

PDMT 번역 방법론에 기반한 대화체 음성 언어 번역 시스템

한국전자통신연구원, 음성/언어정보연구센터

윤 승 · 유초롱 · 최미란 · 오승신 · 박 준 · 이영직

Spoken Language Translation System Based on PDMT

Seung Yun, Chorong Yu, Miran Choi, Seungshin Oh, Jun Park, Youngjik Lee

Speech/Language Technology Research Center, Electronics and Telecommunication Research Institute, Daejeon, Korea

요 약

ETRI가 참여하고 있는 자동 통역 관련 국제 컨소시엄인 C-STAR에서는 여행자 영역의 대규모 다국어 병렬 말뭉치를 공동으로 구축하였고, 현재 각 기관에서는 이를 이용한 대화체 음성 언어 번역 시스템을 개발 중이다. ETRI에서는 핵심어 처리, 통계정보를 이용하는 구 단위 자동 설정, 설정된 구의 자동대응 및 재배치 등을 특징으로 하는 구 기반 직접 번역 방식(PDMT : Phrase-based Direct Machine Translation)의 번역 방법론을 제안하고 관련 연구를 진행하고 있다. 본 논문에서는 ETRI 대화체 음성 언어 번역 시스템의 구성에 대해 알아보고 PDMT 번역 방법론의 등장 배경과 그 구체적인 번역 방법 및 특징에 대해 자세히 논의하기로 한다.

서 론

ETRI는 일본의 ATR, 이탈리아의 IRST, 미국의 CMU, 독일의 Karlsruhe 대학, 프랑스의 CLIPS 등과 함께 C-STAR 컨소시엄을 구성해 1995년부터 1999년까지 자동 통역 연구를 수행한바 있다.⁵⁾ 이 연구에서는 IF(Interchange Format)라는 중간 언어를 매개체로 하여 고객과 여행사 직원간에 오가는 여행 계획 관련 대화를 통역 대상으로 하는 다국어 대화체 음성 언어 번역 시스템의 개발이 이루어졌다.¹⁾

2000년부터는 중국의 CAS 등이 추가로 참여하여 3단계 자동 통역 공동 연구가 진행되고 있다. 현재 진행되는 3단계 공동 연구에서는 각 기관간에 다국어 말뭉치를 공동으로 구축하고 이에 기반한 대화체 음성 언어 번역 시스템을 개발하고 있다.

기존의 공동 연구 결과와 비교하여 가장 큰 차이점으로 자동 통역 대상을 확장한 것을 들 수 있다. 기존에는 단순

히 여행 계획 수립 영역에 그쳤으나 3단계 연구에서는 이를 여행자 영역으로 확대하여 실제 여행자가 여행 중에 외국인과 만나 이루어지는 대화를 통역할 수 있도록 하고 있다. 이를 위해 입력부를 기존의 마이크 음성 입력에서 휴대폰 음성 입력 처리가 가능하도록 변경하였으며 입력 음성 신호를 제어하는 전화망 인터페이스 모듈⁸⁾과 번역 서버를 도입하였다. 또한 영역이 확대됨에 따라 음성 인식기 역시 20,000 의사 형태소 수준의 음성입력을 처리할 수 있도록 향상된 능력을 가진 음성 인식기를 개발 중이고 음성 합성기도 대화체에 적합하도록 화행과 양태에 기반한 특성화된 대화체 합성기^{6,9)}를 개발하고 있다.

이렇게 여러 가지 새로운 시도가 진행되고 있지만 가장 큰 변화로는 번역 방법론의 교체를 들 수 있다. 기존에는 번역 방법론으로 중간 언어에 기반한 IF를 사용하였다는 것을 이미 전술한 바 있다. IF는 새로운 언어를 추가할 때에 IF에 기반한 번역 문법만 작성하면 기존 언어들과 자유롭게 소통할 수 있다는 장점이 있어서 다국어간 자동 통역에 매우 매력적인 방법이라 할 수 있다. 그러나 자동 통역 대상 영역의 확대에 따라 다양한 개념들의 추가가 이루어지면서 IF로 이를 표현하는 것이 점점 어려운 일이 되었다.

E-mail : yunseung@etri.re.kr
E-mail : cryu@etri.re.kr
E-mail : miranc@etri.re.kr
E-mail : oss63354@etri.re.kr
E-mail : junpark@etri.re.kr
E-mail : ylee@etri.re.kr

1 이 연구는 1999년 7월 국제 공동 시연을 통하여 일반에게 공개된 바 있다.

또한 개념들간의 충돌이 증가하였고 무엇보다도 확대된 영역에 따라 새로이 해석 및 생성 문법을 작성하고 유지 보수하는 데에 기존보다 무척이나 많은 노력이 필요하게 되었고 효율이 몹시 떨어지게 되었다. 이에 따라 ETRI에서는 대용량 병렬 말뭉치에서 정보들을 추출해 이용하는 구 기반 직접 번역 방식(PDMT : Phrase-based Direct Machine Translation)의 번역 방법론을 제안하기에 이르렀다. PDMT 번역 방법론은 핵심어 처리를 통해 대화체 음성 언어 처리에 적합하도록 설계되었으며 시스템의 최종 목적인 '의도 전달'에 충분히 부합하도록 만들어졌다. 말뭉치에 기반함에 따라 번역 대상의 변경 및 확대에 쉽게 적용할 수 있음은 물론이다. PDMT 시스템은 현재 한/영 및 영/한 번역을 목표로 개발되고 있다.

대화체 음성 언어 번역 시스템

대화체 음성 언어 번역 시스템은 대화체 음성 인식 시스템, 대화체 언어 번역 시스템(PDMT 시스템), 대화체 음성 합성 시스템 이렇게 크게 세 가지의 서브 시스템으로 나누어진다(Fig. 1). 이 중 대화체 언어 번역 시스템에 대해서는 다음 절에서 자세히 살펴보기로 하고 본 절에서는 대화체 음성 인식 및 합성 시스템의 특징에 대해 알아보기로 한다.

1. 대화체 음성 인식 시스템

ETRI 대화체 음성 인식 시스템은 인식단위로는 의사형 태소를 채택하고 있으며 HMM을 기반으로 한 음향 모델과 트라이그램으로 구축된 언어 모델을 기본 구조로 삼고 있다. 기존 연구 결과와 비교하여 현재 음성 인식 시스템의 특징을 좀 더 자세히 살펴보면 다음과 같다.

먼저 기존 2단계 공동 연구에서는 5,000 어절급의 음성 인식을 적용하였으나 현재는 20,000 의사 형태소급으로 인식 대상의 수와 단위의 변경이 이루어졌다. 이는 인식 대상의 확장에 따라 이루어진 것이다. 또 다중 발음 사전의 도입도 이루어졌다. 낭독체에서와는 달리 대화체에서는 발음 변이 현상이 빈번하게 나타나므로 이를 처리해주기 위해서이다. 그리고 인식 환경이 휴대폰 환경으로 바뀌에 따라 다

양한 휴대폰 환경 DB를 수집하여 여러 환경에서 발생할 수 있는 음성 신호의 특성을 수용하였고 RASTA 필터링과 Wiener 필터를 도입하여 잡음 처리 기술도 보강 중이다. 한편으로 부족한 양의 대화체 말뭉치를 이용하여 효과적으로 언어 모델을 구축할 수 있도록 대화 흐름 및 대화 영역의 특성을 반영하는 언어 모델 관련 연구도 진행되고 있다.

2. 대화체 음성 합성 시스템

ETRI 대화체 음성 합성 시스템은 14,000 문장의 합성용 음성 DB에 기초하여 말뭉치 기반 방식으로 개발되고 있다.

기존의 연구에서와는 달리 '대화체' 음성 합성 시스템 개발이 목표이므로 합성용 DB 수집은 주로 대화체 상황을 가정하고 이루어졌으며 일부 모놀로그 음성DB와 낭독체 음성 DB도 포함시켜 다양한 음운 환경을 고려한 합성단위들이 포함되도록 하였다. 또 구축된 대용량 음성 DB로부터 효율적으로 정보를 추출하기 위하여 자동 피치 추출, 자동 음소 분할 등의 기술을 적용해 합성 시스템을 개발하고 있으며, 특히 대화체 음성 합성기인 점을 감안해 합성음의 자연성을 최대한 살릴 수 있도록 화행과 양태 표현에 기반한 DB 구축 및 시스템 개발을 진행하고 있다.

PDMT 시스템

PDMT 시스템은 ETRI 대화체 음성 언어 번역 시스템 중 언어 번역부를 지칭하는 이름이다. PDMT 시스템은 대용량 병렬 말뭉치에 전처리를 가해 핵심어들만 남게 한 후 여기에서 통계적으로 유의미한 클러스터²들을 찾아내고 이들을 언어간 대응 쌍으로 구성하는 트레이닝 모듈과, 번역 요청이 들어온 입력문에 전처리를 실시한 후 존재하는 클러스터들을 찾아내어 이에 대응되는 클러스터들과 매핑시킨 다음 재배치 및 생성과 후처리를 거쳐 번역문을 만들어 내는 온라인 모듈로 구성되어 있다. 핵심어 처리를 거친 결과를 사용한다는 점과 클러스터에 포함되지 않은 단어들도 하나의 번역 단위로 기능한다는 점이 기존의 구 단위 번역 시스템과의 가장 큰 차이라 할 수 있다. 대략적인 시스템 구성은 Fig. 2와 같다.

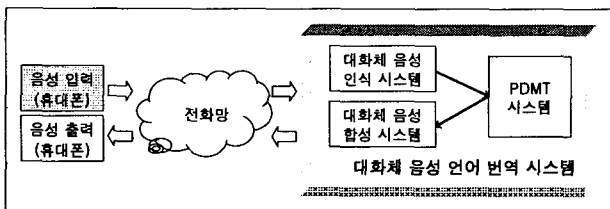


Fig. 1. 대화체 음성 언어 번역 시스템의 구성.

1. 트레이닝을 위한 말뭉치 구축

PDMT 시스템은 말뭉치 기반 접근 방법을 취하고 있

2 클러스터는 말뭉어리(Chunk)와 비슷한 측면이 있으나 핵심어로 구성되어 있다는 점에서 말뭉어리와 다르며 문법에서 정의하고 있는 구와도 또 다르다. 클러스터란 통계적으로 유의미한 형태소/태그(또는 변수) 연쇄체라 할 수 있다.

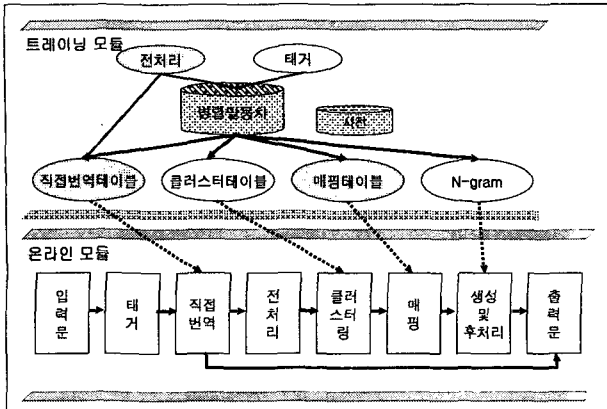


Fig. 2. PDTM 시스템의 구성.

므로 PDTM 시스템의 트레이닝을 위하여 말뭉치를 구축하였다. 우선 1차로 여행자 영역에 해당하는 162,320 영어 발화를 구성하고 이에 해당하는 한국어 번역문과 번역문 하나당 평균 1.9개씩의 한국어 유사 구문³을 작성하였다. 이렇게 해서 구축된 한국어 발화는 모두 473,632 발화였다. 평가를 위해 이 중 영어 4,500 발화와 한국어 13,130 발화를 제외하고 영어 157,820 발화와 한국어 460,502 발화를 트레이닝에 사용하였다. 현재는 1차 구축된 말뭉치를 보완하기 위해 2차 말뭉치를 구축 중에 있다.

2. 전처리 모듈

전처리 모듈은 트레이닝 과정에서는 말뭉치에 대해, 온라인 모듈에서는 입력문에 대해 부가 정보를 삭제하고 문장 내의 핵심어들만을 유지시켜 주는 핵심어 처리 기능을 수행한다.

이렇게 핵심어 처리 기능이 요구되는 데에는 몇 가지 이유가 있다. 우선 가장 큰 이유로 말뭉치의 부족을 들 수 있다. ETRI에서 대화체 여행자 영역의 대규모 말뭉치를 구축하였고 또 추가 구축을 진행하고 있지만 그럼에도 불구하고 일반적인 SMT에서 요구되는 말뭉치의 규모에는 미치지 못한다. 핵심어 처리 기능을 도입할 경우 번역 과정에서의 복잡도 감소 및 커버리지 증대를 기대할 수 있어 말뭉치를 효과적으로 이용할 수 있다. 또 다른 이유는 대화체 발화의 특수성에서 기인한다. 대화체 발화는 문장의 필수 성분 도치 및 생략이 자주 일어나고 간투사, 말더듬, 오발성, 반복 발성 등의 특징이 있으며 발음상의 변이도

3 유사 구문이란 각 문장이 발화되는 상황에서 같은 의미를 지니고 쓰일 수 있는 또 다른 표현을 말한다. 이 때의 의미란 발화자의 의도를 중시한 의미를 말하는 것이다.

예) 원문 : Where can I make photocopies?
번역문 : 어디서 복사를 할 수 있습니까?
유사구문 : 복사기가 어디 있습니까?

존재한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 문장 내의 핵심어들만을 처리 대상으로 삼는 것이 유리하다. 물론 일부 정보의 손실이 있지만 ETRI 대화체 음성 언어 번역 시스템은 '의도 전달'⁴을 그 목적으로 하고 있기 때문에 충분히 감내할 수 있는 수준이다.

핵심어 처리는 입력문에 태깅을 한 후 형태소의 내용과 태깅 정보를 이용해 다음 네 가지로 나누어 이루어진다.

- 1) 부가 정보 삭제 처리
- 2) 형태소 및 태그 은닉 처리
- 3) 변수 처리
- 4) 형태소 및 태그 유지 처리

'부가 정보 삭제 처리'는 형태소와 태그 모두 이후 번역 과정에 불필요한 경우이다. 감탄사, 말버릇, 말더듬, 기호 등이 여기에 속해 모두 삭제된다. '형태소 및 태그 은닉 처리'는 형태소와 태그가 모두 은닉되어 통계 추출 시에는 사용되지 않고 이후 생성 및 후처리 시에 복원되어 사용되는 경우이다. 부사가 대표적인 예이며 주로 양태를 나타내는 정보들이 여기에 속한다. '변수 처리'는 형태소는 은닉시키고 태그명을 변수로 삼아 처리하는 경우이다. 조사류, 수사, 인칭대명사, 고유명사 등이 이에 해당되며 내용보다도 문장 속에서의 위치나 기능, 역할 등의 의미가 큰 경우이다. 이 경우에도 은닉된 형태소는 생성 및 후처리 시에 복원된다. 명사는 변수 처리에 해당되나 이와는 별도로 처리된다. '형태소 및 태그 유지 처리'에 해당하는 것은 용언, 지시대명사, 영어 의문부사, 의문 대명사, 전치사, 불변화사, 분사류 등으로서 이들은 문장내의 중요한 핵심어들로 인정돼 번역 과정 내내 정보를 유지시키게 된다.

이렇게 기본적인 처리 방법을 적용하는 것 외에 핵심어 처리 과정에서 두 가지 처리가 추가로 이루어진다. 하나는 명사 분류를 이용해 일반 명사들을 170여 가지의 대표 명사로 치환하는 것이고 또 한가지는 하나의 개념을 나타내는 단어열을 하나의 명사로 치환하는 것이다. 모두 정보량의 증대를 위해 실시되는 것이다.

3. 클러스터링 모듈

클러스터링 모듈은 말뭉치를 이용해 클러스터 테이블을 구성하는 트레이닝 모듈과 입력문에서 클러스터들을 뽑아

4 '의도 전달'을 목표로 하는 것은 ETRI 음성 언어 번역 시스템의 최종 목표가 상용화 시스템이기 때문이다. 실제 대화에서 나타날 수 있는 다양한 가능성들을 정형적인 방법으로 모두 처리한다는 것은 불가능에 가깝기 때문에 처음부터 일부 부가 정보 손실을 인정하고 실제 대화를 강건하게 처리할 수 있는 시스템을 설계한 것이다. 이는 일반적인 영역에는 적용하기 어려울 수 있지만 기본 의사 소통이 중요시되는 여행자 상황에서는 효과적으로 이용될 수 있다.

내는 온라인 모듈로 구성되어 있다.

트레이닝 모듈에서는 전처리가 끝난 말뭉치에서 양쪽 언어간의 균형과 특성을 고려한 통계 정보를 이용해 정해진 길이의 실현 가능한 클러스터 집합을 모두 구하게 된다. 이 때 휴리스틱을 적용해 기대 값이 낮은 클러스터들은 버리고 이후 번역과정에서 등장 가능성이 높은 클러스터들만으로 클러스터 테이블을 구성할 수 있도록 한다.

온라인 모듈에서는 만들어진 클러스터 테이블을 이용해 전처리 모듈을 거쳐 전달되어 온 입력문에 클러스터들이 존재하는지 조사하고 클러스터들이 존재할 경우 이를 추출해 매핑 모듈에 전달하게 된다. 이 때 탐색 과정에서 중복되는 부분이 존재하는 클러스터들이 발견되는 경우에는 우선 순위 규칙을 적용하여 고품질의 클러스터들이 선택될 수 있도록 한다.

현재 트레이닝 과정에서 선택되어 사용되고 있는 클러스터의 수는 대략 만여 개이다.

4. 매핑 모듈

매핑 모듈은 클러스터링 모듈에서 만들어진 한국어, 영어 클러스터 테이블의 각 클러스터들을 서로 대응시켜 그 결과를 매핑 테이블로 저장하는 기능을 수행한다.

트레이닝 과정에서는 클러스터마다 현재 클러스터가 존재하는 문장에 대응하는 문장들을 모두 찾아내 대응 문장에 포함되어 있는 모든 클러스터들과의 일치 확률값을 계산해 합당한 대응 클러스터를 찾아내게 된다. 이렇게 찾아낸 클러스터 대응 쌍은 매핑 테이블에 저장되고 이후 온라인 모듈에서는 매핑 테이블을 검색해 입력으로 들어온 클러스터들의 대응 클러스터를 찾아내 생성 및 후처리 모듈에 전달하게 된다.

5. 생성 및 후처리 모듈

생성 및 후처리 모듈은 크게 두 가지 기능을 수행한다. 한 가지는 통계 정보를 이용해 번역 요소들을 재배치 하는 기능이고 다른 한 가지는 전처리 시에 은닉되었던 정보들을 되살리고 문장을 정렬하는 기능이다.

생성 및 후처리 모듈에는 클러스터링 과정에서 검색된 클러스터들과 클러스터링에 실패한 요소들이 함께 전달된다. 생성 및 후처리 모듈은 이 요소들을 백오프가 적용된 트라이그램을 이용해 올바른 순서로 재배치한다. 이후에는 전처리 시에 은닉되었던 정보들과 치환되었던 명사들을 복원해 이를 대역 사전과 대역 테이블을 이용해 번역한다. 또한 복원 과정에서 수집된 양태 등의 정보와 휴리스틱을 이용해 문장을 자연스럽게 다듬고 문형을 올바르게 바로 잡는다.

6. 직접 번역 모듈

직접 번역 모듈은 PDMT 시스템에서 처리하기 어려운 문장들을 번역하는 기능을 수행한다.

PDMT 시스템은 핵심어 기반으로 이루어져 있기 때문에 문장이 매우 단순해 핵심어가 존재하지 않거나 시스템의 처리 오류 등으로 인해 문장의 핵심어가 모두 사라지는 경우에는 올바른 번역 결과를 내놓을 수 없게 된다.

직접 번역 모듈은 이런 경우에 대비해서 트레이닝 과정에서 생성된 말뭉치의 전처리 결과를 분석하여 전처리 실패 판정을 받은 문장들을 수집하고 이들에 대해 직접 번역 테이블을 구성하게 된다. 그 후 온라인 모듈에서는 시스템의 가장 처음 부분에 위치를 해 직접 번역 테이블에 존재하는 문장이 입력으로 들어올 경우 전체 시스템을 거치지 않고 자체 테이블을 검색해 번역 결과를 찾아낸 다음 그대로 최종 번역문을 출력하게 된다.

지금까지 PDMT 시스템의 구성에 대해 알아보았다. 아래 Fig. 3에서는 실제 문장이 번역되는 과정을 그림으로 나타내어 시스템이 어떤 흐름을 거쳐 최종 번역 결과를 출력하는지를 보였다.

실험 및 평가

본 논문에서는 시스템의 성능을 두 가지 방법으로 측정하였다. 먼저 기존에 많이 사용되어 왔던 BLEU Score,⁵ NIST Score⁶와 함께 WER,⁷ PER⁸을 측정하였고 다음으

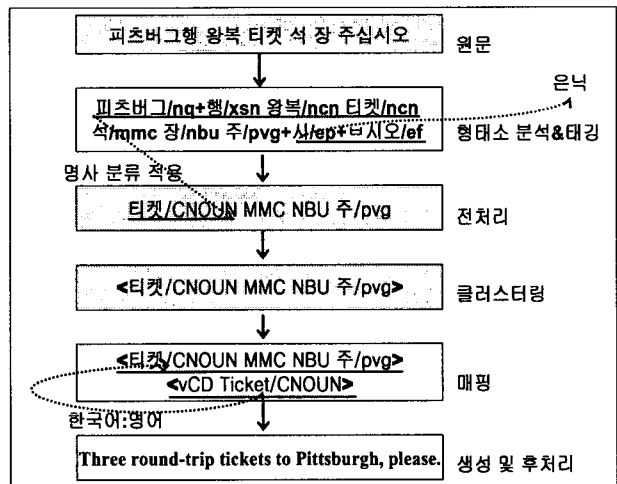


Fig. 3. PDMT 시스템의 번역 과정.

5 N-gram과 레퍼런스를 이용하여 말뭉치 단위로 번역 결과를 측정하는 방법으로 IBM에서 제안하였다.

6 BLEU Score와 N-gram 및 Brevity penalty 계산 방법을 달리하여 측정한다.

7 Word Error Rate.

8 Position independent Word Error Rate.

Table 1. BLEU/NIST Score, WER, PER 측정 결과(단위%)

| | BLEU Score | NIST Score | WER | PER |
|-------------|------------|------------|-------|-------|
| PDMT System | 28.03 | 30.22 | 57.26 | 47.65 |

Table 2. KTR Score 측정 결과(단위%)

| | KTR Score |
|-------------|-----------|
| PDMT System | 62.42 |

로는 ETRI에서 PDMT 시스템과 함께 제안한 KTR(핵심어 전달률)을 측정하였다.

실험은 아직 대화체 음성 언어 번역 시스템 전체가 완벽하게 연동되어 있지 않은 상태이므로 PDMT 시스템만을 가동해 한국어 대화체 텍스트 문장을 입력 받아 번역 결과를 영어 대화체 텍스트 문장으로 출력하는 형태로 이루어졌으며 모두 500문장이 사용되었다. 500문장은 트레이닝 과정에는 포함되지 않은 별도의 말뭉치에서 임의로 선택하였으며 문장마다 16개씩의 레퍼런스를 이용하여 점수를 계산하였다. 측정 결과는 Table 1과 같다.

Table 1의 수치는 그다지 높아 보이지 않지만 같은 방식으로 평가가 이루어진 타 기계번역 시스템과 비교해 본다면 제시된 수치도 비교적 높은 성능을 나타내고 있음을 알 수 있을 것이다.¹⁰ 물론 PDMT 시스템이 여행자 영역 대화체 문장으로 그 번역 범위를 한정하였고 대화체 문장이 주로 짧은 문장으로 구성되어 있음을 감안한다면 자연스러운 결과로 보이기도 하지만 아직 시스템이 완성되지 않은 상태임을 고려했을 경우 PDMT 번역방법론을 대화체 음성 언어 번역 시스템에 적용하는 것은 대체로 무리가 없다고 판단할 수 있다.

다음으로는 KTR¹¹을 측정해 보았다. KTR은 문장 내 핵심어의 번역 결과만을 측정 대상에 포함시킴으로써 실제 전반적인 의도 전달이 얼마만큼 이루어지고 있는지를 평가할 때에 사용되며 BLEU/NIST Score에서 요구하는 레퍼런스가 필요 없다는 장점을 지니고 있다. 처음 제안되었지만 앞으로 KTR이 대화체 음성 언어 번역 시스템의 성능 평가 지표로 많이 활용될 수 있을 것이라 본다. 성능 측정 결과는 Table 2와 같다.

PDMT 시스템과 KTR 모두 새롭게 고안된 것이므로

현재로서는 실험 결과에 대해 어떠한 의미를 부여하는 것이 쉽지 않다. 그러나 앞으로 작업 성취도(Task Completion Rate) 측정 또는 주관적 평가 결과와 상대 비교해 그 추이를 지켜 보면 실제 의도 전달에 유리한 평가 방법인지 여부를 확인할 수 있을 것이다.

결론

본 논문에서는 ETRI에서 개발하고 있는 여행자 영역 대화체 음성 언어 번역 시스템에 대해 기술하였다. ETRI에서 제안한 PDMT 번역 방법론은 핵심어 처리를 거친 말뭉치에서 클러스터를 추출해 낸 후 매핑 과정을 거친 다음 생성 및 후처리를 통해 문장을 생성해내는 번역 기법이다. 실험 결과로 미루어 PDMT 번역 방법론은 자동 통역에 효과적으로 기능하는 방법론임을 알 수 있었다. 또한 KTR 관련 연구를 통해 자동 통역 시스템의 성능 측정에 적합한 평가 방법을 제시하고자 노력하였다.

앞으로는 핵심어 처리 과정에서의 의미 손실을 최소한으로 줄이고 클러스터링 기법을 좀 더 정교하게 가다듬어 고품질 클러스터와 매핑 테이블을 만들어 낼 수 있도록 시스템을 개선하는 연구를 수행하고자 한다. 또한 대화체 음성의 특성을 더욱 반영하는 방향으로 연구가 진행되어야 할 것이다.

REFERENCES

- 1) Lori Levin, Alon Lavie, Monika Wozczynna, Donna Gates, Marsal Gavaldá, Detlef Koll and Alex Waibel (2001) : "The Janus-III Translation System : Speech-to-Speech Translation in Multiple Domains". *Machine Translation 15* : 3-25
- 2) Oh-Wook Kwon, Jun Park (2003) : "Korean large vocabulary continuous speech recognition with morpheme-based recognition units". *Speech Communication, Vol. 39, Issue 3-4*, pp287-300
- 3) Papineni S, Roukos T, Ward W.-J. Zhu (2002) : "Bleu : a method for automatic evaluation of machine translation". *ACL 2002 Proceedings*, pp311-318
- 4) Taro Watanabe, Eiichiro Sumita, Hiroshi G Okuno (2003) : "Chunk-Based Statistical Translation". *ACL 2003 Proceedings*, pp303-310
- 5) 박 준, 이영직, 양재우 (1998) : "대화체 음성언어번역 시스템 개발". 제 15 회 음성통신 및 신호처리 워크샵 논문집. 한국음향학회 15(1) : 281-286
- 6) 오승신, 김상훈, 이영직 (2003) : "화행과 양태 (Modality)를 고려한 대화체 합성DB의 구축. 제 20 회 음성통신 및 신호처리 학술대회 논문집, pp97-100
- 7) 윤 승, 이영직 (2003) : "대화체 음성 언어 번역 시스템을 위한 핵심어 처리 연구". 제 20 회 음성통신 및 신호처리 학술대회 논문집, pp159-162
- 8) 이성주, 이영직, 양재우 (2002) : "전화망을 통한 자동음성번역 서비스 시스템 설계". 한국음향학회 하계 학술발표대회 논문집, pp57-60
- 9) 최미란, 오승신, 김상훈 (2003) : "대화체 합성 시스템에서의 부분 억양 표현". 제 20 회 음성통신 및 신호처리 학술대회 논문집, pp313-316
- 10) 최운천 (1998) : "CSTAR-IF를 이용한 다국어 대화체 번역 시스템". 제 10 회 한글 및 한국어 정보처리 학술대회 논문집, pp159-163
- 11) 최운천, 한남용, 김재훈 (1997) : "대화체 음성언어번역 시스템에서의 개념기반 번역 시스템". 한국정보처리학회 논문지 4(8) : 2025-2037

9 각각의 점수마다 만점이 다르므로 결과 비교를 위하여 백분율로 환산하였다.

10 기존에 점수가 보고된 기계 번역 시스템과 트레이닝 말뭉치의 규모, 레퍼런스의 수 등 실제 시스템 적용 및 평가 방법에서 일부 차이가 있어 정량적인 비교는 어렵지만 현재 시스템이 개발 도중에 있다는 점과 여러 가지 성격이 다른 조건들을 감안할 때 PDMT 시스템이 평균 이상의 수치를 보이고 있다고 말할 수 있다.

11 기계번역 결과로부터 핵심어만을 추출하여 대역 사전과 유의어 사전을 이용해 문장 단위로 번역 결과를 측정하게 된다.