3.6) 如果存在 $C\in FLD\,R(C_1), C'\in FLD\,R(C_2)$，使得极大下界 $glb(C,C')$ 或极小上界 $lub(C,C')$ 存在；

证明：假设存在 $C\in FLD R(C_1), C'\in FLD\,R(C_2)$，使得极大下界 $glb(C,C')$ 存在，则由定义 3.1 和 (3.1) 可知 C_1 和

维普资讯 http://www.cqvip.com

$glb(C,C')$、C_2 和 $glb(C,C')$是强关系联通的；故由(3.2)可知 C_1 和 C_2 是弱关系联通的；同理可证极小上界 $lub(C,C')$存在的情况。

证毕。

定义 3.2(C-联通类) 设 IC 是某个领域本体模型 SOM 中的概念集合 C 上的联通关系，对于任一固定的概念 $C\in C$，把与 C 有强联通关系的概念构成的集合称为 C-联通类，记为 $[C]_{IC}$。

定义 3.3(联通矩阵) 给定 $[C_1]_{IC}$ 和 $[C_2]_{IC}$，设 $V=[C_1]_{IC}\cup[C_2]_{IC}=\{C_1,C_2,\cdots,C_N\}$，则称

$A=(D_{ij})_{N\times N}$ 为 V 的联通矩阵。其中，

$$D_{ij}=\begin{cases}1,\text{当 } Ci\to Cj\\0,\text{否则}\end{cases}$$

引理 3.1 给定概念 C_1 和 C_2，设 $V=[C_1]_{IC}\cup[C_2]_{IC}=\{C_1,C_2,\cdots,C_N\}$，则有结论(其中 A 为 V 的联通矩阵)：存在 C_k，使得 $C_1\to C_k\to C_2\Leftrightarrow D_{1k}\cdot D_{k2}=1$。其中，$\cdot$ 表示矩阵的乘法。

证明："⇒" 如果存在 C_k，使得 $C_1\to C_k\to C_2$，则 $D_{1k}=1$，$D_{k2}=1$，从而 $D_{1k}\cdot D_{k2}=1$；

"⇐" 如果存在 C_k，使得 $D_{1k}\cdot D_{k2}=1$，则 $D_{1k}=1$，$D_{k2}=1$，又由 D_{1k} 和 D_{k2} 的定义可知 $C_1\to C_k\to C_2$。

该引理说明，如果存在概念 C_k，使得 $C_1\to C_k\to C_2$ 成立，则一定有 $D_{1k}\cdot D_{k2}=1$；反之如果不存在 C_k，使得 $C_1\to C_k\to C_2$ 成立，则一定有 $D_{1k}=0$ 或 $D_{k2}=0$，从而 $D_{1k}\cdot D_{k2}=0$。

命题 3.4(概念联通存在的判定定理) 给定概念 C_1 和 C_2，设 $V=[C_1]_{IC}\cup[C_2]_{IC}=\{C_1,C_2,\cdots,C_N\}$，则有结论(其中 A 为 V 的联通矩阵)：

(1)C_1 和 C_2 之间存在概念联通，如果存在最小自然数 M，使得 A^M 的第 1 行第 2 列元素不为零，并且该元素就是长度为 M 的联通总数；

(2)若存在联通，则长度不超过 N 的联通总数就是 $D=A+A^2+\cdots+A^N$ 的 $D_{12}\neq0$。

证明：(1)若 $M=1$，则有 $C_1\to C_2$，根据(3.1)，结论显然成立，其联通长度为 1；如果 $M=2$，则有引理 3.1，结论是成立的，其联通长度为 2；如果 $M\geqslant3$，则 $A^M=A\cdot A^{M-1}$，从而存在 $C_{k[1]}$，使得 $D_{1k[1]}{}^{(1)}\cdot D_{k[1]2}{}^{(M-1)}=1$，从而有 $D_{1k[1]}{}^{(1)}=1$，$D_{k[1]2}{}^{(M-1)}=1$，再由引理 3.1 可知有 $C_1\to C_{k[1]}$。又因为 $A^{M-1}=A\cdot A^{M-2}$，从而存在 $C_{k[2]}$，使得 $D_{k[1]k[2]}{}^{(1)}\cdot D_{k[2]2}{}^{(M-2)}=1$，再由引理 3.1 可知有 $C_{k[1]}\to C_{k[2]}$，从而有 $C_1\to C_{k[1]}\to C_{k[2]}$。重复上述操作，则可得到联通 $C_1\to C_{k[1]}\to C_{k[2]}\to\cdots\to C_2$。显然其长度恰好为 M。根据矩阵的乘法可知，长度为 M 的联通总数恰好是该元素。

(2)由(1)可知，长度为 M 的联通总数恰好是为 A^M 的第 1 行第 2 列，所以当 $N\geqslant M\geqslant1$ 时，长度不超过 N 的联通总数为 $D=A+A^2+\cdots+A^N$ 的第 1 行第 2 列元素。

4 基于知识本体的查询系统结构模型和联通算法设计

4.1 基于知识本体的查询系统结构模型设计

下面讨论基于概念联通的知识获取与查询系统模型结构设计(见图 1)。该模型引入了概念联通机制。

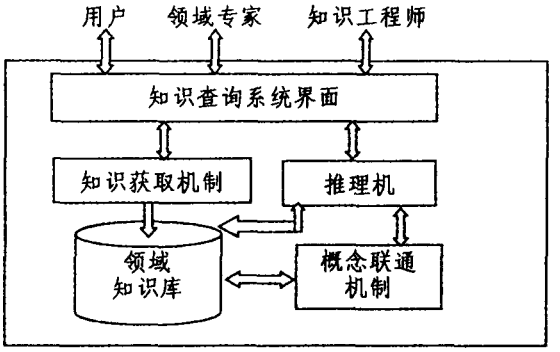


图 1 基于概念联通的知识获取与查询系统模型结构

概念联通在知识服务阶段的功能与目的：对于用户的知识需求主要有：一是简单查询知识库中的原子知识，主要包括查询概念的名称、概念的属性及其属性值等；二是查询知识库中所蕴涵的复合知识。实践证明，要满足不同层次用户的更为高层次的、复杂的知识查询，提高知识查询系统的智能程度，不仅需要有一个具有良好联通性的大型知识库/数据库，更重要的是进行广泛而有意义的知识推理/知识联通。为此，我们设计了上述查询系统结构模型。

4.2 概念联通算法设计与分析

为了尽可能提高知识查询质量，我们介绍三个描述性的概念联通算法。其中包括：一般的联通算法、基于深度优先的联通算法和长度为 M 的最强联通算法。为了叙述方便，我们只以从概念 C_1 到 C_2 的联通为例。从概念 C_2 到 C_1 的联通类似。

一般联通算法：输入概念 C_1 和 C_2，输出 C_1 到 C_2 的联通。其流程图见图 2。

Step1：在领域本体中找到相应的概念本体 $O(C_1)$ 和 $O(C_2)$。

Step2：求出 $[C_1]_{IC}$、$[C_2]_{IC}$ 和 $V=[C_1]_{IC}\cup[C_2]_{IC}=\{C_1,C_2,\cdots,C_N\}$

Step3：判断 C_1 和 C_2 是否是Ⅰ型(Ⅱ型、Ⅲ型)关系联通。若是，则输出该联通。

Step4：求出 V 的联通矩阵 A 以及 A^M，其中，$N\geqslant M\geqslant1$。

Step5：若存在联通，则求出所有的长度不超过 N 的联通，并输出联通集合。

由命题 3.4 可知，若 $D_{12}{}^{(M)}\neq0$，则一定存在长度为 M 的联通，并且联通的个数即为 $D_{12}{}^{(M)}$。因为 M 是有限的，所以我们可以用深度优先的算法来求出所有的长度为 M 的联通。另外，根据需要，在搜索中没有必要产生概念的所有后继，而只需产生有希望在联通上的概念即可。这就是基于深度优先的联通算法的基本思想。下面给出基于深度优先的联通算法，其中 $C_{(K+1)[J(k+1)]}$ 表示在搜索中产生的第 $(K+1)$ 层的概念。I 表示由第 K 层概念产生第 $(K+1)$ 层的后继概念的变量。令 $I_0=0$。

基于深度优先的联通算法：输入概念 C_1 和 C_2。设 Open 表存放未扩展的概念；Closed 表存放已扩展的概念。

(1)初始化 Open 表、Closed 表为：Open 表仅含有概念 C_1、Closed 表为空。

(2)Repeat (直到进行 $D_{12}{}^{(M)}\neq0$ 次)

(Ⅰ)把第 1 个概念从 Open 表中移到 Closed 表中；

(Ⅱ)若 $K=1$，则输出 Closed 表的内容，否则继续进行；

维普资讯 http://www.cqvip.com

(Ⅲ)扩展概念 $C_{K[Ik]2}{}^{(M)}\neq 0$ 和 $A^M=A\cdot A^{M-1}$ 扩展概念 $C_{k[Ik]}$ 的所有使得 $D_{K[Ki](K+1)[I(k+1)]}\cdot D_{(K+1)[I(k+1)]2}{}^{(M-1)}\neq 0$ 成立的后继概念 $C_{(K+1)[I(k+1)]}$，并把它们放入 Open 表的前头；其中，$D_{K[Ik]2}{}^{(M-K)}\geqslant I(k+1)\geqslant 1$

(Ⅳ)$K\leftarrow K+1$

基于深度优先的联通算法是求出所有的从概念 C_1 到 C_2 长度为 M 的关系联通。

一般联通算法的流程图如下：

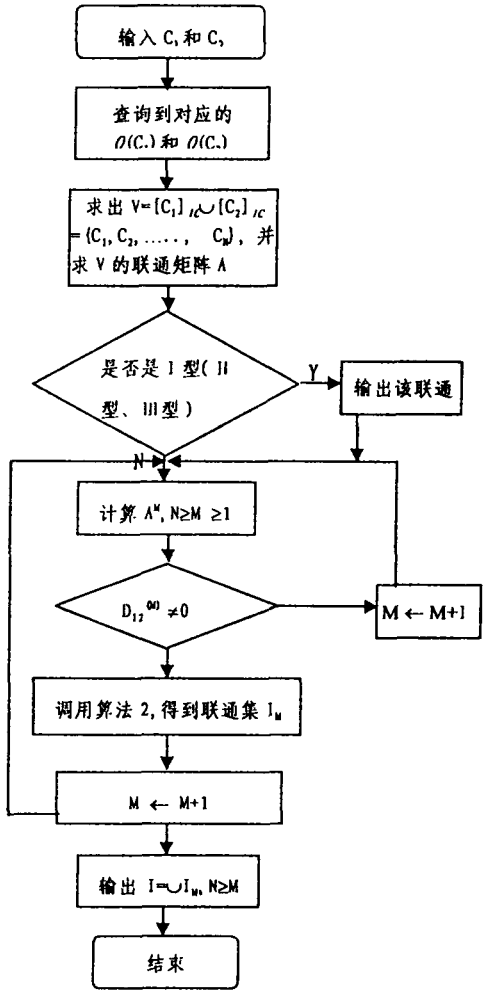


图 2 一般联通算法的流程图

上面的两个联通算法没有考虑概念之间的联通强度。而在实际问题中，给定两个概念，就对应两个概念本体。在概念本体中，两个概念之间可能存在多个直接关系。所以，有必要考虑概念之间的联通强度。给定两个概念 C_1 和 C_2，假定它们之间有 N 个直接关系，则称从 C_1 到 C_2 的联通强度为 N。在联通算法中，把从 C_1 到 C_2 的 N 个直接关系抽象成一条有向边，并把 N 作为该边的联通权重。

由上面分析，给定两个概念，它们之间可能存在多个联通算法。如何找到最强的联通？这是一个很有意义的问题。为此，我们设计了最强联通算法，该算法的思想类似于图论中的迪克斯特拉(Dijkstra)算法：若 C_1 C_2 $C_3\cdots C_K$ 是从 C_1 到 C_K 的最强联通，则 C_1 C_2 $C_3\cdots C_{K-1}$ 是从 C_1 到 C_{K-1} 的最强联通。该算法描述如下：

最强联通算法：输入概念 C_1 的和 C_2，求出从 C_1 到 C_2 的长度为 M 的最强联通。

Step1：根据给定概念 C_1 和 C_2。由基于深度优先的联通算法求出分支长度都为 M 的联通图 G。很显然，图 G 的宽度为 $D_{12}{}^{(M)}\neq 0$。另 $V=\{G$ 的结点$\}$。

Step2：初始化 $P=\{C_1\}$，$T=V-\{C_1\}$。对于每个 $C\in T$。定义联通强度 $I(C)$ 为：

$$I(C)=\begin{cases}W(C_1,C)，若\ C_1\rightarrow C;\\ 0，若\ C_1\ 和\ C\ 不联通;\\ 0，若\ C\rightarrow C_1。\end{cases}$$

其中，$W(C_1,C)$ 表示抽象边 $C_1\rightarrow C$ 的联通权重。

Step3：找 T 中的概念 X，使得 $I(X)=MAX\{I(C)\mid C\in T\}$，则 $I(X)$ 是从 C_1 到 X 的最强联通。

Step4：置 $T\Leftarrow T-\{X\}$，$P\Leftarrow P\cup\{X\}$。

Step5：若 $X\neq C_2$，则修改 $I(C)$ 的值。其方法如下：若有 $X\rightarrow C$(X 在 Step3 中选出来的)，则置 $I(C)\Leftarrow MAX\{I(C),\ I(C)+W(X,C)\}$；转 Step3。

Step6：若 $X=C_2$，则算法结束。

其中，Step5 的本质是若由于概念 X 的引入使得 $I(C)$ 更大，则修改之。通过这个算法，我们可以找到长度为 M 的最强联通。

5 总结和进一步讨论的问题

自然语言查询系统是一种很重要的知识服务系统。在这种系统中，除了有一个友好、美观的知识界面外，更重要的是反馈给用户的知识质量。为了提高知识服务的质量，本文从知识本体和概念图的角度分析了概念联通存在的判定和联通算法等。概念联通的主要功能是：在知识服务阶段，通过各种知识推理/概念联通可以满足不同层次用户的知识需求。

在第 3 部分，我们介绍了三个联通算法：一般概念联通算法，基于深度优先的联通算法和最强联通算法。这些算法的设计和实现都是建立在已经创建的领域知识本体和概念本体上。实践证明，不完善或不合理的本体会影响概念联通的质量。目前，概念联通所处理的知识主要是一些事实性知识或结构比较规范的知识。下一步，我们将把概念联通的思想、用户建模技术和知识推理技术结合起来，以便更好地满足不同层次用户的不同层次的、复杂的知识/概念查询需求。

参 考 文 献

1 冯东辉，曹存根. 知识界面在 NKI 中的应用. 计算机工程与应用，2000(17)：115～118

2 Hefley W E. Intelligent User Interface. ACM O-89791-557-7/92/0012/0003，1992

3 雷玉霞，眭跃飞，曹宝香. 基于本体的属性分析以及概念联通. 计算机科学，2004，31(3)：102～105

4 Lu Ruqian, Jin Zhi. Formal Ontology: Foundation of Domain Knowledge Sharing and Resuing. J comput Sci & Technol, 2002, 17(5): 535～548

5 Guarino N, Carrara M, Giaretta. An Ontology of Meta-level Categories. Principles of Knowiedge Representation and Reasoning. In: Proc. of the Fourth Intl. Conf.