

---

## 대화시스템의 로그를 이용한 대화예제의 자동 확충에 관한 연구

### A Study on Automatic Expansion of Dialogue Examples Using Logs of a Dialogue System

홍금원, Gumwon Hong\*, 이정훈, Jeong-Hoon Lee\*\*, 신중휘, Jung-Hwi Shin\*\*, 이도길, Do-Gil Lee\*\*\*, 임해창 Hae-Chang Rim\*\*\*\*

---

**요약** ~ 본 논문은 예제기반 대화시스템의 대화 로그를 분석하여 새로운 대화예제를 자동으로 확충하는 방법에 대해서 논한다. 전통적인 예제기반 대화 시스템에서는 사용자와 챗봇(chatbot)간의 대화예제를 수작업으로 구축 하기 때문에 많은 시간과 비용이 소요되는 단점을 가지고 있다. 대화 로그는 대화 시스템의 서비스가 지속되는 한 끊임없이 생성이 되며, 시간이 지날수록 풍부하고 다양한 대화예제를 획득할 수 있다는 장점을 갖는다. 본 논문은 대화로그로부터 자연스러운 발화쌍을 분류하고, 분류된 발화쌍을 대화예제로 추가하는 방법을 제안한다. 최대 엔트로피모형을 사용한 실험의 결과, 자연스러운 발화를 결정하기 위해서는 발화의 어휘, 품사, 양태와 같은 자질이 유용하게 사용될 수 있음을 관찰하였고, 수작업 구축에만 의존하던 대화예제가 대화 로그를 사용하여 자동으로 확충될 수 있음을 확인하였다.

**Abstract** This paper studies an automatic expansion of dialogue examples using the logs of an example-based dialogue system. Conventional approaches to example-based dialogue system manually construct dialogue examples between humans and a Chatbot, which are labor intensive and time consuming. The proposed method automatically classifies natural utterance pairs and adds them into dialogue example database. Experimental results show that lexical, POS and modality features are useful for classifying natural utterance pairs, and prove that the dialogue examples can be automatically expanded using the logs of a dialogue system.

**핵심어:** *example-based dialogue system, natural language processing, utterance classification*

---

이 논문은 2 단계 BK21 사업과 2008년도 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R01-2006-000-11162-0).

\*주저자 : 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과 박사과정

\*\*공동저자 : 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과 석사과정

\*\*\*공동저자 : 고려대학교 민족문화연구원 HK 교수

\*\*\*\*교신저자 : 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과 교수; e-mail: rim@nlp.korea.ac.kr

## 1. 서론

대화형 에이전트 시스템(이하, 대화시스템)은 인간 사용자와 시스템 에이전트, 다른 용어로 챗봇 사이에 정보를 주고 받기 위해서 자연어 인터페이스를 통해 자연스러운 대화를 수행하는 목적을 가지고 있다.

자연스러운 대화를 위해서는 시스템 에이전트가 사용자의 발화를 분석하여 적절한 응답을 생성할 수 있어야 한다. 최근에는 대량의 자연어 형태의 대화예제를 저장한 뒤 새로운 발화가 입력되었을 때 기존 대화예제와 가장 유사한 것을 찾아 응답을 출력하는 예제 기반(example-based)[1,2,8]의 방법이 많이 연구되고 있다. 즉, 많은 <사용자 발화, 시스템 응답>쌍의 예를 저장해 두었다가 새로운 발화가 입력되었을 때 가장 유사한 예제 발화의 응답을 출력하는 것이다. 특히 다양한 주제로 일상적인 대화를 처리해야 하는 채팅형 대화시스템에서는 이러한 방식이 매우 유용할 수 있다. 아래 그림은 이와 같은 사용자-에이전트간에 수행하는 대화의 예를 보여주고 있다.



이러한 예제기반 대화시스템을 구축하는 가장 중요한 자원은 <사용자 발화, 시스템 응답> 쌍으로 구성된 대화예제 데이터베이스(이하, 대화 DB)이다. 일반적인 예제기반 대화시스템은 사용자 발화를 질의로 해석하고 대량의 대화 DB 에서 질의와 가장 유사한 사용자 발화를 탐색한 후에 이에 대응하는 시스템 응답을 출력하게 된다.

위와 같은 대화 DB 는 자연스러운 응답을 제공하기 위해서 사용되며, 각 질의에 대해 적절한 응답을 수작업으로 구축하고 있다. 하지만 수작업으로 대화 DB 를 구축하는 데에는 많은 시간과 비용이 소모되며, 이렇게 제작된 대화 DB 도 많은 수의 사용자 발화를 포괄하기에는 그 양이 한정되어 있어서 유사발화의 검색이 실패하는 경우가 발생한다.

본 논문은 이러한 대화 DB 의 부족을 해결할 수 있는 방법으로 대화로그를 이용하여 대화 DB 를 확장하는 방법에 관하여 논한다. 이를 위해서 챗봇의 대화로그에 저장된 발화 쌍 중에서 자연스러운 발화 쌍을 자동으로 분류하고, 이를 새로운 대화의 예제로 재사용하는 방법을 제안한다.

## 2. 본론

대화 로그는 대화시스템의 사용자와 챗봇 사이의 대화내용을 기록한 문서이다. 대화로그에 존재하는 대화의 흐름을 살펴보면 사용자가 챗봇에게 어떠한 질문을 던져서 적절한 응답을 기대하는 경우가 있는 반면, 시스템 발화에 대한 일종의 답변을 수행하는 경우도 있다. 전자의 경우는 대화예제를 기반으로 시스템이 응답한 것이지만, 후자의 경우는 사용자가 응답발화를 제공하기 때문에 수작업으로 구축된 대화예제에서는 찾아보기 힘든 경우이다.

본 논문에서는 대화 로그에서 시스템의 발화에 대해 사용자가 자연스러운 응답을 수행한 <시스템 발화, 사용자 발화>의 쌍을 추출하고, 이를 대화 DB 에 추가함으로써 대화예제를 자동으로 확장하는 방법을 제안한다. 대화로그는 대화시스템의 서비스가 계속되는 한 끊임없이 생성이 되며, 시간이 지날수록 보다 많은 다양한 대화예제를 획득할 수 있다는 장점을 갖는다.

### 2.1 대화 로그 재사용 방법

아래 표는 사용자-시스템 간의 실제 대화에 대한 로그 예이다.

사용자 발화	시스템 발화
ㅎㅎㅎ	난 역시 널 기분 좋게 하는 재주가 있다니까!
그런가 봐	그렇다니깐~
우울하다	신나는 음악을 들어보는 건 어 ?
ㄷ 어떻게 있는데	뭐... 뭐가?
노래 말이야	네 귀를 위해서 노래는 자제할게~
아이 해줘봐	...

표에서 각 행은 사용자와 시스템간의 발화의 쌍을 의미한다. 연속된 두 개의 행을 살펴보면 시스템 발화에 대응하여 사용자가 반응한 <시스템 발화, 사용자 발화>의 쌍을 추출할 수 있다. 이러한 <시스템 발화, 사용자 발화>의 쌍 중에는 자연스러운 발화쌍과 그렇지 않은 발화쌍이 존재함을 알 수 있다. 위의 표에서 이탤릭체로 표현한 것이 시스템-사용자 간의 발화쌍이 자연스러운 경우이다. 예를 들어, <난 역시 널 기분 좋게 하는 재주가 있다니까!, 그런가 봐 ㄷ>는 자연스럽다고 간주할 수 있지만, <그렇다니까, 우울하다>의 경우는 자연스럽지 않다. 따라서 자연스러운 발화쌍인지 여부를 분류하여 자연스러운 발화쌍만을 대화예제로 재사용해야 한다.

본 연구에서는 대화 로그의 재사용 방법론을 다음과 같이 정의한다.

- 대화로그 재사용 방법론: 발화 쌍 집합인 대화로그  $\langle A_i; B_i \rangle \in L$  중에서 자연스러운 발화 쌍  $\langle B_i, A_{i+1} \rangle \in N$  을 분류하는 방법이다.

단,  $A_i$  는  $i$  ( $1 \leq i \leq |L|$ )번째 사용자 발화를 의미하고,  $B_i$  는  $i$  ( $1 \leq i \leq |L|$ )번째 시스템 발화를 의미한다.

$L$ : 대화로그(Log)의 집합을 의미한다.

$|L|$ : 대화로그가 가진 전체 크기(발화 쌍 개수)를 의미한다.

$N$ : 자연스러운(Natural) 발화쌍의 집합이라고 가정한다.

자연스러운 발화쌍이란 사람이 인지적으로 판단하기에 두 발화 A 와 B 의 내용이 서로 연관성이 있고, 서로간의 의사소통에 문제가 없다고 판단되는 발화쌍을 의미한다.

자연스러운 대화는 A 와 B 간의 연결이 존재하지만 본 연구에서는 발화쌍간 서로 독립을 가정한다. 즉 일반적인 대화 흐름을  $A_1 \rightarrow B_1 \rightarrow A_2 \rightarrow B_2 \rightarrow \dots \rightarrow A_k \rightarrow B_k$  라 할 때, 모든  $i$  에 대해 각  $B_i \rightarrow A_{i+1}$  는 서로 독립임을 가정한다. 가령 <뭐... 뭐가?, 노래 말이야>의 경우, 이전 대화의 문맥에 따라 충분히 자연스러운 경우도 존재할 수 있지만, 본 연구에서는 이와 같이 이전 대화 문맥에 따라 자연스러움에 대한 기준이 달라지는 경우는 고려하지 않는다.

## 2.2 자연스러운 발화쌍의 분류

각  $B_i \rightarrow A_{i+1}$  에 대한 자연스러운 발화쌍 여부의 분류는 다음 절에서 언급할 여러 가지 자질들을 최대엔트로피모델(Maximum Entropy Model)[6]을 이용하여 모델링한다.

$$p(y|x) = \frac{1}{Z(x)} \exp\left[\sum_{i=1}^k \lambda_i f_i(x, y)\right]$$

$y$  는 발화쌍  $B_i \rightarrow A_{i+1}$  에 대한 자연스러운 정도의 여부에 대한 분류로서 “Good” 과 “Bad” 로 정의한다.  $x$  는 발화쌍  $B_i \rightarrow A_{i+1}$  에 존재하는 자질들을 의미한다.

$f_i(x, y)$  는 자질 함수이고,  $\lambda_i$  자질 함수의 가중치를 의미한다.

$$f_{cp,y}(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } y = y' \text{ and } cp(x) = true \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$cp(x)$  는 주어진 자질  $x$  와 출력  $y$  에 대해 {true, false}을 반환하는 이진 함수이다. 최대엔트로피모델은 이와 같이 다양한 자질들을 결합하여 사용할 수 있다는 장점이 있다.

## 2.3 자질 분류

본 연구에서 발화쌍에 대한 자연스러움의 여부를 분류하기 위해 사용한 자질은 어휘 자질, 양태 자질, 내용어 반복 여부, 사용자 발화의 길이 자질, 응답 시간 자질이다. 이중에서 어휘 자질과 양태 자질은 독립 및 상호 자질로 세분화된다.

### 2.2.1 상호 자질과 독립 자질

#### 가. 상호 자질

발화 A 와 발화 B 에서 공기 하는 자질이다. 가령, “학교 갔다 왔어요” “공부 열심히 했니” 와 같은 발화쌍의 경우 “학교” 라는 어휘와 “공부” 라는 어휘가 공기하고 있으며, 이 두 발화는 내용상 연관성이 높다고 볼 수 있다. 이와 같이 발화 A 와 발화 B 에 공기 하는 자질을 상호 자질이라 본 연구에서는 지칭하며, 이러한 상호 자질이 자연스러운 발화쌍 여부를 결정하는 중요한 자질이 된다.

#### 나. 독립 자질

발화 A 와 발화 B 의 의존성을 고려하지 않고 추출한 자질이다. 가령, 응답의 부분에 “그렇구나”, “그런가” 와 같은 어휘는 발화 A 의 내용에 관계없이 자연스러운 발화쌍을 이루는 유용한 응답일 가능성이 크다. 이와 같이 발화쌍을 고려하지 않고 단독 발화만을 고려하여도 자연스러운 발화쌍을 이루는 자질이 존재하기에 이러한 자질들은 단독 발화에서 추출한다. 독립 자질들은 그 자체로도 일정 수준 이상의 분류 성능을 보일 뿐 아니라, 상호자질의 자료부족 문제를 완화하는 효과를 보인다.

### 2.2.2 자연스러운 발화쌍 분류를 위한 자질들

#### 가. 발화쌍에 등장하는 어휘 패턴

발화쌍의 어휘 출현 패턴은 크게 발화 A 에 대해 다음에 올 발화 B 의 유형이 정해진 경우가 대부분이다. 가령 “똑똑하다/귀엽다” 라는 칭찬에 대해서 적절한 응답은 “고마워” 이고 “꺼져” 라는 부정적 어휘에 대해선 “너무해” 등의 답변이 자연스럽다. 이러한 경우 발화쌍의 어휘 상호자질이 된다.

이에 비해 발화 A 의 유형에 크게 상관없이 대부분의 경우 자연스러운 대화가 성립하는 발화 B 의 유형도 존재한다. 가령 “응/그렇군” 과 같은 어휘가 이에 해당한다. 이러한 어휘는 어휘 독립자질로서 발화쌍의 자연스러운 정도를 분류하는데 유용한 자질이 된다.

어휘 자질의 단위는 형태소를 사용하였다. 어절의 경우 한국어의 특성상 자료부족이 심각해질 우려가 있으며,

음절의 경우 의미 표현의 단위가 아니라 한계가 있기 때문이다. 형태소 분석 및 품사 부착은 고려대학교 품사부착기[3]를 사용하였고 세종품사분류체계[7]를 따르고 있다.

#### 나. 발화쌍에 등장하는 발화의 양태

본 연구에서는 발화쌍에 대한 패턴을 정형화 하기 위한 주요 자질 중 하나로 양태를 사용한다. 양태는 발화에 나타나는 화자의 심리적 태도를 의미한다[5]. 자연스러운 대화의 흐름에서는 자주 출현하는 양태의 패턴이 관찰된다. 가령 ‘추측’ 을 표현하는 발화 A “배 터질 것 같애” 에 대한 자연스러운 발화 B 의 양태 유형 중 하나는 “적당히 먹지 그랬어” 와 같은 ‘제안’ 일 것이다. 양태는 주로 용언과 어말어미 등을 이용하여 분석이 되는데, 본 연구에서는 아래와 같은 양태의 쌍을 자주 관찰할 수 있었다.

사용자 발화	시스템 발화
배 터질 것 같애 (추측)	적당히 먹지 그랬어 (제안)
안주 싫어 (비선호)	나는 안주가 좋던데 (선호)
집에 들어가서 밥이나 먹어야겠다 (의지)	그래라 (명령, 허용)
진우라는데 알려?? (지각)	진우 잘 몰라 (지각)
넌 참 친절해 (칭찬)	고마워 (감사)

양태는 주로 용언과 어말어미 등을 이용하여 분석이 되며, 자동 양태 부착을 위해서 본 연구에서는 고려대학교 양태분류기[5]를 이용하였다. "서술", "지각", "추측", "희망", "금지", "명령", "가정", "의무", "의지", "능력", "전언", "질문", "선호", "비선호", "칭찬", "축하", "감사", "사과", "인사", "기쁨", "슬픔", "희상", "감탄", "이유", "긍정", "부정"의 총 26 개의 양태 태그를 부착한다. 또한 최대 3 개까지의 양태를 부착한다. 본 연구에서는 중복된 양태를 모두 포함하여 하나의 자질 단위로 간주한다.

#### 다. 내용어 반복 여부

일반명사, 고유명사, 어근, 동사, 보조용언, 형용사와 같은 내용어가 발화 A 와 B 에 동시에 출현한 경우 이는 유용한 자질이 된다. 가령 발화 A “학교 갔다 왔어요” 에 대해 “학교에서 뭐했니” 라는 발화 B 는 자연스럽다고 판단할 수 있다. 본 연구에서는 일반명사, 고유명사, 어근, 동사, 보조용언, 형용사를 내용어로 정의하였으며 이진자질(binary feature)로 사용하였다.

#### 라. 사용자 발화의 길이

대화 로그에서 사용자 발화가 지나치게 짧은 경우 이는 시스템의 적합한 답변으로 해석하기 어렵다. “뭐가”, “ㅇㅇ” 와 같은 사용자 발화가 그 예이다. 이러한 발화가 재사용되는 것을 방지하기 위해 사용자 발화의 길이에 대한 제약이 필요하다. 또한 지나치게 긴 응답 역시 특정 주제에 대한 내용일 확률이 높거나 비정상적인 대화일 확률이 높기 때문에 필터링의 대상이 된다.

#### 마. 응답시간의 자질

대화 흐름  $A_1 \rightarrow B_1 \rightarrow A_2 \rightarrow B_2 \rightarrow \dots \rightarrow A_k \rightarrow B_k$  이 존재할 때, 만약 발화쌍  $B_i \rightarrow A_{i+1}$  의 응답시간이 발화쌍 응답시간의 평균보다 지나치게 긴 경우 이는 새로운 대화 주제를 시도한 경우일 확률이 높다. 사용자 응답 속도의 평균을 사용한 이유는 다음과 같다. 첫째, 너무 빠른 응답 속도는 사용자가 시스템 발화를 충분히 읽거나 이해하지 않고 발화할 수 있기 때문에 자연스러운 흐름이 아닌 경우가 많았다. 둘째, 너무 늦은 응답 속도는 사용자가 발화의 흐름을 놓치거나, 혹은 관심이 없어서 다른 주제로 전환하기 위해 발화했다고 판단하였다. 본 연구에서 측정된 사용자의 평균 응답시간은 9.8 초로 측정되다.

이제까지 설명한 자질들은 상호/독립 여부에 따라 다음과 같이 구분된다.

	독립자질	상호자질
어휘	0	0
양태	0	0
발화길이	0	X
내용어 반복	X	0
응답시간	X	0

아래 표는 자연스러운 발화쌍의 분류모형에 사용한 5 가지 자질의 예를 보여주고 있다.

발화 자질	시스템 발화	사용자 발화	
	넌 참 친절해~	고마워	
어휘 /품사	너/NP+L/JX 친절/XR+하/XSA+아/EC+~/S S	참/MAG	고맙/VA+어/E F
내용어 반복	N/A	N/A	
양태	칭찬	감사	
문장길이	7 (형태소 개수)	2	(형태소 개수)
응답시간	5 초(시스템-사용자간)		

### 3. 실험 및 평가

본 연구에서는 실험을 위하여 각 발화쌍에 대해 자연스러운 정도를 수작업으로 분류하여 학습데이터를 구축한다. 이를 위해 약 1 만 8 천 여 건의 대화 로그에서 발화쌍을 추출하고 수작업으로 자연스러운 정도를 분류한다. 분류기준은 크게 대화의 자연스러움과 사용자 응답의 성실성 등을 기준으로 Good(응답이 성실하고 대화가 자연스러움), Normal(응답이 성실하지는 않지만 대화가 자연스러움), Bad(대화가 자연스럽지 않음)으로 3 단계로 구분하여 사용한다. 그 후 형태소 분석 및 양태 추출 등 언어분석과정을 거쳐 앞서 설명한 자질들을 추출하고 최대 엔트로피 모형(Maximum Entropy Model)으로 학습을 수행한다.

학습된 분류모형을 이용하여 1) 자연스러운 발화쌍의 분류 및 2) 분류된 발화쌍과 기존 예제와의 중복성 검사를 수행한다. 각 실험은 학습집합과 테스트집합을 9:1 로 나누어 사용하며, 10-겹 교차 검증(10-fold cross validation)을 수행하였다.

	교정자 "Good"	교정자 "Bad"
시스템 "Good"	A	B
시스템 "Bad"	C	D

성능평가척도는 정확률(precision), 재현율(recall), 정확도(accuracy), 오류율(error rate)을 사용한다.

평가척도	수식	설명
Precision(PR)	$a/(a+b)$	시스템 결과내 올바른 정답의 비율
Recall(RE)	$a/(a+c)$	전체 정답 대비 시스템이 재현한 정답의 비율
Error Rate(ER)	$(b+c)/(a+b+c+d)$	총 오류 비율
Accuracy(AC)	$(a+d)/(a+b+c+d)$	전체 정확도 (1 - Error Rate)

#### 3.1 자연스러운 발화쌍의 분류 실험

주요 자질인 어휘 자질(Vo)과 양태 자질(Mo)을 기준으로 발화의 길이(Le), 내용어 반복 여부(Co), 응답시간(Ti) 등의 추가적인 자질을 조합하여 추가적인 성능 향상에 도움이 되는지를 실험하였다. 단, 어휘 자질과 양태 자질은 독립 자질과 상호 자질을 모두 사용한 경우이다.

아래의 표에 의하면 가장 분류 성능이 우수한 자질 조합은 어휘 독립자질, 어휘 상호자질, 양태 독립 자질, 양태 상호 자질에 내용어 반복 여부를 추가한 경우이다. 이는 내용어의 반복 여부가 발화쌍의 자연스러움을 예측하는 좋은 자질이기 때문이다. 그러나 성능 향상 폭은

그다지 크지 못하다. 그 외에 나머지 자질들도 약간의 성능 향상을 보이지만 향상 폭은 미비하다고 할 수 있다.

이와 같이 다양한 자질들을 추가함에도 불구하고 성능향상이 미비한 점은 본 연구에서 사용한 자질들이 모두 표준 단위의 자질이기에 더 이상의 괄목할만한 성능 향상이 어려움을 의미한다. 이를 극복하기 위해선 높은 성능의 의미 분석 수준의 연구가 필요할 것이라고 판단된다.

자질	PR(%)	RE(%)	AC (%)
Vo	57.19	39.79	87.06
Mo	58.93	14.58	86.25
Vo+Mo	57.74	41.35	87.29
Vo+Mo+Le	58.38	40.50	87.29
Vo+Mo+Co	58.70	41.35	<b>87.38</b>
Vo+Mo+Ti	54.39	33.13	86.39
Vo+Mo+Co+Ti	56.83	32.58	86.74
Vo+Mo+Le+Ti	<b>59.71</b>	29.33	86.99
Vo+Mo+Le+Co	51.91	<b>45.15</b>	86.09
Vo+Mo+Le+Co+Ti	57.53	34.37	86.91

지금까지 언급한 실험은 Good 만을 정답으로 가정하고 Normal 이나 Bad 를 오답으로 분류한 경우이다. 이 때 약 87%의 분류 정확도를 보였다. 이와 동일한 실험 내용을 Good 또는 Normal 을 정답으로 분류한 실험 결과에 의하면 어휘 독립자질, 어휘 상호자질, 양태 독립 자질, 양태 상호 자질에 내용어 반복 여부를 추가한 경우가 역시 가장 우수한 성능인 약 89%의 분류 정확도를 보였다.

#### 3.2 추출된 발화쌍과 기존 대화 DB 의 중복성 검사 실험

대화로그에서 자연스러운 발화쌍을 추출한 후 이들이 대화예제의 확충에 얼마나 도움을 줄 수 있는지를 알아보기 위해, 기존 로그와 대화예제와의 중복성 검사를 시행하였다. 이는 대화로그에서 많은 양의 발화쌍을 추출하더라도 기존 대화 DB 와 중복이 많다면 그 효용이 감소하기 때문이다.

실험결과 학습 데이터에서 A 와 B 로 분류된 발화쌍이 1) 새로 추출한 6 만 건의 대화로그와 약 0.9% 정도

중복되었음을 관찰하였으며, 2) 83 만의 발화쌍으로 구성된 대화 DB 의 예제와 중복되는 경우는 단 한 건도 발견하지 못했다. 단 중복 검사 연산은 발화 내 모든 공백을 제거한 후에 문자열 비교연산을 수행하였다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 예제기반 대화시스템의 대화 로그를 재사용하여 대화예제를 자동으로 확충하는 방법을 제안하였다. 자연스러운 발화쌍을 분류하기 위해 발화의 어휘, 품사, 양태와 같은 자질이 유용하게 사용될 수 있음을 관찰하였고, 새로 추출된 대화예제가 다른 예제와 중복될 가능성이 높지 않음을 알 수 있었다. 이를 통해, 본 연구는 기존에 수작업으로 구축되었던 대화 DB 가 대화로그를 재사용함으로써 자동으로 구축이 가능하다는 가능성을 보여주었다.

#### 참고문헌

- [1] Steve Young, "Talking to machines (statistically speaking)", In Proceedings of ICSLP-2002, pp. 9 16, 2002.
- [2] 이연수, "다양한 의미 자질을 고려한 발화간 유사도 측정 방법," 석사학위논문, 고려대학교 대학원, 2008.
- [3] 이도길, "한국어 형태소 분석과 품사 부착을 위한 확률 모형", 박사학위 논문, 고려대학교 대학원, 2005.
- [4] Do-Gil Lee, Hae-Chang Rim, and Dong-Suk Yook, "Automatic word spacing using probabilistic models based on character n-gram", IEEE Intelligent Systems, vol. 22, pp. 28-35, 2007.
- [5] 김민정, 홍금원, 송영인, 이연수, 이도길, 임해창, "대화 시스템을 위한 양태 분류", 대한음성학회 논문지 말소리, 제 68 호, 2008 년 12 월
- [6] [http://homepages.inf.ed.ac.uk/s0450736/maxent\\_tool\\_kit.html](http://homepages.inf.ed.ac.uk/s0450736/maxent_tool_kit.html)
- [7] 21 세기 세종계획 국어 기초자료 구축 분과 연구 보고서, 2003
- [8] 홍금원, 이연수, 김민정, 이승욱, 이주영, 임해창, "한국어 모바일 대화형 에이전트 시스템",