

문형구조의 분류에 따른 대화음성의 의도분석에 관한 연구

Analysis of Intention in Spoken Dialogue Based on Classifying Sentence Patterns

최 환 진*, 송 창 환*, 오 영 환*
(Hwan Jin Choi*, Chang Hwan Song*, Yung Hwan Oh*)

요 약

화자에 의해서 발생된 문장은 대화가 이루어지고 있는 화제나 발화의도에 따라 문장에 사용되는 단어의 구성 및 문장의 구조에 차이를 보이므로, 본 논문에서는 문형을 기반으로하여 문장의 구조와 의도사이의 관계를 사용하여 화자의 의도를 효과적으로 분석할 수 있는 통계적인 방법인 IDT(intention decision table)를 제안한다. IDT는 문장을 이루는 구성요소를 5가지로 분류하고, 입력문장에 대한 분석을 통해서 얻어진 구성요소들과 의도간의 통계적인 분석을 통해서 얻어진 의도 결정표를 이용하여 문장의 의도를 결정한다.

실험결과, 문장을 구성하는 단어와 의도간의 상관관계를 고려한 경우에 비해서 IDT를 사용하는 경우 10~18% 정도의 의도 인식을 향상이 있었으며, 단어의 의도와 관계 이외에 단어들간의 전이관계를 함께 모델링한 MIG 경우에 비해서도 3~12%의 향상된 의도 인식을 보임으로써, 본 논문에서 제안한 IDT가 유효함을 알 수 있었다.

Abstract

According to topics or speaker's intentions in a dialogue, utterance spoken by speaker has a different sentence structure or word combinations. Based on these facts, we have proposed the statistical approach, IDT(intention decision table), which is modeling the correlations between sentence patterns and the intention. In a IDT, the sentence is splitted into 5 different factors, and the intention of a sentence is determined by the similarity between an intention and 5 factors that have represent a sentence.

From the experimental results, the IDT has indicated that the prediction rate of an intention is improved 10~18% over the word-intention correlations and is enhanced 3~12% compared with the MIG(Markov intention graph) that models the intention with a transition graph for word categories in a sentence. Based on these facts, we have found that the IDT is effective method for the prediction of an intention.

1. 서 론

음성은 인간과 기계간의 의사전달을 위한 효과적인 수단으로, 음성을 이용한 기계와의 인터페이스에 관한 다양한 연구가 진행되고 있다. 기계와의 정보전달 인터페이스로 음성이 사용 가능한 분야로는 음성인식, 음성합

성 및 화자인식 등이 있다. 이 중에서 음성인식은 사용이 간편하며, 별다른 입력 디바이스가 필요 없다는 점에서 키보드를 대용할 중요한 인터페이스로 각광받고 있다.

현재까지의 음성인식연구는 그 대부분이 단어나 낭독체(read speech)를 대상으로 하고 있으며, 일부의 경우 비분법적인 특성을 갖는 대화음성을 대상으로 음성인식 연구를 수행하고 있다[1, 2]. 대화음성의 경우, 비분법적인 특성을 가지며, 발성음의 변이가 일반적인 낭독체 음성의 경우에 비해 큰 특징을 가지므로, 대화체 음성을 대상으로 한 음성인식의 경우 낭독체 음성을 대상으로 한 인식에 비해서 많은 어려움이 있다. 이러한 난점들을 해결하기 위해서 대화가 발생하는 영역(domain)을 제한하

*한국과학기술원 전산학과/인공지능센터
접수일자: 1995년 12월 8일

리, 이러한 영역에서 화자의 의도에 기반하여 음성인식시의 오류를 줄이려는 연구가 활발히 진행되고 있다[3, 5, 6]. 그러나, 대화음성의 비문법적 특성과 음성인식에서의 오인식된 결과를 대상으로 한 화자의 정확한 의도분석은 여전히 어려운 문제로 남아있다[7].

대화처리 시스템에서 화자의 발화내용은 입력된 음성 에 대한 구분적리나 의미해석 없이 그 내용을 알 수 없으므로, 화자의 발화의도를 미리 예측해서 이에 적합한 언어모델을 사용하는 연구가 수행되고 있다. 화자의 의도는 주로 대화모델(dialogue model)을 사용함으로써 얻어지며, 대화의 진행은 발화 문장이 담고 있는 목표(goal), 화제(topic), 화행(speech act) 등에 의해서 결정된다[8]. 대화모델을 이용할 경우 현재의 대화상태에서 전이 가능성이 있는 대화상태들을 알 수 있으므로 이를 통하여 화자의 다음 발화의도를 예측하게 된다.

그러나, 의도에측이 가능한 대화모델에서 화자가 발화할 수 있는 내용은 많지 않으며, 대화가 이루어지는 대상 영역(task domain)도 문맥지식(pragmatic knowledge)을 이용할 수 있는 영역으로 한정되게 된다[5, 8, 10]. 따라서, 대화를 통하여 특정 작업을 하고자 하는 경우 시스템은 화자로 하여금 예측 가능한 내용들만을 발화하도록 제한을 가하게 되며, 이로 인하여 대화의 자연성과 시스템의 융통성이 떨어지게 된다.

대화의 자연성을 유지하면서 음성 인식율을 향상시키기 위해서는 음성 인식부에서 입력된 음성으로부터 의도에 의존적인 언어모델을 사용함으로써 직접 발화 의도를 분별하는 것이 바람직하다. 구분이나 의미분석을 통한 발화문장의 이해는 음성언어의 비문법적인 특성과 음성 인식상의 오류로 인해서 음성 인식과정을 거쳐서 얻어진 단어 열에 대해 직접 적용하기는 어렵다. 따라서, 의도별 문장들이 갖는 구문상의 차이를 이용하여 의도 의존적인 구문상의 특성을 이용하는 의도 분석방법이 요구된다.

일반적으로 화자에 의해서 발성된 문장은 대화가 이루어지고 있는 화제나 발화의도에 따라 문장에 사용되는 단어의 구성 및 문장의 구조에 차이를 보이므로[4, 6], 본 논문에서는 문형에 기반하여 화자의 의도를 효과적으로 분석할 수 있는 통계적인 방법인 IDT(intention decision table)를 제안하고자 한다. IDT는 문장을 이루는 구성요소를 5가지로 분류하고, 입력문장에 대한 분석을 통해서 얻어진 구성요소들과 의도간의 통계적인 분석을 통해서 얻어진 의도 결정표를 이용하여 문장의 의도를 결정하게 된다. 실험결과, 문장을 구성하는 단어와 의도간의 상관관계를 고려한 경우와 이러한 관계와 함께 단어들간의 전이관계를 모델링한 MIG 경우 모두에 대해서 향상된 의도 인식율을 보임으로써, 본 논문에서 제안한 IDT가 유효함을 알 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 의도분석의 필요성에 대해서 기술하고, 3장에서는 본 논문에서 제안한 의도별 구문구조모델링 방법인 IDT에 대해서 설명하

고자 한다. 그리고, 4장에서는 IDT의 성능평가등 의인 실험결과를 기술하고, 마지막 5장에서 결론과 향후 연구 방향에 대해서 기술하고자 한다.

II. 의도분석

음성인식은 화자에 의해서 발성된 음성으로부터 화자가 원하는 행동을 기계로 하여금 수행할 수 있도록 하는 것을 궁극적인 목표로 하고 있다. 이를 위해서는 단순히 발성된 단어만을 인식하고 인식된 단어에 대응되는 명령어를 인식하는 수준이 아니라, 발성자의 의도를 파악해서 발성자가 원하는 것을 수행하는 음성이해(speech understanding)과정이 필요하게 된다[7].

음성이해는 화자가 발성한 음성을 인식하고, 화자의 의도를 파악해서 화자가 의도하는 내용을 알려주거나 시스템이 알지 못하는 부분들에 대한 질문 등을 던지는 것과 같은 과정을 포함한다[3, 10]. 대화에서 상대방의 의도를 파악하는 것은 대화를 진행하는데 있어서 매우 중요한 것이다. 특히, 인간과 기계간의 대화를 통한 정보 전달시에는 화자의 발성의도를 정확히 파악하고, 이에 대한 적절한 처리를 해주는 것은 기계에 대한 인간의 이질감을 줄일 수 있다는 점에서 매우 중요하다. 기계에 의한 발화문장의 이해는 2가지 측면으로 나누어 볼 수 있다. 첫 번째로, 발화문장에 담겨져 있는 전체 의도를 파악하는 것이다. 발성문장에 대한 의도를 알 수 있다면, 의도별 구문구조의 제약조건을 이용해서 발성음에 대한 음향적인 해독결과를 보정할 수 있다. 따라서, 대화음성 처리시 의도에 기반으로한 인식오류의 보정은 인식기는 물론 대화처리 시스템의 성능향상을 위해서 매우 중요하다.

두 번째로 발화문장을 구성하는 단어열로부터 구체적인 의미를 얻어내는 것이다. 이러한 과정에서는 인식된 단어 열을 대상으로 문법(grammar)을 사용하여 파싱(parsing)을 수행하고, 그 결과를 이용해서 의미분석(semantic analysis)을 수행하는데, 이러한 과정들은 복잡하며 다단계의 지식원들을 필요로 한다[1, 8].

본 연구에서는 첫번째의 방법에 기반하여, 화자에 의해서 발성된 음성 에 대한 음향해독과정의 오류를 줄이기 위해서 인식된 단어 열로부터 화자의 의도를 추출하는 방법을 제안하고자 한다. 의도를 알 수 있는 경우, 인식된 단어 열에 대해서 의도 종속적인 문장구조를 제약함으로써 오인식된 단어열의 보정이 가능하므로, 인식된 단어열을 대상으로 한 의도인식은 중요한 과정이라고 할 수 있다. 다음으로, 의도분석의 필요성과 의도에측을 기반으로 한 음성인식에 대해서 기술하고자 한다.

2.1 의도분석의 필요성

대화처리시스템의 구현시 화자의 발화에 대하여 그 의도를 알 수 있는 경우 의도에 따른 언어모델을 사용함으로써 음성인식부의 인식률을 증가시킬 수 있으므로, 의

도의 관련된 지식은 음성신호의 음향적 해독과정이나 그 분석과정에서 적용하고자 하는 다양한 연구가 수행되고 있다.

일반적으로 인간의 대화행위는 다음과 같이 2가지로 분류할 수 있다. 즉, 목적 및 맥락에 의해 주도된(initiative)의 경우로, 관련 상황에서 기계가 제시하는 목록 가운데에서 원하는 내용을 읽어주면 되는 경우로 상황변별성 가능한 자료를 제한하는 방법이다. 시스템의 설계가 단순하나 사용의 제약으로 인해서 불편하다는 단점을 갖는다. 두 번째로, 인간-기계간의 대화형(human-machine interactive)이 있다. 기계가 어느 정도의 대화처리기능을 가지고 있어서 인간에 의한 발성 제약이 그리 크지 않은 방법이다. 이러한 방법은 대화음성인식의 궁극적인 목표이나 상황변별성 가능한 내용이 다양하다든지, 화자의 발화내용 예측이 어려운 경우에는 여전히 부적절하다. 그 이유는 상황변별 처리를 위한 지식원들이 다수 필요하며 복잡한 대화모델이 사용되므로, 현재로는 이러한 지식원들의 수집이나 처리가 용이하지 않다. 따라서, 영역을 제한하여 사용자나 기계의 응답구조가 명확한 분야를 대상으로 한 연구가 활발히 진행되고 있다[3, 5]. 그러나, 이와 같이 사용자에게 발화 내용에 대한 제약을 주지 않고 자연스럽게 발화할 수 있는 시스템을 구현할 경우, 음성 인식부의 인식율이 감소하게 된다. 이러한 이유는 첫번째의 경우와 같이 임의의 상황에서 나올 수 있는 문장형태를 미리 예측 가능한 경우와는 달리, 화자에 의해서 발생된 문장에 대한 예측이 어렵기 때문이다. 따라서, 화자에게 발화의 제약을 주지 않으면서 음성 인식율의 저하를 줄이기 위한 방법이 필요하게 된다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 발성음에 대한 음향 해독과정으로부터 얻어진 단어열을 대상으로 화자의 의도를 직접 구하고, 이러한 의도에 종속적인 구문구조정보를 이용해서 단어열을 의도에 맞도록 보정하는 방법을 제안하고자 한다. 이러한 의도별 구분구조를 구하기 위해서 수집된 대화자료를 사용하여 의도별 구분구조를 자동적으로 분류한 후, 이를 이용해서 입력된 음성으로부터 직접 화자의 의도를 구하게 된다. 제안된 방법에 대해서는 3절에서 상세히 기술하고자 하며, 다음절에서는 일반적인 의도예측을 기반으로 한 음성인식에 대해서 기술하고자 한다.

2.2 의도예측을 이용한 음성인식

주어진 시점에서 상황에 따라 발화내용을 정확히 해석하기 위해서는 전체적인 문맥과 지엽적 문맥에 대한 정보가 필요하다. 대화처리를 위한 시스템은 문맥에 관한 정보의 처리를 위한 기능이 필요하며, 이를 위해서 대화모델을 사용한다.

대화모델으로써 널리 사용되는 방법으로는 계획기반 대화모델(plan-based dialogue model)[8, 9, 10]이 있다. 이 모델에서 대화란 어떤 목적을 가지고 시작되며, 목적

을 이루기 위한 과정을 기술하고 있다고 본다. 따라서, 대화를 통해 대화계획에 대한 화자가 얻을 수 있는 각종 지식을 가지고 이 지식을 기반으로하여 화자의 목적과 계획을 추론함으로써 대화를 이해한다.

화자가 다음 발화내용을 얻을 수 있는 정도에 따라 시스템에서 음성인식부의 인식율을 향상시킬 수 있다. 대화모델은 각 시점에서 화자의 다음 발화에 대한 개략적인 내용 즉, 화자의 의도를 예측할 수 있는 정보를 제공해 준다. 대화모델은 화자의 부분적(subgoal)을 예측하는데 유효하다. 대화모델을 사용하여 화자의 의도를 예측할 경우, 특정 시점에서 현재의 상태에 따라 화자의 다음 발화 의도를 예측하게 되며 예측된 상태에 의존적인 언어모델을 인식과정에 사용함으로써 인식율을 향상시킬 수 있다[2, 4, 6]. 언어모델로는 unigram, bigram, trigram과 같은 통계적인 언어모델을 사용하고 있다. 문장 인식을 위해서 단어열을 탐색할 경우 대화모델의 상태에 의존적인 언어모델(state dependent language model)을 사용하면 상태 독립적 언어모델을 사용하는 것보다 복잡도가 감소하므로 보다 정확한 문장을 얻을 수 있게 된다.

그러나, 대화모델을 이용한 의도 예측방법은 대화의 특정상태에서 나타나는 화자의 의도수가 비교적 소수이며, 문맥 지식을 적용하기에 용이한 문제, 즉 열차예매, 호텔예약과 같은 구조적인 작업을 수행하는 대화에 한정되어 사용할 수 있다. 그러므로, 대화과정의 특정 상태에서 화자의 의도가 다수이고, 대화를 통해 수행하는 작업이 구조적인 형태를 갖지 않는 일상의 대화에 대해서는 화자의 다음 발화에 대한 의도를 예측할 수 있는 대화모델을 설계하기가 어렵게 되므로 의도예측이 어려운 단점이 있게 된다. 자유롭게 발생된 문장에 대해 효과적인 의도분석을 위한 방법으로 입력 문장에 나타나는 구문형식을 단순화하고, 이들과 의도간의 상관관계를 테이블의 형태로 작성하여 이러한 테이블에 기반해서 입력문장에 대한 의도를 결정하는 IDT(intention decision table)를 제안하고자 한다. IDT는 문장을 5가지 기본요소로 변환하고, 이러한 구성요소들과 의도간의 상관관계를 미리 주어진 문장의 의도에 따라 자동적으로 학습함으로써 학습에 기반하여 문장에 대한 의도분류를 수행하게 된다. 일반적으로 동일한 의도임에도 불구하고 화자에 따라 발생하는 문장들이 다르므로, 의도에 대한 문장의 변이를 모델링하고 그러한 변이를 학습을 통해서 흡수하고자 IDT를 사용하였다. 기존의 경우, 의도별 구분구조를 문법으로 정하고 파싱(parsing)을 통해서 해당의도를 결정하는데 반해, IDT는 많은 융통성을 가지며, 문법적으로 틀리거나 오류가 삽입된 문장에 대해서도 견고(robust)하게 의도를 추출할 수 있는 특성을 갖는다.

다음절에서는 본 연구에서 제안한 IDT에 대한 내용과 함께, 입력문장으로부터 의도를 예측하기 위한 방법으로 입력문장의 단어(혹은 단어별주)와 의도간의 상관관계

의도를 가진 의도별 구분구조모델링을 위해 마르코프 모델을 사용하는 방법에 대해서 살펴보고자 한다.

III. 문형구조를 기반으로 한 대화음성의 의도예측

본 절에서는 단어 열로부터 의도를 예측하기 위한 방법으로, 단어와 의도사이의 관계를 고려한 방법과 마르코프 모델을 기반으로 한 의도별 구분구조모델링 방법(MIG: Markov intention graph), 그리고 IDT를 기반으로 한 방법들을 기술하고자 한다. 이러한 방법들의 설명에 앞서, 의도예측을 위해서 본 연구에서 작성한 사전에 대해서 기술하고자 한다.

3.1 사전의 구축

음성인식을 위해서 사용하는 사전은 자연어 처리를 위해서 사용하는 사전과는 많은 차이점을 갖는다. 자연어에 사용되는 사전은 표제어와 그 표제어에 대한 사전적 의미, 즉 품사와 접속 가능한 품사 등의 정보들을 담겨있다[11]. 반면, 음성인식의 경우에 "사전"이란 표제어와 그 표제어에 대한 발성상의 표기, 즉 유소의 열로써 정의된다. 대화처리를 위해서 이러한 음성인식을 위한 사전을 사용하는 경우, 대화상에 나타나는 단어의 의미해석을 위한 정보를 얻을 수 없으므로, 사전에 이러한 정보를 포함하여야 한다. 이를 위해서 본 연구에서는 단어범주(word category)를 정의하고, 이를 음성인식용 사전에 첨가하여 유소 열로만 구성된 원래의 음성인식용 사전을 확장하였다.

단어범주는 단어를 구분하는 단위로, 열차예매를 위해서 사용되는 단어들을 대상으로, 용언과 양태어를 묶어서 정의한 VMW(verb and modal term)과 내용어와 수식어를 정의한 CWM(content word and modifier), 기능어를 묶어 정의한 FW(function word)로 나누어 정의하였다[표. 1].

VMW의 경우는 문장전체의 의미에 영향을 주는 요소로 문장의 주요소로 볼 수 있으며, CWM은 문장의 주어나 부주어로 사용되는 것으로, 정보요구문제(information seeking problem)의 경우 질의/응답 대상이 되는 부분을

나타낸다. 특히, 내용어의 경우는 "정의어"와 "비정의어"로 분류하여 정의하였는데, "정의어"의 경우는 주어인 단어가 해당범주의 실례(instance)인 경우에 해당되는 내용어들을 의미하며, "비정의어"의 경우는 해당 단어가 관련된 의미범주의 실례가 되지 못하는 단어들을 포함한다. 마지막으로, FW는 CWM에 속하는 단어들의 직을 표시한다.

이러한 사전구축과정을 통해서 별도의 구분 분석없이, 주어진 단어열로부터 단어 범주열의 변환을 수행할 수 있다. 대화음성처리시, 앞서 언급한 바와 같이 음성 인식상의 오류로 인해서 대상 영역이 한정되어 있으며, 인식된 내용에 대한 단순한 수준의 의미분석을 수반하므로, 본 연구에서 사용한 사전구축은 이러한 처리과정에 유효할 것으로 판단된다.

3.2 단어와 의도사이의 상관관계를 이용한 문장의 의도분석

대화에서 다루는 화제나 주제에 따라 문장에 사용되는 단어의 구성이 달라지므로, 단어와 의도사이의 상관관계를 화자의 의도를 분석하는데 사용할 수 있다[4, 6]. 본 논문에서는 단어 w 와 의도 I 사이의 상관값을 학습 문장들에 출현한 단어의 빈도를 기반으로 하여 (식. 1)의 조건부 확률로 정의하였다[12].

$$\Pr(I|w) = \frac{N(w, I)}{N(w)} \quad (1)$$

$N(w)$ 는 단어 w 의 총 출현횟수이고, $N(w, I)$ 는 의도가 I 인 문장들에서 단어 w 가 출현한 횟수이다. 이때 입력된 단어열 $W = w_1, w_2, \dots, w_n$ 의 의도 $I(W)$ 는 (식. 2)에 의해서 결정된다.

$$I(W) = \underset{w_k \in \Pi}{\operatorname{argmax}_I} \prod \Pr(I|w_k) \quad (2)$$

그림 1과 같이 각 단어들은 의도와 (식. 1)에서 정의한 특정 상관값을 가지므로, 문장에 출현하는 단어열에 대해서 (식. 2)와 같이 의도별로 출력확률을 계산한 후, 모든 의도별 출력확률 중에서 가장 큰 출력확률을 갖는 의

표 1. 단어범주 분류

종류	분류코드	실례(원형)
용언과 양태어	종결(v0)	되다, 이다, 싫다, 하다, 어렵다, 없다, 이다...
	비종결(v1)	난다, 바꾸다, 가깝다, 가다, 되다, 말다...
내용어와 수식어	수식어(c0)	더, 다시, 빨리, 가장...
	정의어(c1)	1시, 2시, 서울, 부산, 대전, 대구, 새마을...
	미정의어(c2)	요즘, 열차, 차표...
기능어	생략불가(f0)	까지, 까진, 행, 에서, 발...
	생략가능(f1)	가, 는, 이, 가, 그냥, 그러면, 그런데, 로...

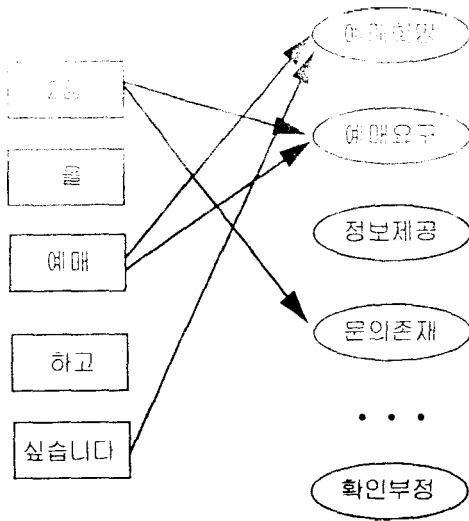


그림 1. 단어와 의도사이의 관계

도를 최종 의도로 결정하게 된다.

이러한 단어단위의 의도 결정방법은 단어와 의도사이의 상관값을 구하는데 다량의 학습자료를 필요로 한다. 그러나, 단어 대신에 단어범주를 사용하여 의도를 결정하는 경우 동일한 기능을 갖는 단어들을 하나의 범주로 간주함으로써 적은 양의 학습자료로도 보다 향상된 통계치를 얻을 수 있다.

3.3 MIG(Markov intention graph)를 기반으로 한 의도분석

사용자가 발성한 문장들을 의도별로 분류해 보면, 의도에 따라 문장을 구성하는 단어의 종류와 단어들의 배열이 달라짐을 알 수 있다. 이와 같이 의도에 따라 변화하는 단어의 순서를 문장구조에 반영하기 위해서 본 논문에서는 분류된 의도별 문장을 대상으로 사전을 이용해서 단어 열을 단어 범주열로 변환하고, 이러한 단어 범주열에 대해 마르코프모델을 사용하여 의도그래프를 작성하였다[13]. 이때, 모델내의 상태는 등록된 단어범주를 의미하며, 상태간의 천이는 단어범주 사이의 천이 확률을 가중치로 갖는다. 즉, 각 의도별로 단어범주를 정점(vertex)으로 하고 단어 범주간의 천이 확률을 가중치(weight)로 갖는 그래프(graph)형태의 모델을 구성하게 된다[그림 2].

이러한 입력된 문장에 대한 단어범주 열이 $WC = wc_1, wc_2, wc_3, \dots, wc_n$ 일 때, 화자의 의도 $I(WC)$ 는 (식. 3)과 같다.

$$I(WC) = \underset{I}{\operatorname{argmax}} \prod_{i=1}^{n-1} \Pr(wc_{i+1} | wc_i, I) \quad (3)$$

이때, $\Pr(wc_1 | wc_0, I)$ 는 의도가 I 일 때, 첫단어의 단어범주가 wc_1 일 확률이고, $\Pr(wc_i | wc_{i-1}, I)$ 는 의도가 I 일 때 단어범주 wc_{i-1} 에서 wc_i 로의 천이확률이다.

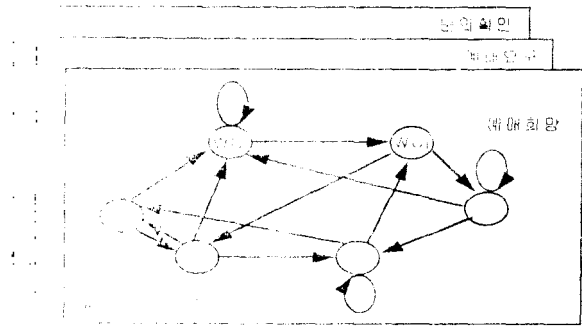


그림 2. 마르코프 의도 그래프

그림 2와 같이 단어들간의 천이 확률은 의도에 따라 각각 다른 값을 가지게 되므로, 문장에 출현하는 모든 단어에 대하여 (식. 3)에 의해서 단어간의 천이 확률의 곱이 최대가 되게 하는 의도로써 문장의 의도를 결정한다[그림 3].

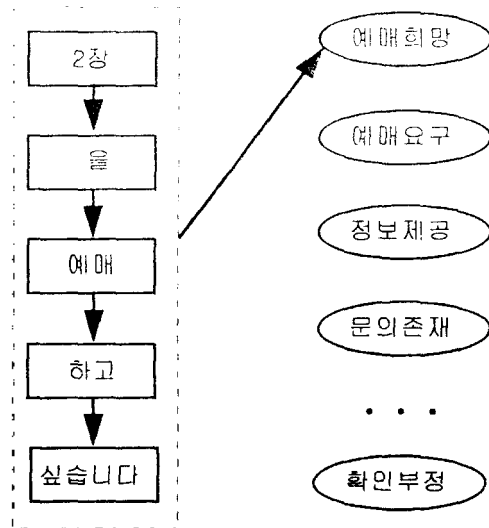


그림 3. MIG에 기반한 의도 예측

대화유성의 경우 내용어와 내용어 사이의 조사나 내용어와 용언사이의 조사가 빈번히 생략된다. 이러한 조사들이 문장의 의미를 변화시키는지의 여부에 따라 생략 가능한 것과 불가능한 것이 있으며, 문장의 의도에 영향을 주지 않는 범위 내에서 생략 가능한 접속부사나 감탄사도 존재한다. 본 연구에서는 생략 가능한 단어 범주들에 대해서는 이것을 생략한 좌우단어 범주 사이의 천이 확률도 함께 고려함으로써 단어가 생략된 경우에도 출력 확률이 저하되지 않도록 하였다.

3.4 문형구조를 기반으로 한 IDT를 이용한 의도예측

우리가 일상적으로 나누는 대화의 경우는 비문법적일 뿐만 아니라, 빈번한 생략(ellipsis)과 대용(anaphora)등이 발생하므로, 컴퓨터 상에서 이러한 과정들을 효과적

으로 처리하기는 어렵다. 따라서, 음성을 기반으로한 대화처리 시스템의 경우 그 대상영역은 의미의 혼동이 적고 요구사항이 분명하며, 대화내용이 짧으면서 키포너로 처리 가능해야 한다. 본 연구는 그러한 영의의 하나로 열차표 예매를 위한 대화처리시스템을 대상으로 하고 있다. 이러한 대화처리시스템에서 음성으로 입력된 말화로 부터 의미를 추출하고, 그러한 의도에 기반하여 의도 종속적인 개념책을 통해 단어 인식율을 보정하는 연구의 하나로 음향적 탐색을 통해서 얻어진 단어열로부터 의도를 추출하는 연구를 수행하고자 한다.

정보요구를 대상으로한 영역에서 발생된 문장의 일반적인 유형은 질의/응답이 대화의 대부분을 차지하고 있다. 특히, 질의의 경우 발화자 자신이 원하는 정보를 얻지 못하는 경우 좀더 자세하게 관련정보를 발화하거나 질문을 통해서 얻고자 하는 정보를 구하게 된다. 학습에 사용된 문장들을 통해서 열차예매에 사용된 문장들의 특징분석을 수행한 결과, 의도추출의 관점에서 다음과 같은 특징을 갖는 것을 알 수 있었다.

- 1) 전체적인 문장의 유형은 양태어를 기준으로 분류할 수 있다. 예를들어, 질문인지 아니면 희망이나 요구인지는 양태어로 판별이 가능하다. 예를들어, "이번 주말 서울 어떤가요?"라는 문장의 경우 "어떤가요?"는 의미상 존재여부(EXIST)를 나타내게 된다. 단순히 언어적인 차원이 아닌 의미적인 차원을 고려하여 양태어에 대한 의미를 부여하게 된다. 음성인식의 경우 완전한 문의 형태를 갖추지 못하거나 조사의 빈번한 생략이나 감투어의 첨가등으로 인해서 문장해석상의 어려움이 있다. 이러한 경우, 문장의 유형분류는 앞/뒤문장의 의미를 이용해서 현재의 문장유형을 결정하거나 문장속에 나열된 단어들로 부터 유추하므로써 문장의 유형을 결정할 수 있게 된다.
- 2) 문장이 의도하는 구체적인 행위는 행위를 나타내는 동사로부터 알 수 있다.
- 3) 정보요구를 대상으로 한 영역에서 질의어에 해당되는 항목의 판별은 해당단어와 그 단어의 범주와의 관계로 미루어 알 수 있다. 인식된 단어가 그 단어 범주의 한 실례가 된다면, 이러한 단어는 발화자가 시스템에 전달하는 일종의 fact가 된다. 이러한 정보는 궁극적으로는 화자가 얻고자 하는 정보에 대한 참고자료로 이용 가능하게 된다. 반면, 단어가 단어 범주의 한 실례가 되지 못하면 이러한 부분이 발화내용의 질의항목에 해당되는 것이다. 이러한 항목은 문의 유형을 결정하는데 유효한 정보이다. 예를들어, 1월이나 2월과 같은 단어는 "월명"이라는 단어 범주의 한 실례에 해당되지만, "기차"라는 단어는 "기차명"이라는 단어의 범주만을 의미할 뿐 "기차명"에 대응되는 실례에 해당되지 않는다.
- 4) 수식어는 단어나 단어범주의 특성을 변화시킬 뿐 단어나 범주의 존재유무와는 무관하다. 따라서, 수식

어는 의도를 결정하는데 있어서 유효한 정보는 아니다. 그러나, 문장의 구체적인 의미(semantic)를 구하는데 있어서는 중요하며 유효한 정보가 된다.

이러한 분석결과에 기반하여, 문장을 다음과 같은 5가지의 기본요소들로 분할하고, 이들과 의도와의 상관관계를 고려한 IDT(intention decision table)을 정의하였다. 의도결정에 사용된 기본요소들은 다음과 같다.

1) 결정범주어

결정범주어는 음향-해독결과로 부터 얻어진 단어가 그 단어의 해당범주의 한 실례가 되는 경우에 해당된다. 이러한 단어는 문에서 질의나 응답시, 주요내용에 해당되거나 다른 주요내용을 보충하기 위해서 사용된다.

2) 비결정범주어

비결정범주어는 음향-해독결과로 부터 얻어진 단어가 그 단어의 해당범주의 한 실례가 되지 못하는 경우에 해당된다. 이러한 단어는 문에서 질의어에 해당되거나 질문의 요지에 해당되는 단어이다. 이러한 단어는 문의 유형을 결정하는데 유효하다.

3) 수식어

수식어는 결정범주어나 비결정범주어를 수식하는 것으로, 지시어류, 의문사류, 기타 등의 3가지로 나누어진다. 지시어류는 "이", "그", "저" 등에 해당되며, 의문사류는 "어떤", "얼마나" 등의 단어가 이에 해당된다. 기타는 형용사나 부사등이 이에 해당된다. 수식어에서 의문사류만이 문의 유형을 결정하는데 유효하다.

4) 행위어

발화자의 궁극적인 목표를 나타낸다. 문장 분석결과, 직접적인 행위를 요구하는 경우도 있으나, 간접적으로 그 행위를 추측해야하는 경우도 있다. 행위어에는 본용언을 이루는 동사가 포함된다.

5) 양태어

문장의 평서, 의문, 요구, 긍정, 부정 등의 종결 양태를 결정하는 단어를 나타낸다. 양태어에는 종결어미를 포함한 동사나 형용사가 포함된다.

3.4.1 IDT의 구성

IDT는 일종의 lookup table로써, 앞 절에서 기술한 문장의 간략화된 구성요소 5개의 조합으로 이루어진다. 의도별로 분류된 학습자료를 이용해서 문장을 5개의 요소로 단순화시키고, 이들을 가지고 IDT를 구성한다. 복문의 경우는 단문으로 분리한 후, 복문 전체에 대한 의도와 더불어 단문 각각에 대한 의도를 정한다. 복문을 구성하는 단문들 각각에 대해서 5요소로 단순화시킨 후, 이들을 이용해서 IDT를 구성하며, 복문을 구성하는 단문들의 의

도전 조합해서 복문의 의도결정 논리(intention decision logic)를 작성한다. 본 실험에 사용된 학습분장으로 부터 생성된 의도별 IDT의 크기는 표 2와 같다.

표 2. 학습분장으로 부터 생성된 의도별 IDT의 크기

의도	IDT의 크기	의도	IDT의 크기
1. 예매희망	9	문의 확인	1
2. 예매요구	9	변경희망	4
3. 정보재요	12	변경요구	2
4. 문의-존재	7	취소희망	4
5. 문의-가능	16	취소요구	2
6. 문의-정보	22	확인공정	5
7. 문의-요구	3	확인부정	4
8. 문의-상태	4	계	104

이렇게 생성된 의도별 IDT를 이용해서 입력된 문장에 대한 의도를 결정하게 된다. 그 과정을 살펴보면, 먼저 문장이 입력되며 그 문장을 5요소들로 단순화시킨 후, IDT를 탐색한다. 만일, IDT내에 입력문장과 일치하는 것이 있으면, 일치하는 IDT 엔트리의 의도를 출력하면 된다. 그러나, 일치하는 것이 없으면 통계적인 방법을 사용하여 유사도가 가장 큰 IDT 엔트리를 선택하고, 그 IDT 엔트리의 의도를 최종의도로서 결정하게 된다. 그러한 과정은 다음과 같다.

먼저, 5요소 각각에 대한 의도사이의 상관관계를 정의한다. 학습자료에 대하여 항목 m 의 내용이 x 인 문장의 수를 $N(m_x)$, 의도가 I 인 문장의 수를 $N(I)$ 라 하고, m 의 내용이 x 인 동시에 의도가 I 인 문장의 수를 $N(m_x, I)$ 라 하면, 항목 m 과 의도 I 의 상관도 $W(m, I)$ 는 (식. 4)으로 정의된다.

$$W(m, I) = \frac{1}{N(I)} \sum_{x \in X} \frac{N(m_x, I)}{N(m_x)} \quad (4)$$

입력문장에 대하여 5항목이 모두 일치하는 문장 유형이 학습에 의해 생성된 IDT에 존재하지 않으면 위의 상관정도를 이용하여 가장 유사한 의도를 예측하게 된다. 의도가 I 인 문장유형 P_j 가 입력문장과 일치하는 항목의 최대갯수를 n 이라고 할 때, 일치하는 항목들의 집합을 $M(P_j, n)$ 이라고 하면 예측된 의도 \hat{I} 는 (식. 5)과 같다.

$$\hat{I} = \underset{I \in M(P_j, n)}{\operatorname{argmax}_I} \sum W(m, I) \quad (5)$$

복문의 경우, 대등적연결어미를 갖는 용언에 의해서 단문의 경계를 결정할 수 있다. 하나의 복문을 이루는 여러 개의 단문으로 나누고, 각각의 단문에 대하여 의도를 결정한다. 이렇게 해서 단문별로 의도가 결정되면 의도의 연결규칙에 의하여 결합된 복문의 의도를 결정하게

된다. 사용된 의도의 연결 규칙은 표 3과 같다. 3개 이상의 단문이 결합된 경우, I_1, I_2, \dots, I_n 을 순차적으로 나타낸 단문의 의도라 하고, $I_{1,2}$ 를 I_1, I_2, \dots, I_n 의 의도라 하면, $I_1, I_2, \dots, I_n, I_{1,2}, \dots, I_{n-1,n}$ 을 생성한다.

표 3. 의도 연결 규칙의 예

예매요구	예매희망	→ 예매희망
확인공정	예매요구	→ 확인공정
확인공정	확인공정	→ 확인공정
확인부정	변경희망	→ 변경희망

3.4.2 IDT를 이용한 의도선택

IDT를 이용한 입력문장에 대한 의도결정은 단단계 처리과정을 거치게 된다. 이러한 처리과정에 대한 개요도는 그림 4와 같다.

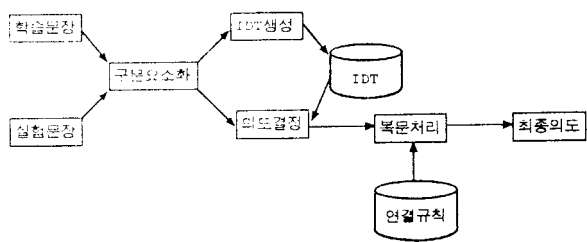


그림 4. IDT에 기반한 의도결정과정

IDT를 이용한 의도결정의 예를 보이기 위해서 “이번 주말에 서울로 가고 싶은데요” 경우를 대상으로 처리과정을 설명하고자 한다. 일단 문장이 입력되면, 사전어를 이용해서 조사(particle)와 내용어(content word)를 분리하고, 분리된 단어열을 단어범주의 열로써 변환한다. 이러한 과정을 거치면, 위의 문장은 다음과 같은 형태를 갖는다.

[c0, 관형어, 이변][c1, 날, 주말][f1, 부사격, 예][c1, 역, 서울][f1, 부사격, 로][v1, 보조, 가다][v0, 평서, 싶다]

이러한 단어 범주열을 이용해서 앞서 설명한 문장의 5가지 주요요소들로 변환하면 다음과 같다.

표 4. “이번 주말에 서울로 가고 싶은데요”의 요소화

문장의 요소	분석결과
결정범주어	[날, 주말, NULL][역, 서울, NULL]
비결정범주어	-
수식어	[이변, NULL, NULL]
행위어	[v1, 보조, 가다]
양태어	[v0, 평서, 싶다]

분석결과, 길명명주어들은 존재하며 비길성 명주어는 없다. 양태어는 “희망”을 나타내며, 행위어는 “가다”이다. 이 문장의 의도는 “예약희망”으로, 주어인 참조사실명주어, 길명명주어들을 만족하는 자료를 희망한다는 것을 알 수 있다. 문장 분석을 통해서 얻어진 5가지의 구성요소들을 IDT와의 비교를 통해서 실제적인 의도를 구하게 된다.

IV. 실험 및 결과

4.1 실험환경

대화체 음성 수집을 위해서 Wizard of OZ방법에 의해서 확보한 19명 화자의 656문장을 대상으로, 이 가운데서 중복되는 문장과 대화 영역에서 벗어나는 문장들을 제외한 293문장을 선정하였다. 이러한 문장외에 대화상 가능한 문장들을 수동으로 작성하여 첨가하여, 총 485문장을 대상으로 분석을 수행하였다.

수집된 문장들을 대상으로 화자의 의도를 총 15가지로 구분하였다. 문장별 의도는 하나의 대화가 시작되어서 종료될 때까지의 대화의 흐름을 기반으로 하여 수동으로 분류하였다. 문장의 대부분은 단문형식으로 되어있으며, 일부 대등적 연결 관계를 위한 복문과 긍정이나 부정에서 강조를 위해 반복되는 단문들이 사용되었다. 수집된 문장자료에 대한 예와 의도별 문장 분포는 표 5, 6와 같다.

표 5. 수집된 문장의 예

서울에서 부산까지 2장 있나요?
 아니요. 서울 가는 걸로 1장 주세요.
 예약을 취소하겠습니다. 다른 걸로 주세요.
 가장 빠른 걸로 주세요.
 새마을 말고 무궁화로 주세요.

표 6. 수집된 자료에 대한 의도별 문장분포

	의도	문장 빈도		의도	문장빈도
1	예약희망	21	9	문의-확인	18
2	예약요구	66	10	변경희망	20
3	정보제공	76	11	변경요구	15
4	문의-존재	36	12	취소희망	19
5	문의-가능	40	13	취소요구	17
6	문의-정보	81	14	확인긍정	17
7	문의-요구	19	15	확인부정	18
8	문의-상태	22		계	485

4.2 실험문장의 구성

본 연구에서 제안한 방법의 타당성을 보이기 위해서 학습된 문장과 서로 다른 상이도(dissimilarity)를 갖는 3개의 문장집합을 생성하였다. 실험에 사용된 3개의 문장

집합은 의도별로 5개씩 총 75개로 구성되었다. 문장의 상이도를 변경하기 위해서 학습에 사용된 문장에 단어를 첨가하거나 삭제, 대치, 어순의 변경 등을 적용하여 실험용 문장집합을 만들었다. 이중 대치단어의 경우 학습문장의 단어범주와는 다른 범주에 속하는 단어를 사용하였다.

문장집합1은 학습자료의 문장과 비슷하게 어순을 유지하면서 3개 이하의 단어를 바꾸거나 추가 혹은 생략하여 작성하였다. 문장집합2는 학습자료와 무관하게 의도만을 고려하여 임의로 작성하였으며, 학습문장과는 그 구조나 어순 면에서 많은 차이가 가지도록 작성하였다. 문장집합3은 도치, 생략, 복문 등의 요소를 모두 포함하도록 하여 의도적으로 의도분석이 어렵도록 작성하였다. 이러한 문장집합과 학습용 문장과의 상이도를 구하기 위해서 아래의 (식. 6)을 사용하였다.

$$\text{상이도}(S_1, S_2) = \frac{|S_1| + |S_2| - |S_1 \cap S_2|}{|S_1| + |S_2|} \times 100(\%) \quad (6)$$

여기서, 상이도는 두 문장간의 차이를 나타낸 것으로, 두 문장에서 공통적으로 속해있는 단어들을 제외한 나머지 단어수를 두문장 각각의 단어수를 더한 값으로 나눈 것을 퍼센트로 표시한 것이다. (식. 6)에서 $|S_1 \cap S_2|$ 의 경우 단순히 각 문장에 출현하는 단어만을 대상으로 하지않고 2개의 인접단어쌍을 고려하여 공통단어의 개수를 구하였다.

실험에 사용된 각 문장집합과 학습문장과의 차이는 상이도로써 표현된다. 실험에 사용된 문장집합의 상이도는 학습 문장들과 동일한 의도를 갖는 실험문장들 가운데에서 최소 상이도를 갖는 실험문장들의 평균 상이도로써 정의된다. 실험문장집합들과 학습에 사용된 문장들간의 상이도는 아래 표 7과 같다.

표 7. 실험문장집합과 학습문장과의 상이도

상이도의 구간	문장집합1	문장집합2	문장집합3
0.000~0.999	12	7	3
0.100~0.199	5	1	3
0.200~0.299	30	15	10
0.300~0.399	21	17	10
0.400~0.499	5	17	12
0.500~0.599	2	7	20
0.600~0.699	0	9	11
0.700~0.799	0	2	5
평균 상이도(%)	24.2	36.7	45.3

4.3 단어와 의도의 상관관계, MIG 그리고 IDT를 기반으로 한 의도예측 비교

본 연구에서 제안한 IDT방법의 성능을 측정하기 위해

의 의도별로 수집된 문장들을 대상으로 문장을 구성하는 단어들과 의도간의 상관관계를 고려한 경우와 마르코프 모델에 기반하여 의도별 문장구조를 학습하는 MIG와의 비교를 수행하였다.

수행된 비교실험은 다음과 같이 이루어져 있다. IDT가 언어, 입력문장에 대한 문장구조중에서 의도의 결정에 유효한 구성요소만을 사용하여 의도를 결정하는 경우와 의도별 단어의 빈도나 단어들간의 연결관계를 고려한 경우중에서 어느 경우가 유효한지를 알아보기 위해서 수행하였다. 비교실험결과는 표8와 같다.

표 8. 단어와 의도의 상관관계, MIG와 IDT를 이용한 의도 예측율의 비교

실험1	학습자료	문장집합1	문장집합2	문장집합3
단어기반	97.7%	89.3%	77.3%	72.0%
MIG	98.8%	97.3%	96.0%	78.7%
IDT	100.0%	98.7%	93.3%	85.3%

실험2	학습자료	문장집합1	문장집합2	문장집합3
단어기반	94.2%	84.0%	82.7%	76.0%
MIG	99.0%	97.3%	96.0%	81.3%
IDT	100.0%	100.0%	94.7%	93.3%

실험1은 기본적인 형태로 단어기반방법의 경우는 단어와 의도사이의 상관값을 사용하였으며, MIG의 경우는 의도별 단어간 현이를 고려하였다. 실험2에서 단어 기반 방법의 경우는 단어대신 단어범주와 의도사이의 상관값을 사용하였으며, MIG의 경우는 생략 가능한 기능어들을 고려한 단어범주간 현이확률을 반영하였다.

실험결과, 모든 방법들에서 단어를 직접 의도와 관련시키는 것보다는 단어의 범주를 의도와 관련시켜서 모델링하는 것이 성능향상이 있었음을 알 수 있었으며, MIG의 경우 생략가능한 조사들을 고려한 경우가 그렇지 않은 경우에 비해서 다소 의도 인식율이 향상됨을 알 수 있었다. 그리고, 단어와 의도사이의 관계만을 고려한 방법에 의도별 문장에서 인접하여 나올 수 있는 단어들간의 연관관계를 함께 고려한 MIG가 10~19%정도의 향상된 의도 인식율을 보였으나, IDT에 비해 다소 성능이 저하되었다. 학습문형과 많은 차이를 갖는 실험문장 3에 대해서 IDT가 MIG에 비해 7~12%의 의도 인식율을 보임으로써, 문장을 구성하는 주요구성요소들을 식별하고, 이들을 이용하여 의도분석을 수행하는 IDT가 학습문장구조에 의존적인 MIG에 비해서 견고(robustness)함을 알 수 있었다.

이러한 의도 예측결과를 바탕으로 음성의 음향해독과정에서 얻은 단어열들을 의도종속적인 문형구조로 제약하기 위한 방법이 요구된다. IDT는 의도를 결정하기 위해서는 유효한 방법이나 의도종속적인 문형구조를 제약하기

위해서는 사용할 수가 없다. 그 이유는 IDT는 문장구조에 관한 정보를 포함하고 있지 않기 때문이다. 반면, MIG의 경우 의도에 대한 단어범주별 전이관계를 모델링하고 있으므로, MIG를 이용한다면 음성인식에서 얻은 단어열을 의도종속적인 문형구조로 제약할때 적용할 수 있다. 따라서, 의도예측결과를 음성인식과 결합하는 경우, IDT를 이용해서 의도를 예측하고, MIG를 이용해서 의도종속 문장구조를 제약하여 재탐색을 수행한다면 보다 향상된 단어인식율을 얻을 것으로 판단된다.

V. 결 론

본 연구에서는 대화유성인식식 화자의 의도에 종속적인 음향탐색을 통해 발성음의 음향적인 해독과정을 보정하기 위해 문장구성요소를 5가지로 구분하고, 이들과 의도간의 사상관계를 의도별로 작성한 IDT(intention decision table)를 제안하였다. 제안된 IDT를 이용하여 의도예측을 수행한 결과, 단어와 의도사이의 관계만을 고려한 방법에 비해 의도 인식율이 12~18% 향상되었으며, 의도별 문장에서 인접하여 나올 수 있는 단어들간의 연관관계를 함께 고려한 MIG의 경우에 비해 3~12%정도의 향상된 의도 인식율을 보임으로써 제안된 방법의 유효성을 확인할 수 있었다. 아울러, 학습문형과 많은 차이를 갖는 실험문장에 대해서 IDT가 단어기반에 비해 13~17%, MIG에 비해 7~12%의 의도인식율을 보임으로써, 문장을 구성하는 주요 구성요소들을 식별하고, 이들을 이용하여 의도분석을 수행하는 IDT가 의도와 단어간의 상관관계를 고려한 경우와 학습문장 구조에 의존적인 방법 모두에 대해서 견고(robustness)함을 알 수 있었다.

앞으로의 연구방향으로는 본 연구에서 제안된 방법들을 실제적인 음향 해독과정을 통해서 얻어진 단어열을 대상으로 적용하고자 한다. 발성음에 대해서 tree-trellis 방법을 이용해서 얻어진 N-best문장이나 Lattice등을 대상으로 의도별 구분 재탐색을 수행해서 얻어진 단어열에 대해 단어의 음향적인 유사도와 단어범주간 전이확률을 결합하여 최종적인 의도를 결정하는 실험을 통해서 제안된 방법의 유효성을 검증하고자 한다. 이를 위해 IDT로 의도를 예측하고 인식된 의도에 종속적인 문형구조를 위한 모델로 MIG를 사용하여 음성인식된 단어열에 대한 재탐색을 하는 방법과 MIG의 성능을 보다 향상시키기 위해서 MIG만을 써서 의도결과와 의도종속 재탐색의 과정을 단일화하는 방법간의 비교평가를 통해서 음성인식 결과로부터 효과적인 의도종속 단어열을 추출하여 음성인식을 보다 향상시키는 연구를 수행하고자 한다.

참 고 문 헌

L. S. R. Young, et al., "High Level Knowledge Source in

4. "40 Speech Recognition Systems", *Communications of the ACM*, Vol. 32, No. 12, pp. 183 - 194, 1989.
5. R. Garigliano, K. Johnson and R. J. Collingham, "A Data driven Case for A Spontaneous Speech Grammar", *Proc. of Eurospeech 93*, pp. 969 - 972, Berlin, 1993.
6. W. Ward and S. Young, "Flexible Use of Semantic Constraints in Speech Recognition", *ICASSP 93*, pp. 49 - 52, Minnesota, 1993.
7. M. Nagata and T. Morimoto, "First Steps towards Statistical Modeling of Dialogue to Predict the Speech Act Type of the Next Utterance", *Speech Communication*, Vol. 15, pp. 193 - 203, 1994.
8. T. Kawaharam M. Araki and S. Doshta, "Reducing Syntactic Perplexity of User Utternances with Automation Dialogue Model", *Proc. of International Symposium on Spoken Dialogue*, pp. 65 - 67, Kyoto, 1993.
9. M. Woszczyna and A. Waibel, "Inferring Linguistic Structure in Spoken Language", *Proc. of ICSLP 94*, pp. 847 - 850, Yokohama, 1994.
10. R. Cole, L. Hirschman, et al., "The Challenge of Spoken Language Systems : Research Directions for the Nineties", *IEEE trans. on Speech and Audio Processing*, Vol. 3, No. 4, pp. 1 - 21, 1995.
11. D. J. Litman and J. F. Allen, "A Plan Recognition Model for Subdialogues in Conversations", *Cognitive Science* 11, pp. 163 - 200, 1987.
12. Y. Sobashima, "Local Context analysis of Dialogues using Bilingual Corpus", *Proc. of International Symposium on Spoken Dialogue*, pp. 61 - 64, Kyoto, 1993.
13. M. Yamamoto, S. Kobatashi, et al., "A Spoken Dialog System with Verification and Classification Queries", *IEICE Trans. on Information and Systems*, Vol. E76-D, No. 1, pp. 84 - 94, 1993.
14. 김재훈, 서정연, "자연언어 처리를 위한 한국어 품사 태그", Technical Report, CAIR -TR-95-55, 한국과학기술원, 인공지능연구소, 1994.
15. 송창환, 유하진, 오영환, "단어추출에 기반한 음성대화처리 시스템", 제6회 한글 및 한국어 정보처리 학술대회 논문집, pp. 313 - 317, 1994.
16. 송창환, 최환진, 오영환, "대화음성의 문형에 기반한 의도 분석", 한국정보과학회 추계학술발표 논문집, pp. 681 - 684, 1995.
17. Jianing Dai, "Robust Estimation of HMM Parameters Using Fuzzy Vector Quantization and Parzen's Window", *Pattern Recognition*, Vol. 28, No. 1, pp. 53 - 57, 1995.
18. L. R. Bahl, P. F. Brown, et al., "A new algorithm for the estimation of hidden Markov model parameters", *ICASSP 88*, pp. 493 - 496, New York, April 1988.

▲최 환 진



1990년 2월 : 고려대학교 전산학과 (학사)
 1992년 2월 : 한국과학기술원 전산학과(석사)
 1992년 3월~현재 : 한국과학기술원 전산학과 박사과정 재학중
 ※ 관심분야 : 음성인식, 대화 관리, 신경회로망

송 창 환



1994년 2월 : 한국과학기술원 과학기술대학 전산학과(학사)
 1994년 3월~현재 : 한국과학기술원 전산학과 석사과정 재학중
 ※ 관심분야 : 대화처리, 퍼지논리

오 영 환



1972년 2월 : 서울대학교 공과대학 전자공학과
 1974년 2월 : 서울대학교 교육대학원 공업교육학과(석사)
 1980년 3월 : Tokyo Institute of Technology 정보공학 전공 (박사)
 1981년 4월~1985년 6월 : 충북대학교 공과대학 전산학과 조교수
 1983년 12월~1984년 11월 : University of California (Davis) 연구교수
 1985년 7월~현재 : 한국과학기술원 전산학과 교수로 재직중
 ※ 관심분야 : 음성인식, 음성합성, 음성코딩, 화자인식, 대화관리, 신경회로망, 전문가 시스템