

口语对话系统 *EasyNav* 中的语义表示

黄寅飞, 郑方, 苏毅, 李芳, 吴文虎

(清华大学计算机科学与技术系,
智能技术与系统国家重点实验室 语音技术中心,
北京 100084)

摘要: 为定义口语对话系统中各个模块间的信息传递方式, 提出了三种语义表示形式: 嵌套框架、主题结构和应答查询链。建立在这三种语义表示基础上的语义分析、省略分析和动态查询组织为系统提供了灵活有效的语言理解能力。

关键词: 语义表示; 口语对话系统; 自然语言理解

护局部上下文结构, 由语义规则指示生成。应答查询链通过应答模板中的应答入口进入, 用以指导动态查询组织。

1 嵌套框架

语义表示常见有两种方式: 逻辑式和语义框架。逻辑式对应于形式化的命题推导, 语义框架对应于程序内建的推理[2]。我们采取基于语义框架的方法, 是因为对于特定领域特定任务的情形而言, 推理由程序化系统完成更为有效与方便。

嵌套框架由一组框架组成。框架中的槽有三种类型: 值、指针、函数。值型槽赋予槽一个值。指针槽指向本框架或其它框架的一个槽, 槽的值为该指针对应的查询链返回值。指向本框架槽的指针称为近指针或本地指针, 指向其它框架槽的指针称为远指针。函数槽对应一个应答函数或查询函数, 其值为函数返回值, 函数参数为一组近指针。槽还可以附带前提条件, 前提条件由一组远指针构成, 用以约束指针槽或函数槽的返回值。

下面是描述范围属性的规则 12:

属性描述->地点(.)+ 附近(NEARBY)

槽: [属性描述类型]=设置范围

槽: [设置范围]=Set 范围([参照地点名], [抽象距离])

槽: [参照地点名]={地点}.[地点名]

槽: [抽象距离]=<NEARBY>

关联: [抽象距离]>> 范围 ^范围

关联: 地点 >> 范围 ^参照地点

省略: 地点 ~地点 >> 范围 ^参照地点 =

第一行为框架生成规则, 表明可以由地点对象

校园导航系统 *EasyNav*, 是以提供清华校园内地点信息查询服务为背景的口语对话系统, 可以对有关校园地点、办公、服务、路线等信息进行查询, 不限定询问句型。2000 年 3 月实现了第一版[1], 2001 年 4 月更新到第二版, 第二版加强了语义表示能力, 以支持更强大的语义分析和应答查询组织, 并支持上下文分析。系统模块构成如图 1 所示。

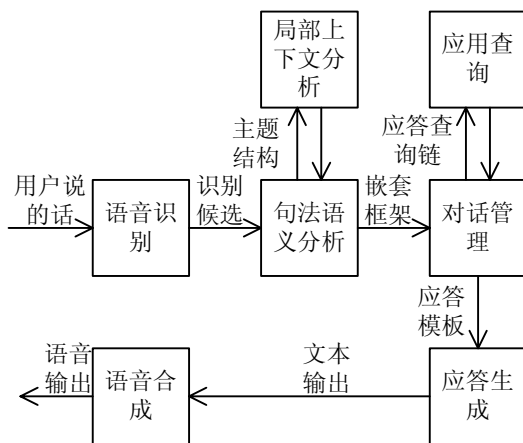


图 1 系统模块图

语义表示问题是系统集成的中心问题, 需要定义语义分析、上下文处理和查询应答等模块之间的信息传递格式。

本文提出了嵌套框架、主题结构和应答查询链三个语义表示。嵌套框架是语义分析的输出, 与语义规则一一对应, 包含了应答查询链。主题结构维

和附近符号生成一个属性描述对象，也即，生成一个属性描述框架。以“槽:”打头的是槽赋值操作，指示框架中槽的内容。花括号表示框架，尖括号表示取符号对应的字串，在等号右侧的方括号表示指向槽的指针。槽 1、3 为指针槽，槽 2 为函数槽，槽 4 为值型槽。由该规则生成的框架如图 2 所示。

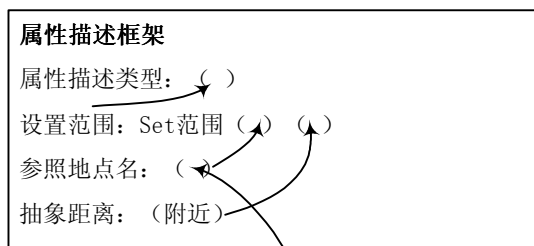


图 2 框架示例

下面是带有前提条件的槽赋值操作规则的例子：

槽：[地点名集合]=Query 地点名 3([动作]) <= {施事者}.[施事类型]

在符号“<=”之后跟的远指针即为前提条件，表示在通过动作查询地点前先调用施事者框架的施事类型槽，该槽对应的查询链设置施事参数，以便在查询时使用。

语义分析

正如短语结构语法规则由词组合成短语，再组合成更高级的短语，最后组合成句子，框架生成规则也是由低一级的语义成分组合成高级的语义成分，最终生成句子级的应答框架。

由于支持省略分析，语义分析是一个双层多遍的分析过程[3]。在 A 层，不考虑省略进行语义规则的匹配。在所有规则都考察完之后，进入 B 层，考虑带有省略项的语义规则的匹配。在 B 层一旦发现规则匹配成功，还要再回到 A 层重新考察。直到 B 层考察完所有规则都不能匹配时，这一分析过程才结束。这时，如果得到句子级的框架则分析成功，不然则分析失败。

下面通过例子(1)来说明语义分析的过程，上下文中记录有“九号楼”的地点对象。分析过程见图 3。

(1) 附近哪个食堂比较便宜

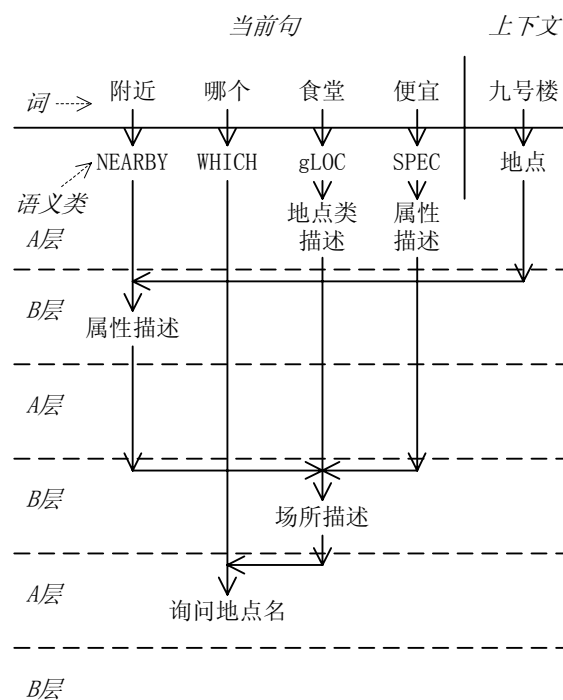


图 3 语义分析示例

与第一版比较

相对于第一版的句型模板方法，嵌套框架方法有了很大改变。

句型模板方法有若干优点：1) 列举句型，涉及因素较少，规则简单易写；2) 查询与应答策略直接与模板号相联系，可以解决言外之义的问题；3) 与句法分析模块相对独立。但也有很大的缺点：1) 规则生成能力弱；2) 规则与程序相互不独立（依赖于模板号的定义），并且也不直观。

嵌套框架方法的优点：1) 规则生成能力强；2) 查询与应答策略显式地出现在规则中；3) 与句法分析模块相对独立。缺点则是规则复杂，除了基本的语义和句法以外，还涉及查询、应答、上下文等内容，书写困难，需要组合测试，并导致语义分析器代码也比较复杂。

可以看到，嵌套框架方法针对句型模板方法的两个缺点作了改进，但随之而来的代价就是规则复杂度提高。

2 主题结构

在语义分析的 B 层循环中，考察带有省略项的语义规则，在发现省略后要调用省略分析模块。为

进行省略分析，需要将省略项与局部上下文中的对象进行匹配，并考虑主题变化的影响。为此我们提出了主题结构，用以描述当前主题中的对象、属性和关系，并在此基础上研究主题变化的条件和它对引用的影响[4]。

在 EasyNav 场景中，共有 12 类主题项目，又分为原子项目和组合项目两大类。原子项目本身就代表了完整的含义，组合项目则需要结合其子节点内容才能得到完整的含义，才能对应于一个确定的引用项。在主题结构中，称子项目为属性。地点类和功能为关键属性，其余为一般属性，属性间具有优先级。

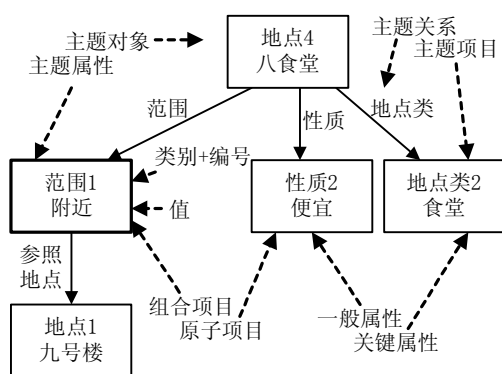


图 4 主题结构图示

主题结构主要是通过语义规则中以“关联:”打头的关联操作规则生成的。规则:

关联: [抽象距离]>> 范围 ^范围

关联: 地点 >> 范围 ^参照地点

“>>”左侧为子项目或者以方括号括起来的槽，右侧为父项目，“^”后指示主题关系。则上面两条规则，第一条说明生成一个范围项目，赋以抽象距离槽的值，其与父项目间的关系为“范围”。第二条说明将地点子框架对应的地点项目作为子项目与范围项目相连接，关系为参照地点。

省略项重构

如果是在语义分析 B 层经过省略分析匹配成功的语义规则，则需要使用规则中以“省略:”打头的省略项重构操作规则生成主题结构。规则:

省略: 地点 ~地点 >> 范围 ^参照地点 =

“>>”和“^”符号含义同关联操作规则，“~”

指示省略项的主题类别。“=”指示这是值型省略，即该省略项对应的槽应该提供一个值而非一个查询函数。

仍以例句(1)为例，图 3 的分析过程第一次进入 B 层循环时，规则 12 发现省略，使用上述规则生成一个地点项目，代替正常情况下由关联规则指示的地点项目与范围项目相关联。之后省略分析模块以这个省略项为基准，与上下文中的主题项目进行比较，寻找符合匹配条件的引用项。

寻找到匹配的引用项后，继续重构过程。首先是拷贝引用项，如果引用项是组合项目则需要连同其子项目一起拷贝。其次是拷贝引用项对应的嵌套框架并重定位其内的远指针。最后要将当前框架中相应的远指针重定位到引用项对应的框架和槽上。

上下文维护

由于省略的局部特性，只需要保留上一句的上下文。需要记录的内容包括输入字符串、语义类标记串、嵌套框架和主题结构。当前句中省略的词可能不在上一句而在更前面的句子中，但会在上一句的主题结构中。

注意存入上下文前，主题结构要更新，如图 4 中的地点 4 项目，在查询前为空，查询后填入查询结果“八食堂”。嵌套框架也要更新，原先的查询函数用查询结果代替，槽类型由函数变为值。

3 应答查询链

意义是什么，是语义研究的重要问题。从意义的不同侧面考察，有指称义、真值义等不同观点。对于一个查询系统来说，重要的是查询义，而应答查询链就是描述查询义的语义表示工具。

成功的语义分析后，将得到一个顶层的句子级框架，我们称之为应答框架或意图框架。其中的应答内容槽指示了应答查询链的入口，通过对槽与槽之间的指针连接、函数参数连接和前提条件连接的遍历，得到整个应答查询链 [5]。

应答查询链的入口可能只是一个指针槽，则直接以查询链的返回结果作为应答；也可能是一个函数槽，则该函数作为一个应答模板函数，由程序根据其参数返回的值组织应答。

图 5 是例句(1)经过语义分析得到的嵌套框架:

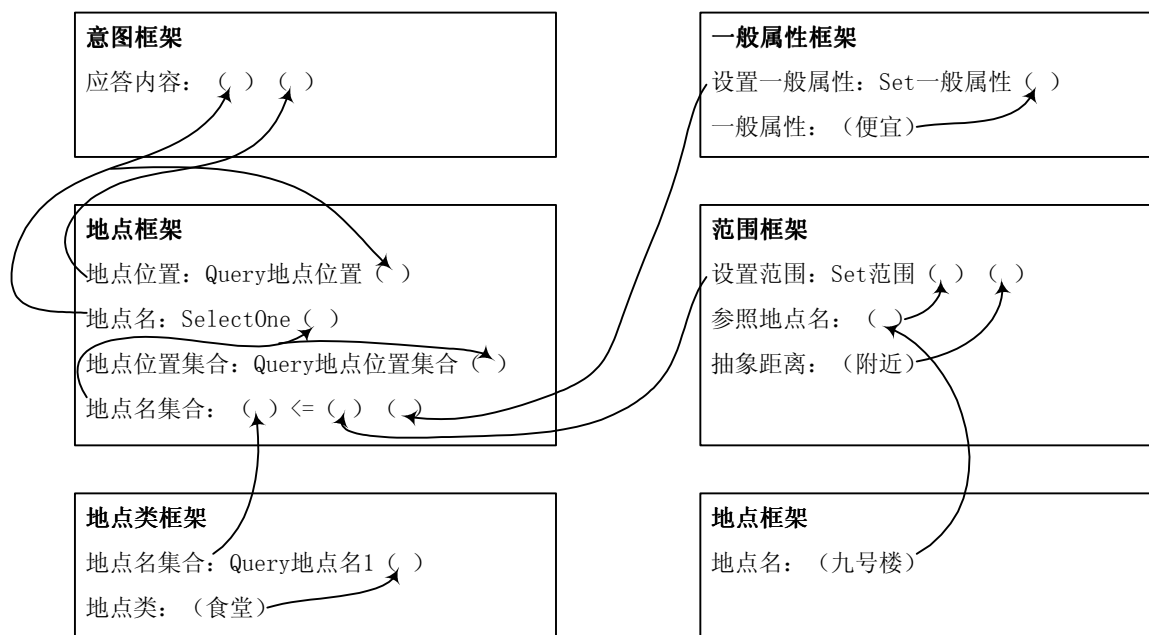


图5 嵌套框架图示

图5中略去了一些起连接作用中间框架和中间槽，并以对象类别而非符号名称命名框架，以使图示更明确。从意图框架的应答内容为入口，我们得到应答查询链，图6列出其中一条：

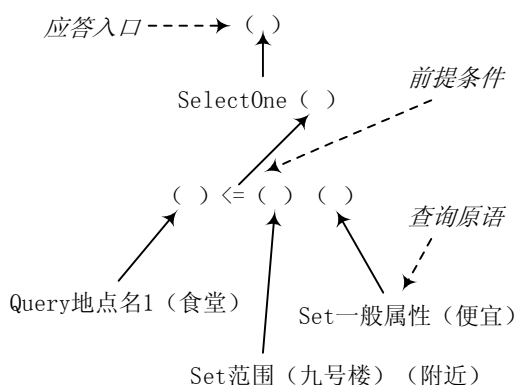


图6 应答查询链图示

前提条件的引入将一些复杂的查询函数拆解成查询原语，从而使查询义也能够依据意义组合原则生成，因而使得查询模块具备了动态查询组织的能力。

4 小结

本文提出的嵌套框架、主题结构和应答查询链

都是依据意义组合原则生成，具有较强的描述能力。一方面层层嵌套的形式可以描述复杂的语义，另一方面支持省略使得用户可以连续地提问。

这一表示的问题在于规则复杂，需要组合测试。尤其要考虑上下文中对象和当前句中对象的组合，使得其与单纯句子语法系统的规则完全不同。

参考文献 (References)

- [1] J.Allen, "Natural language understanding", The Benjamin/Cummings Publishing Company, 1995
- [2] 黄寅飞, 郑方, 燕鹏举, 徐明星, 吴文虎, 校园导航系统 EasyNav 的设计与实现, 中文信息学报, v15:4, 2001.4
- [3] Y. Su, F. Zheng and Y. Huang, "Design of a Semantic Parser with Support to Ellipsis Resolution in a Chinese Spoken Language Dialogue System", EuroSpeech, p2161, 2001
- [4] Y. Huang, F. Zheng, Y. Su, F. Li and W. Wu, "A Theme Structure Method for the Ellipsis Resolution", EuroSpeech, p2153, 2001
- [5] F. Li, F. Zheng, W. Wu and Y. Huang, "Dynamic Query Organization and Response Generation in Spoken Dialogue System", ICCPOL, 2001