

# POMY: 햅틱 피드백을 적용한 몰입형 영어 학습 시스템

## POMY: POSTECH Immersive English Study with Haptic Feedback

이재봉, 이규송, Hoang Minh Phuong, 이호진, 이근배, 최승문\*  
(Jaebong Lee<sup>1</sup>, Kyusong Lee<sup>1</sup>, Hoang Minh Phuong<sup>1</sup>, Hojin Lee<sup>1</sup>, Gary Geunbae Lee<sup>1</sup>, and Seungmoon Choi<sup>1,\*</sup>)

<sup>1</sup>Department of Computer Science and Engineering, Pohang University of Science and Technology (POSTECH)

**Abstract:** In this paper, we propose a novel CALL (Computer-Assisted Language Learning) system, which is called POMY (POSTECH Immersive English Study). In our system, students can study English while talking to characters in a computer-generated virtual environment. POMY also supports haptic feedback, so students can study English in a more interesting manner. Haptic feedback is provided by two platforms, a haptic chair and a force-feedback device. The haptic chair, which is equipped with an array of vibrotactile actuators, delivers directional information to the student. The force-feedback device enables the student to feel the physical properties of an object. These haptic systems help the student better understand English conversations and focus on studying. We conducted a user experiment and its results showed that our haptic-enabled English study contributes to better learning of English.

**Keywords:** computer-assisted language learning, haptic feedback

### I. 서론

컴퓨터 보조 학습은 학습자가 필요로 할 때 언제 어디서든 개인 학습을 받을 수 있고, 학습자의 능력에 맞는 개인별 맞춤 수업이 용이하다는 장점이 있어 널리 활용되고 있다. 특히 최근 음성 인식 기술의 발달로 컴퓨터와 직접 대화하며 외국어를 학습하는 시스템들이 등장하고 있다. 하지만 기존 기술은 아직 다양하고 폭넓은 학습자의 발화를 자연스럽게 처리할 만큼 성능이 충분하지 못하고, 한국인 특유의 발화 특성이 고려되지 않아 대화 인식률이 떨어지는 등의 문제점을 가지고 있다. 또한 기존 시스템은 시청각 콘텐츠 위주로 개발되어 학습자의 흥미와 몰입을 최대한 높여주지 못한다.

본 논문은 자연어 처리 기술과 햅틱 피드백을 융합한 새로운 몰입형 영어 학습 시스템인 POMY (POSTECH Immersive English Study)를 제안한다. 본 연구의 자연어 처리 모듈은 실제 한국인의 영화 발화를 수집하여 개발되었으며 다양한 발화에 대한 처리가 가능하고 오류에 강한 장점을 가지고 있다. 또한 햅틱 의자와 힘 햅틱 장비(force feedback haptic device)를 이용한 다양한 햅틱 피드백을 추가하여 학습자가 흥미를 잃지 않고 학습에 더욱 몰입할 수 있도록 하였다. 햅틱 의자는 10개의 진동자를 배열 형태로 배치하여 공간, 방향 정보를 촉각을 통해 제공하는 역할을 하고, 힘 햅틱 장비는 과학 교육을 영어로 진행할 때 대상 물체의 실제 물리적 특성을 만지고 느껴보며 학습을 진행할 수 있도록 해준다. 초등학생을 대상으로 한 실험과 일반인 대상 시연을 통해 본 시스템이 영어 학습에 매우 긍정적인 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

### II. 관련 연구

최근 자연어처리 대화 시스템을 이용하여 가상의 아바타를 통한 외국어 교육에 대한 연구가 많은 관심을 얻고 있다. 대표적인 시스템으로는 Alelo, SPELL, DEAL [1-3] 등이 있다. Alelo는 이라크 파병 미군의 언어 교육을 위한 시스템이다[1]. 따라서 군사 작전에 필요한 의사소통 기능과 이라크 문화에 대한 이해에 초점이 맞춰져 있다. 매우 특수한 목적을 위해 간단한 외국어 표현만을 습득할 수 있도록 개발되었음에도 불구하고 실제 미군에서 좋은 반응과 높은 활용도를 보여주고 있다. SPELL은 음식점과 같이 일상적인 상황에서 영어 교육을 위해 영국의 Edinburgh 대학에서 개발한 시스템이다[2]. 하지만 학습자 발화 오류 검출이나 피드백이 제한적이고 학습자 수준별 교육과 같은 중요한 요소가 결여되어 있다. DEAL은 상점에서 물건 흥정을 통한 외국어 교육을 위해 스웨덴의 KTH 대학에서 개발한 시스템이다[3]. 발음과 단어 교육에 많은 비중을 두고 있어 실제 회화 교육 기능은 매우 제한적이다.

다수의 진동자를 장착한 햅틱 의자는 청각 장애인을 위한 음악 제시 시스템[4], 잘못된 자세를 교정해주는 시스템[5], 영화를 더욱 몰입해서 볼 수 있도록 도와주는 멀티미디어 응용 시스템[6] 등 다양한 분야에 적용되어 그 유용성이 검증되었다. 힘 햅틱 장비를 이용해 물리, 화학적인 현상을 표현하고 더 나아가 이를 교육에 활용하는 연구는 매우 오래 전부터 시도되었던 주제이다. GROPE라는 프로젝트는 1960년대 후반부터 개발되었으며 분자 결합에 대한 시뮬레이션을 하는 것을 목표로 하였다[7]. 이와 유사한 시스템이 다수 제안되었으며 예를 들어 SPIDER-G라는 8개의 끈을 이용한 6 자유도 햅틱 장비를 이용해 분자 화학 교육을 하는 시스템도 제안되었다[8]. 물리적인 현상에 대한 직관적인 이해를 돕기 위해 힘 햅틱 장비를 활용하는 연구도 실제 교육에 있어서 긍정적인 효과를 확인하였다[9].

\* Corresponding Author

Manuscript received June 2, 2014 / revised June 20, 2014 / accepted June 30, 2014

이재봉, 이규송, Hoang Minh Phuong, 이호진, 이근배, 최승문: 포항공과대학교 컴퓨터공학과

(novaever@postech.ac.kr/kyusonglee@postech.ac.kr/phuonghm@postech.ac.kr/hojini33@postech.ac.kr/gblee@postech.ac.kr/choism@postech.ac.kr)

※ 이 논문은 2014년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2010-0019523).

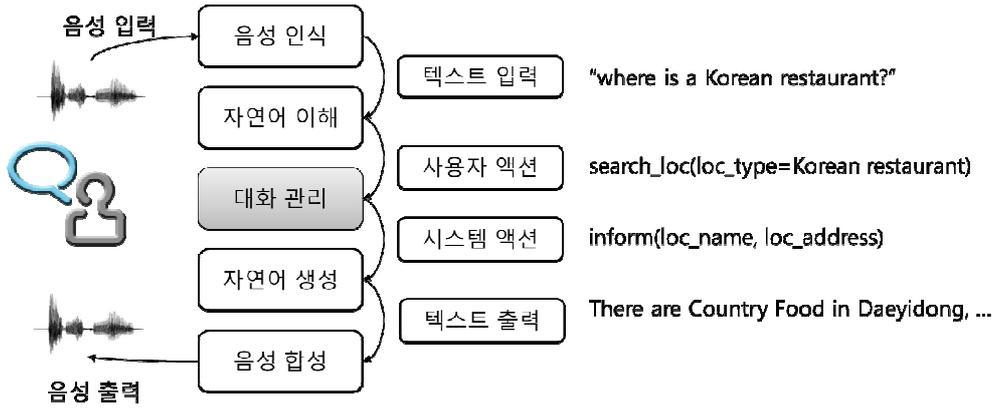


그림 1. 음성 대화 시스템 전체적 구조.

Fig. 1. Overall Architecture of spoken dialog system.

III. 자연어 음성 대화 처리 기술

자연어 음성 대화 처리 기술은 음성 인식, 자연어 이해, 대화 관리, 자연어 생성, 음성 합성의 단계로 구성된다. 음성 인식 모듈은 사용자가 발화한 음향 신호를 자연어 문장으로 변환해주며 자연어 이해 모듈은 자연어 문장으로부터 사용자의 의도를 이해해 컴퓨터가 처리할 수 있는 형식으로 변환해 준다. 대화 관리 모듈은 사용자의 의도에 부합하는 서비스를 제공하기 위해 시스템의 행동을 결정하며 자연어 생성 모듈은 시스템의 행동을 구체적인 자연어 문장으로 생성해 준다. 음성 합성 모듈은 생성된 자연어 문장을 음성으로 합성해 준다(그림 1).

대화 관리 기술은 크게 목적지향 대화 관리 기술과 잡담 기반 대화 관리 기술이 있다. 목적지향 대화 관리 기술은 호텔 예약과 같은 임무를 수행하거나 버스 스케줄 안내와 같은 특정한 정보를 얻는 것과 같이 분명한 목적을 제공하기 위해 개발된 기술이다. 잡담 기반 대화 관리 기술은 사용자의 일상적 대화와 같이 어떠한 입력 문장에 대해서도 적절한 답을 해 줄 수 있는 시스템을 목표로 하며 보통 재미, 흥미를 목적으로 개발되었다. 목적 지향 대화 관리 기술은 정확한 정보를 전달해 주는 것이 중요하며 잡담 기반 대화 관리 기술은 광범위한 도메인에 대한 입력에 대해서도 처리해 줄 수 있어야 한다. 영어 교육용 대화 관리 기술은 목적지향 대화 관리의 정확성과 잡담 대화 관리의 다양성을 모두 처리할 수 있어 한다. 또한 비영어권인의 영어 발화이기 때문에 특히 오류에 강인한 시스템을 개발하는 것이 중요하다. 다음은 교육용 대화 관리 기술에 대하여 각 모듈 별로 보다 자세히 설명하였다.

1. 음성 인식 모듈

기존의 음성 인식기들의 대부분은 모국어 화자를 대상으로 개발된 것으로 비 모국어 화자 음성 인식에 사용될 경우 매우 낮은 성능을 보이고 있다. 본 연구에서는 한국인 화자의 영어 발음 데이터를 바탕으로 개발된 DARE 음성인식기가 사용되었다[10]. 정확한 발음으로 완전하게 훈련된 음향모형을 구축하기 위해서는 상당한 비용이 소요된다. 그래서 기존의 웰스트리트 저널 코퍼스를 기반으로 훈련된 음향 모델에 한국 학생들의 음성 데이터 (17시간)를 이용하여 MLLR (Maximum Likelihood Linear Regression)과 MAP (Maximum a

Posteriori) 기술을 통해 적응(adaptation) 시켰다. 그리고 한국인 화자가 범하기 쉬운 발음상의 오류들을 예측하여 발음사전을 보강하였다. 표 1은 한국인 화자들이 혼동하는 발음들을 보여준다.

2. 자연어 이해 모듈

시스템은 영어 회화 교육용 대화 시스템으로써 다소의 에러에도 불구하고 자연스러운 대화 진행을 위하여 발화 의도를 이해 할 수 있어야 한다. 자연어 이해 모듈은 자연어 발화로부터 화자의 의도를 유추하고 필요한 정보를 추출하는 것이다. 이런 목적을 달성하기 위해 규칙기반의 방법론에서는 에러를 예상하고 규칙을 일일이 만들었다[11,12]. 그러나 이런 방법론은 예상하지 못한 에러나 다양한 에러의 조합에 취약하다. 또한 구문분석기가 수많은 애매한 결과를 만들어 실제 학습자의 에러가 무엇인지 분간하기 어렵다. 따라서 규칙 기반 보다 다양한 에러에 강인한 통계기반 기술이 더욱 적합하다.

이 뿐만 아니라 영어 회화 교육용 대화 시스템은 학습자의 발화가 완전히 틀린 경우나 발화 자체를 못하는 경우에도 상황에 맞는 적절한 의도를 추정해서 그에 해당하는 예제 발화를 제시할 수 있어야 한다. 이는 외국어 교사들이 대화 상황을 통해서 학습자의 발화 의미를 유추하듯이 풍부한 담화 정보를 고려할 때만 가능한 것이다. 따라서 이 연구에서는 풍부한 담화 정보를 효과적으로 사용하는 통계 모델 기반의 자연어 이해 모듈을 구현하였다[13].

자연어 이해 모듈은 사용자 의도를 인식하는 것이며 사용자 의도는 사용자의 발화에서의 추상적 목표와 정보를 나타낸다.

표 1. 한국인 화자들이 혼동하는 발음에 대한 대체 발음 쌍. Table 1. List of possible substitutions.

자음	모음
CH → T	IH → IY
DH → D	OY → IY
TH → T	ER → R
TH → S	UH → OW
ZH → JH	EH → AE
F → P	AA → AO
R → L	AO → OW
V → B	AH → AA

표 2. 사용자 발화에 대한 화행, 주행, 개체명.

Table 2. An example of dialog act, main action, and named entity about an user utterance.

사용자 발화	How do I get to the library?
화행	wh-question
주행	search-for-place
개체명	[place : library]

사용자 의도는 화행, 주행, 개체명으로 정의한다(표 2). 화행은 특정 도메인에 상관없이 쓰일 수 있으며 statement, request, wh-question 등이 있다. 주행은 특정 도메인에서만 사용되고 도메인마다 정의가 달라지며 문장에서 사용자가 의도한 행위의 유형을 나타내는 속성이다. “How do I get to the library?”라는 문장에서 화행의 값은 wh-question, 주행의 값은 search-for-place, 개체명의 타입은 place이며 값은 library가 된다.

3. 대화 관리 모듈

본 연구에서는 다양한 발화를 처리할 수 있으며 정확한 정보를 제공 해 주는 랭킹 기반 대화 관리 방법으로 구현하였다[14].

자연어 이해 모듈로부터 추출된 화행과 주행을 묶어서 하나의 의도 정보로 간주할 수 있다. 시스템은 이러한 의도 정보가 인식되었을 때, 그 의도에 대한 후보 응답 의도들을 고려한다. 이 과정에서 시스템은 각 후보 응답 의도들에 점수를 부여하여 발화에 대한 응답 의도로서 가장 적합한 의도를 선택한다. 선택된 의도와 개체명을 바탕으로 시스템은 사용자의 발화에 적합한 응답 표현을 조직한다. 각 후보 응답 의도들에 대한 판단 기준으로써 시스템은 다음의 세 가지 기준을 따진다: 문맥 유사도, 상대적 위치, 개체명 조건. 시스템은 후보 의도들을 각 기준에 따라 평가하여 점수를 부여, 수합하여 가장 알맞은 후보를 선택한다(그림 2).

문맥 유사도는 기존에 있었던 대화 이력들과 현재 진행되고 있는 대화 이력을 비교하여 현재 진행되고 있는 대화가 기존에 있었던 대화 양상과 얼마나 유사한지를 나타내는 척도이다. 그림 3은 위의 개념을 비교를 도식화한 것이다. 현재 대화 이력과 기존 대화 이력 사이의 유사도는 레벤슈타인 유사도(Levenshtein similarity)로써 기술될 수 있다. 레벤슈타인 유사도는 두 배열이 얼마나 가까운지를 수치화한 것으로 한 배열이 다른 배열과 같아지기 위해서 얼마나 많은 조작이 필요한지를 비용의 개념으로 기술한 것이다. 만약 두 배열간의

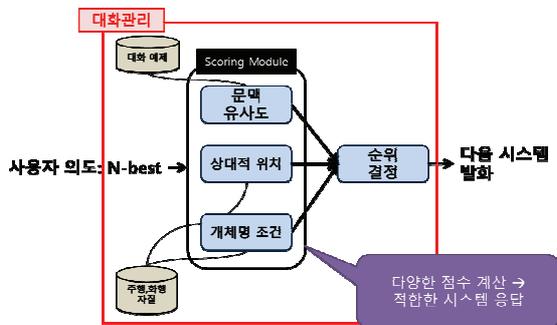


그림 2. 랭킹 기반 대화 관리 방법 구조도.  
Fig. 2. Architecture of Ranking-based dialog management.

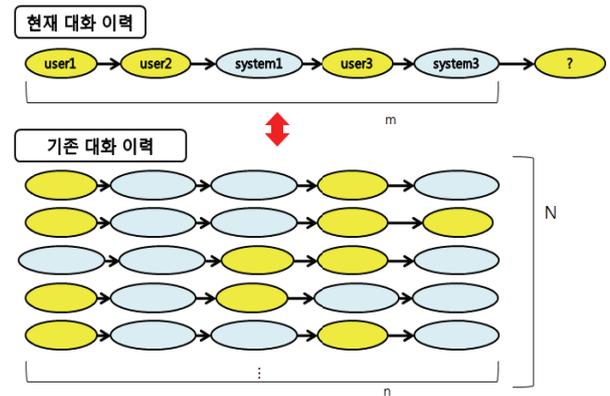


그림 3. 대화 이력 간의 비교 예제.  
Fig. 3. An example of discourse similarity.

유사도가 높다면 이런 조작에 소요되는 비용은 낮을 것이며, 그렇지 않은 경우에는 많은 비용이 소요된다.

상대적 위치는 주어진 대화 이력 안에서 의도 표현이 가능한 위치에 있는지 고려한 지표이다. 이것은 대화가 단계적이라는 것에서 착안한 것으로 대화 이력 내에서 응답 의도 표현간의 선후관계를 지키는 경우에 높은 점수를 부여한다.

개체명 조건은 각 의도 표현에서 등장하는 개체명들을 고려하여 의도 표현을 찾아내는 것이다. 이는 특정 개체명은 특정 의도 표현에서 빈번하게 등장한다는 직관으로부터 도출된 것이다. 현재 대화에서 추출한 개체명을 사용하여 개체명 벡터를 구성할 수 있는데 기존 대화의 슬롯 벡터와 비교함으로써 의도 표현의 유사도를 알 수 있다.

위에서 제기한 세 가지 요소를 바탕으로 랭킹 기반 대화 관리 모듈은 가능한 응답들의 점수를 부여, 순위를 평가한다. 가장 높은 순위의 의도 표현이 선택되며 이를 바탕으로 응답을 제작하여 돌려준다.

IV. 햅틱 시스템

본 연구에서는 햅틱 의자와 힘 햅틱 장비를 영어 교육 시스템에 접목하였다. 햅틱 의자는 시공간적 진동 피드백을 통해 사용자에게 추가적인 정보를 전달하고 흥미와 주목도를 높이는 역할을 한다. 힘 햅틱 장비는 과학적인 주제에 대한 교육을 영어로 진행할 때 물리적 현상을 실제 손으로 느낄 수 있도록 해주는 역할을 한다.

1. 햅틱 의자 및 피드백 설계

제작한 햅틱 의자는 공간적인 피드백을 줄 수 있도록 3x3 배열의 진동 모터가 장착된 등받이와 다양한 감성적인 느낌을 제공할 수 있도록 진동 우퍼가 장착된 방식으로 구성되어 있다(그림 4). 이와 같이 의자와 분리형으로 제작하여 교실에 있는 기존 의자 등 실제 환경에 쉽게 적용할 수 있도록 하였다. 등받이의 진동 모터는 세주전자의 제품으로 핸드폰 형태의 100 g 무게에 부착했을 때 최대 5.5 G의 세기를 낼 수 있다. 이는 매우 강력한 세기로 옷을 입은 상태에서 사람의 등으로 느끼기에도 충분한 수준이다. 각 진동자 사이의 거리는 5 cm 씩 떨어뜨렸으며 이는 등 부위의 공간 식별 능력인 4 cm 보다 넓은 것이다. 9개의 진동 모터는 자체 제작한 앰프를 이용해 구동하였다. 방식에는 20-120 Hz의 주파수 범위를 가지고

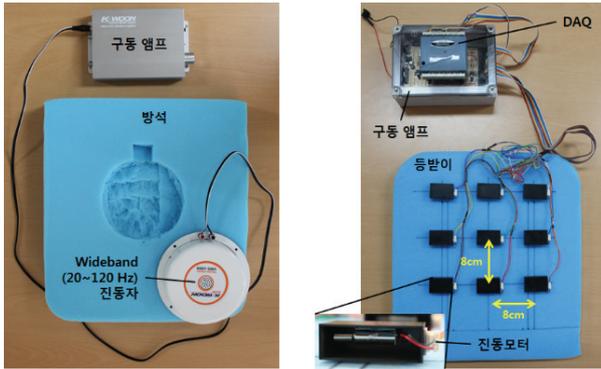


그림 4. 햅틱 등받이(우측)와 방석(좌측).  
 Fig. 4. Back of a chair (right) and a sitting cushion (left) with vibration actuators.

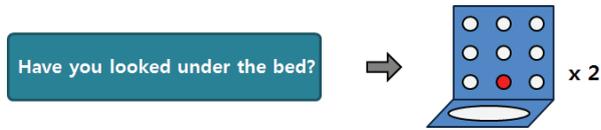


그림 5. 위치 정보 제공 패턴의 예.  
 Fig. 5. Vibrotactile pattern for position information.

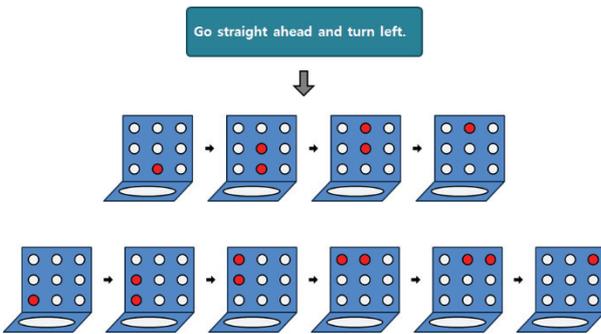


그림 6. 방향 정보 제공 패턴의 예.  
 Fig. 6. Vibrotactile patterns for directional information.

있는 Dot2SR사의 VWS-100N 진동우퍼를 사용하였다. 이 모든 장치는 Measurement Computing 사의 데이터 수집 장치인 USB-1208FS를 통해 컴퓨터와 연결되어 구동된다.

언어학습 시스템의 상황에 따라 제공될 햅틱 피드백은 크게 1) 위치 정보 제공, 2) 방향 정보 제공, 3) 부가 정보 제공 패턴의 세가지로 구분된다.

위치 정보 제공 패턴은 등받이의 3x3 진동 모터를 이용해 특정 이벤트가 발생한 위치를 진동으로 알려주는 기능을 수행한다(그림 5).

방향 정보 제공 패턴은 등받이의 3x3 진동 모터를 순차적으로 구동시켜 진동이 등에서 연속적으로 흘러가는 듯한 느낌을 주며 이를 통해 대화에서 제시된 방향에 대한 정보를 제공한다(그림 6).

마지막으로 부가 정보 제공 패턴은 상황에 맞게 등받이와 방석의 진동 자극을 통해 다양한 느낌을 제공한다. 예를 들어 고주파는 밝은 느낌을 주고, 저주파는 어두운 느낌을 주는데 이를 활용하여 정답과 오답에 관한 피드백을 줄 수 있다. 또한 최근 연구 결과에 따르면 1.2배 정도 차이가는 주파수의

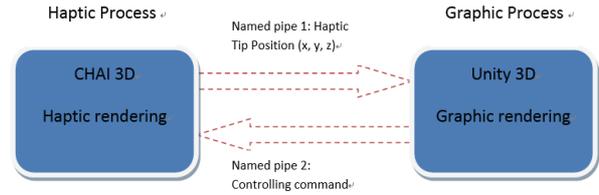


그림 7. 힘 햅틱 장비 시스템의 제어 구성도.  
 Fig. 7. Communication flow of the force-feedback haptic system.



그림 8. 질량 교육 시나리오.  
 Fig. 8. Education system for mass and gravity.

두 진동이 겹치지면 상당히 거칠고 불쾌한 느낌을 주는 것으로 확인되었으므로[15] 이를 학습자의 특별한 주의를 요하는 상황에서 경고를 주는 수단으로 활용하였다.

2. 힘 햅틱 장비를 이용한 과학 교육

힘 햅틱 장비를 이용한 과학 교육 시스템을 구성하기 위해 우리는 Chai3D라는 햅틱 렌더링 라이브러리를 전체 교육 시스템을 구성하는 Unity 3D와 연결하였다. 그림 7과 같이 이들은 서로 다른 프로세스로 동작하며 inter-process communication을 통해 다양한 정보와 제어 명령을 주고 받는다. Pipe 1을 통해서 Chai3D에서 나온 현재 햅틱 장비 끝 지점의 위치가 Unity3D로 전송되며, pipe 2를 통해서 다양한 제어 명령이 Chai3D로 전송된다.

본 연구에서는 질량 교육과 물체 질감 교육이라는 두 가지 주제에 대한 과학 교육 시나리오를 만들어 본 시스템의 가능성을 확인하고자 하였다.

질량 교육 시나리오는 하늘에서 떨어지는 과일을 바꾸기로 받는 간단한 게임으로 이루어져 있다(그림 8). 햅틱 장비를 좌우로 움직이면서 떨어지는 과일을 받는데 과일이 바꾸기에 들어갈 경우 해당 과일의 질량에 비례하는 힘을 중력 방향으로 제시해 준다. 질량 교육 시나리오에서는 실제 질량과 중력에 대한 개념을 직접 손으로 느껴보면서 게임을 진행하는 동안 자연스럽게 영어로 설명해주기 때문에 큰 학습 효과를 기대할 수 있다. 또한 제한된 시간 내에 많은 과일을 받을수록 높은 점수를 얻게 되므로 스스로 기록을 세우면서 재미있게 학습을 진행할 수 있다. 질량은 뉴턴 법칙을 이용해 힘을 렌더링하는 간단한 방법을 사용하여 제시하였다.

물체 질감 교육 시나리오에서는 나무, 돌, 철 등 다양한 재질에 대해 배우게 된다. 햅틱 장치를 이용해 어떤 물체를 만지면 그 물체를 이루고 있는 재질에 대한 상세한 설명을 영어로



그림 9. 물체 질감 교육 시나리오.  
Fig. 9. Education system for texture of material.

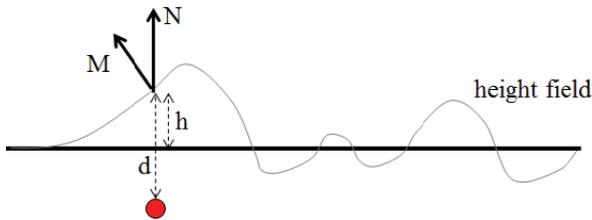


그림 10. 질감 렌더링 방법에 대한 도식.  
Fig. 10. Illustration of texture rendering algorithm.

들을 수 있다. 이 때 햅틱 장치에서는 서로 다른 재질의 질감이 표현되므로 철이나 나무, 돌 등 다양한 재질을 실제로 만지는 듯한 느낌을 받으며 학습을 진행하게 된다(그림 9).

본 연구에서는 Ho의 효율적인 햅틱 질감 재현 방법을 사용하였다[16]. 이 방법은 이미지 기반으로 햅틱 질감을 재현한다. 먼저 회색조 이미지를[17] 방법을 사용해 height field로 변환한다. 그림 10에서 굵은 선이 원래 표면을 나타내고, 얇은 선으로 표시된 곡면이 texture가 입혀진 표면을 나타낸다. 이를 원래 표면에 대한 높이 차이 h로 보면 texture를 height field로 나타낼 수 있다.

Texture를 렌더링 하기 위해 기본적인 penalty-based 방법을 사용하였다. 이는 가상의 접촉점이 물체 표면을 관통한 깊이인 d에 비례하는 힘을 표면의 normal vector 방향으로 렌더링하는 것이다. 일반적인 햅틱 렌더링은 texture가 입혀지기 전 표면의 normal vector인 N 방향으로 힘을 제시해야 하지만 texture를 표현하기 위해서는 texture가 입혀진 표면의 normal vector인 M 방향으로 힘을 렌더링해야 한다. 이를 계산하기 위해 먼저 height field의 gradient를 다음 공식을 이용해 구한다.

$$\vec{\nabla}h = \frac{\partial h}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial h}{\partial y} \hat{j} + \frac{\partial h}{\partial z} \hat{k} \quad (1)$$

여기서 h에 대한 편미분은 central difference를 이용하여 아래와 같이 계산한다 (y, z에 대해서도 유사하게 계산).

$$\frac{\partial h}{\partial x} = \frac{(h_{x+\varepsilon} - h_{x-\varepsilon})}{2\varepsilon} \quad (2)$$

마지막으로 M은 다음 공식으로 계산할 수 있다.

$$\vec{M} = \vec{N} - \vec{\nabla}h + (\vec{\nabla}h \cdot \vec{N})\vec{N} \quad (3)$$

Texture를 입힌 표면은 원래 표면에 비해 훨씬 더 울퉁불퉁하므로 가상의 접촉점이 조금만 움직여도 normal vector M이 매우 크게 변하여 불안정한 떨림이 렌더링 되는 문제가 발생할 수 있다. 이런 문제를 완화하기 위해 식 (4)와 같이 표면 관통 깊이 d가 크면 N과 M을 동시에 고려하여 급격한 방향 변화를 막아주는 방법을 사용한다. d가 작은 경우에는 식 (5)와 같이 일반적인 방법을 사용하여 렌더링 한다.

$$\vec{F} = (d - kh)\vec{N} + kh\vec{M} \quad \text{if } d \geq kh \quad (4)$$

$$\vec{F} = d\vec{M} \quad \text{if } d < kh \quad (5)$$

여기서 k는 금속 질감과 같이 매우 부드러운 질감의 경우 2에 가깝게 주고 돌과 같이 거친 질감의 경우 1보다 작게 지정해 주어야 한다.

### V. 사용자 실험

제작한 햅틱 의자 시스템이 실제로 효과적인지 확인하기 위해 초등학생 9명을 대상으로 실험을 실시하였다. 햅틱 의자가 적용된 POMY 시스템 3개와 햅틱 의자가 없는 일반 POMY 시스템 6개가 실험에 사용되었다. 각 피실험자는 1시간 동안 POMY를 통해 영어 학습을 받았으며 20분 동안은 햅틱 의자와 함께 학습을 하고 40분 동안은 햅틱 의자가 없이 학습을 하였다. 학습이 끝난 후 설문 조사를 통해 햅틱 의자에 대한 선호도를 조사하였다. 설문은 14 cm 길이의 직선 위 아무곳이나 표시하여 원하는 정도를 응답하도록 했다. 직선의 중간은 중립, 왼쪽 끝은 매우 부정적, 오른쪽 끝은 매우 긍정적인 의미를 가지는 것으로 하였다.

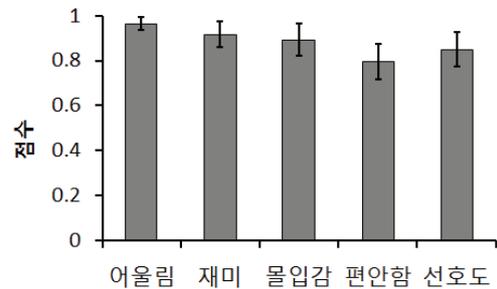


그림 11. 초등학생 실험 결과 (오차막대: 표준오차).  
Fig. 11. Results of the user experiment (error bars: standard errors).



그림 12. HCI Korea 2014에서 본 시스템을 시연중인 모습.  
Fig. 12. Demonstration of POMY at HCI Korea 2014.

실험 결과 그림 11과 같이 전 항목에 걸쳐 거의 만점에 가까운 매우 긍정적인 응답을 얻을 수 있었다.

햅틱 장비를 이용한 과학 교육 시나리오의 경우 설문은 받지 않았으나 2014년 2월에 개최된 HCI Korea 학술대회에서 어린이를 위한 기술 전시회인 HCI Kids에 3일간 전시하였다. 많은 어린이들과 학술대회 참가자들이 본 시스템을 체험하였고 특히 어린이들이 매우 흥미롭게 학습에 집중하는 긍정적인 결과를 확인할 수 있었다(그림 12).

## VI. 결론

본 논문에서는 자연어 처리 기반 대화 시스템 기술과 진동 및 힘 햅틱 렌더링 기술을 적용한 몰입형 컴퓨터 보조 영어 학습 시스템을 제안하였다. 본 시스템은 다양한 분야의 최신 연구 결과가 성공적으로 융합되어 완성된 것으로 그 의미가 크다. 실제 초등학생 대상 실험과 시연을 통해서 본 시스템의 높은 가능성을 확인할 수 있었다.

## REFERENCES

- [1] W. L. Johnson, N. Wang, and S. Wu, "Experience with serious games for learning foreign languages and cultures," *Proc. of the SimTecT*, Jun. 2007.
- [2] H. Morton and M. A. Jack, "Scenario-based spoken interaction with virtual agents," *Computer Assisted Language Learning*, vol. 18, no. 3, pp. 171-191, 2005.
- [3] P. Wik and A. Hjalmarsson, "Embodied conversational agents in computer assisted language learning," *Speech Communication*, vol. 51, no. 10, pp. 1024-1037, 2009.
- [4] M. Karam, F. A. Russo, and D. I. Fels, "Designing the model human cochlea: An ambient crossmodal audio-tactile display," *IEEE Transactions on Haptics*, vol. 2, no. 3, pp. 160-169, 2009.
- [5] Y. Zheng and J. B. Morrell, "A vibrotactile feedback approach to posture guidance," *Proc. of IEEE Haptics Symposium*, pp. 351-358, 2010.
- [6] M. Kim, S. Lee, and S. Choi, "Saliency-driven tactile effect authoring for real-time visuotactile feedback," *Lecture Notes on Computer Science*, vol. LNCS 7282 (Eurohaptics 2012, Part I), pp. 258-269, 2012.
- [7] F. P. Brooks, M. Ouh-Young, J. J. Battert, and P. J. Kilpatrick, "Project GROPE-HapticDisplays for scientific visualization," *Proc. of the annual conference on Computer graphics and interactive techniques (SIGGRAPH)*, pp. 177-185, 1990.
- [8] M. Sato, X. Liu, J. Murayama, K. Akahane, and M. Isshiki, "A haptic virtual environment for molecular chemistry education," *Lecture Notes on Computer Science*, vol. LNCS 5080 (Transactions on Edutainment I), pp. 28-39, 2008.
- [9] D. I. Grow, L. N. Verner, and A. M. Okamura, "Educational haptics," *Proc. of the AAAI Spring Symposium: Semantic Scientific Knowledge Integration*, pp. 53-58, 2007.
- [10] D. H. Ahn and M. Chung, "One-pass semi-dynamic network decoding using a subnetwork caching model for large vocabulary continuous speech recognition," *IEICE Transactions on Information and Systems*, vol. 87, pp. 1164-1174, 2004.
- [11] A. Raux and M. Eskenazi, "Using task-oriented spoken dialog systems for language learning: potential, practical applications and challenges," *Proc. of INSTIL*, 2004.
- [12] H. Morton and M. A. Jack, "Scenario-based spoken interaction with virtual agents," *Computer Assisted Language Learning*, vol. 18, no. 3 pp. 171-191. 2005.
- [13] S. Lee, C. Lee, J. Lee, H. Noh, and G. G. Lee, "Intention-based corrective feedback generation using context-aware model," *Proc. of International Conference on Computer Supported Education*, 2010.
- [14] H. Noh, S. Ryu, D. Lee, K. Lee, C. Lee, and G. G. Lee, "An example-based approach to ranking multiple dialog states for flexible dialog management," *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, vol. 6, no. 8, pp. 943-958, 2012.
- [15] Y. Yoo, I. Hwang, and S. Choi, "Consonance of vibrotactile chords," *IEEE Transactions on Haptics*, (Early access), 2014.
- [16] C. H. Ho, C. Basdogan, and M. A. Srinivasan, "Efficient point-based rendering techniques for haptic display of virtual objects," *Presence*, vol. 8, pp. 447-491, 1999.
- [17] C. Basdogan, C. Ho, and M. A. Srinivasan, "A ray-based haptic rendering technique for display shape and texture of 3D objects in virtual environments," *ASME Winter Annual Meeting*, vol. 61, pp. 77-84, 1997.



### 이재봉

2008년 포항공과대학교 수학과 졸업. 2010년 포항공과대학교 컴퓨터공학과 석사 졸업. 2012년~현재 포항공과대학교 컴퓨터공학과 박사과정 재학 중. 관심 분야는 햅틱스, HCI, 컴퓨터 비전.



### 이규송

2010년 숭실대학교 컴퓨터학부 졸업. 2010년~현재 포항공과대학교 대학원 컴퓨터공학과 석박사 통합과정 재학 중. 관심분야는 자연어 처리, 컴퓨터 기반 영어 교육, 대화 시스템, 문법 오류 교정, 질의 응답 시스템.



### Hoang Minh Phuong

2011년 Hanoi 공과대학교 전자통신공학과 졸업. 2013년~현재 포항공과대학교 컴퓨터공학과 석사과정 재학 중. 관심 분야는 햅틱스 및 HCI.



### 이호진

2010년 포항공과대학교 컴퓨터공학과 졸업. 2010년~현재 포항공과대학교 컴퓨터공학과 석박사 통합과정 재학 중. 관심분야는 햅틱스, 운동 감각 기능 학습.



### 이근배

1984년 서울대학교 컴퓨터공학 졸업.  
1986년 서울대학교 컴퓨터공학 석사 졸업.  
1991년 UCLA 전산학 박사 학위 취득.  
1991년~현재 포항공과대학교 컴퓨터공학과 교수. 관심분야는 자연어 처리, 음성 인식, 음성 합성, 기계 번역.



### 최승문

1995년 서울대학교 제어계측공학과 졸업.  
1997년 서울대학교 제어계측공학과 석사 졸업.  
2003년 Purdue 대학교의 전자 및 컴퓨터 공학 박사 취득.  
2005년~현재 포항공과대학교 컴퓨터공학과 교수. 관심분야는 햅틱스, 촉감 인지, 로보틱스, HCI.