

아바타를 내장한 한글 지문자 학습 게임 개발에 관한 연구

오영준[○], 정기철*
 송실대학교 미디어학과^{○*}
 {yjooh[○], kcjung*}@ssu.ac.kr

A Study on the Development of a Korean Manual Alphabet Learning Game with Avatar

Young-Joon Oh[○], Keechul Jung*
 Department of Digital Media, Soongsil University

요 약

본 논문은 아바타를 내장한 한글 지문자 학습 게임 개발에 관한 논문으로써, 초보자가 수화 아바타에게서 지문자를 쉽게 배우고 쉽게 연습할 수 있도록 한글 지문자 인식 게임 프로그램 개발을 제안한다. 지문자는 단어를 철자로 표현하는 한국수화의 어휘에 대응한다. 지문자 자모가 한글 자모에 일치하고 사용자에게 의하여 한글이 손 모양으로 표현되었다. 시스템은 OpenGL에 기반한 수화아바타강사 GUI 팝업윈도우와 지문자 인식모듈, 여러 한글 자음 글자가 아래로 이동하는 게임 모듈, USB 카메라로 구성된다. 지문자는 한글 자모를 표현하는 것으로써, 사용자는 아바타로부터 지문자를 배우고 USB 카메라를 이용하여 시스템에 지문자를 간단하게 입력한다. 우리는 사용자들의 검증을 통하여 개발된 시스템의 성능을 평가하였다.

ABSTRACT

In this paper, we described the development of a Korean Manual Alphabet (KMA) learning game with avatar. KMA letters correspond to the vocabulary of Korean Sign Language (KSL) when spelling a word. Each KMA letter corresponds to a letter of the Korean Alphabet (KA) and KA is represented as hand shapes by sign language user. We developed a KMA learning game for a beginner to learn KMA letters from sign language avatar and practice KMA presentation easily. The system composed of sign language teacher avatar GUI popup window based on OpenGL, KMA letter recognition module, KA letter raining game module and USB camera. A user learns a KMA letter with expressing KA syllabic from avatar and inputs a KMA letter to the system using USB camera. We evaluated the efficiency of the developed system through the verification of users.

Keyword : Manual Alphabet, Sign Language, Korean Alphabet, Hand Recognition

접수일자 : 2009년 07월 24일

심사완료 : 2009년 08월 14일

※ 이 논문은 2006년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원(KRF-2006-331-D00523)과, 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업(IIITA-2008-(C1090-0803-0006))의 연구결과로 수행되었음.

1. 서 론

인간은 일상생활을 지속적으로 유지하기 위해 의사소통과 행위를 필수적으로 수행하고 있고, 의사소통 방법 중에 음성언어와 문자언어, 비언어를 통하여 전달하는 경우가 있다[1]. 비언어적 커뮤니케이션(Nonverbal Communication)은 손 제스처와 수화, 신체운동, 얼굴 표정, 감정 이입까지 통틀어 표현하는 방식을 말한다[2]. 그런데 청각장애인은 소리를 거의 듣지 못하여서 음성언어를 대신할 수 있는 수화를 주로 쓰고 있으며 이러한 수화는 국어를 손 제스처로 바꾸었을 뿐만 아니라 국어와 상반되고 독립된 구조를 가진 커뮤니케이션 수단이다[3].

청각장애인의 입장에서 보면 수화를 쉽게 전달할 수 있고, 태어난 후에 음성언어보다 수화를 먼저 배웠기 때문에 수화를 모국어로 삼고 있다[4]. 수화는 수화단어와 지문자를 언어적으로 구성하고, 지문자는 한글지문자와 숫자 지문자로 세부적으로 구성한다. 또한 한글 지문자는 한글 글자 자모 모양과 비슷한 기호로 나타내고 수화로 통용되지 않는 단어나 고유명사를 한글 지문자 음절 구성으로 표시한다[3]. 일반인이 수화를 배우지 못하여서 청각장애인이 표현한 의사소통 내용을 알 수 없다. 그러나 청각장애인과 대화를 할 수 있기 위하여 수화단어를 모르는 경우에 지문자를 배워야 한다. 일반인들은 지문자를 배우고 사용하기 어렵다. 왜냐하면, 수화는 외국어처럼 다른 언어와 분리된 언어 체계를 가지고 있기 때문에 일반인들에게 반복 학습을 요구하지만 반복된 연습으로 인하여 지루함을 느껴 싫증이 날 수 있다[5].

우리는 수화를 처음 접한 일반인이 수화교실을 대신하여 집에서 개인용 컴퓨터를 통하여 지문자를 배우면서 지겨움을 느끼지 않고 흥미롭게 오락할 수 있는 지문자 학습과 게임의 융합을 착안하였다. 이용자가 아바타로부터 지문자를 배우고 연습할 수 있도록 우리는 사용자의 문제 해결 능력 향상 및 게임 점수획득을 개발의 목표로 하여 한글 지문자 인식 게임 프로그램 개발을 제안한다.

이와 관련된 기존 연구로는 다음과 같은 국내 수화 인식 시스템 개발 사례가 있다. Kim 등은 데이터 장갑을 사용한 한국 수화 인식 시스템으로부터 17개 단어에 대한 85%의 인식률을 얻었다[6]. Lee 등은 FMMNN (Fuzzy Min-Max Neural Network; 퍼지 최소-최대 신경망) 분류를 이용한 한국수화인식시스템으로부터 96.7%의 지문자 인식률과 95%의 단어 인식률을 얻었다[7]. Kim 등은 HMM (Hidden Markov Model; 은닉 마르코프 모델)을 이용한 비전기반 수화인식시스템으로부터 95.3%의 손 운동 인식률과 95.8%의 손 모양 인식률을 얻었다[8]. Oh 등은 템플릿 매칭을 이용하여 10초 동안 손 움직임이 정지할 경우 한글 지문자에 대한 98.8%의 평균 정적 인식률을 얻었다[9]. 기존 연구자들은 수화를 표현한 청각장애인의 의사소통 지원을 목표로 연구를 하였지만, 그 중에 수화를 모르는 일반인을 위한 수화학습개발도 연구되었다. Min 등은 일반인의 지문자 학습을 돕기 위하여 블루투스 통신장치를 내장한 무선 데이터 글러브를 이용하여 한글지문자 인식시스템을 개발하였고 80.27%의 인식률을 얻었다[10].

제안된 수화학습용 게임 시스템은 수화 아바타강사 GUI와 지문자 인식모듈과 화면상에 글자가 내리는 게임 모듈을 내장한 프로그램, USB(Universal Serial Bus; 범용 직렬 버스) 카메라로 구성되었다. 사용자는 아바타로부터 지문자를 배우고 데이터 글러브 대신에 USB 카메라를 이용한 영상 인식 시스템을 이용하여 지문자를 간단하게 입력하고 지문자 적중을 통하여 지문자에 일치하는 글자를 깨뜨리는 게임을 즐겁게 하면서 지문자를 계속 배울 수 있다.

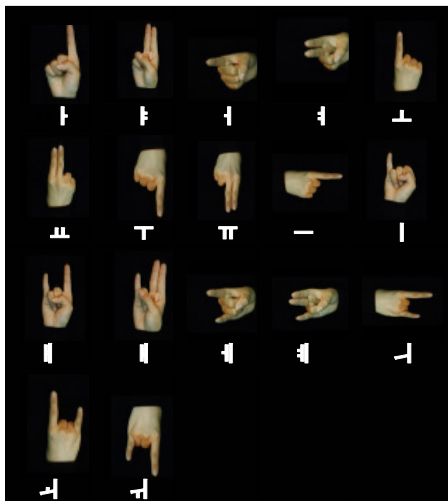
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 지문자와 손 인식을 활용한 게임의 선행 연구를 설명하고, 3장에서는 지문자 인식 게임 시스템의 구성과 순서도, 아바타를 설명하고, 4장에서는 지문자 인식 과정을 설명하고, 5장에서는 프로그램 실행과 사용자 평가를 설명하고, 6장에서는 제안한 내용을 요약하고 추후 연구와 결론을 설명한다.

2. 선행 연구 조사

2.1 한글 지문자에 관한 연구 조사



[그림 1] 한글지문자 - 자음[11]



[그림 2] 한글지문자 - 모음[11]

한글은 여러 나라 언어 중에 가장 많은 음성을 표현할 수 있는 언어체계이고[12], 자음 14자와 모음 10자를 기본으로 구성되었으며, 한글 지문자는 한글 자모의 모양을 기본적으로 표현하여 [그림 1]과 같은 한글 자음 14자와, [그림 2]와 같은 한글 모음 10자, ‘ㄴ’, ‘ㄹ’, ‘ㄱ’로 총 27자로 구성되어

있다[13]. 청각장애인들이 고유명사처럼 수화기호를 표현할 수 없는 단어에 관한 정보를 전달하기 위하여 한글의 자모 구성처럼 자음 지문자와 모음 지문자를 하나의 한글 지문자 음절로 표현하였다. 예를 들면, 사용자는 상대방에게 ‘순이’이라는 고유명사를 전달하기 위하여 ‘ㅅ’과 ‘ㅌ’, ‘ㄴ’, ‘ㅇ’, ‘ㅣ’라는 지문자를 순차대로 표현한다.

2.2 손 인식 게임 프로그램 개발 사례 조사

2.2.1 개요

최근에 국내외 연구자들은 손동작을 이용한 게임에 관한 연구를 진행하지만, 키보드나 마우스, 조이스틱을 대신할 수 있는 손 제스처를 이용하여 화면 객체의 이동이나 움직임 명령을 할 수 있도록 비전인식이나 데이터글로브를 이용한 인터페이스를 주로 연구하고 있다. 최창석 등은 [표 1]과 같이 두 가지 인식 방법의 특징을 설명한다[14].

[표 1] 손 인식 방법의 특징[14]

인식 방식	특 징
비전인식	- 2차원 위치 정보 획득 - 동작 정지 시 손 모양을 인식 - 모양과 윤곽선을 추출
데이터 글로브	- 3차원 위치 정보 획득 - 동작 운동 시에 손 모양을 인식 - 인식이 가능한 수화단어가 적음

우리는 다음과 같이 국내외의 지문자 인식 게임 관련 개발 사례를 설명한다. 그러나 그 사례에 따르면, 아직 수화 초보자의 학습을 위한 게임 및 사용법을 고려하지 않고 손 모양 분류에 관련한 연구가 아직 충분하지 않았다.

2.2.2 손 제스처 인식 시스템 연구 사례

H. Brashear 등은 청각장애 어린이의 학습을 위한 미국수화인식 게임 CopyCat를 개발하였고, 사용자 독립 모델에 기반한 80.27%의 수화 단어 인식률과 50.64%의 수화문장 인식률을 얻지만 나

이별에 따라 인식결과 차이가 좀 있었다[15]. H. Park 등은 영상처리과정에 빛의 방향과 옷 종류 등 민감한 배경 제약을 받지 않고 HMM 모델을 이용한 비전기반 게임 인터페이스 응용을 구현하고 93.5%의 인식을 결과를 보였다[16]. 김상호 등은 실시간 카메라를 사용하여 손 제스처를 인식하는 테트리스 게임 인터페이스를 제안하였하였고, 그들은 96.83%의 제스처 인식률과 96.83%의 가중치를 부여한 불변 모멘트시 분류 인식률과 82.0%의 가중치를 부여하지 않은 불변 모멘트시 인식률을 보였다[17]. 김장운 등은 그림 맞추기 응용 프로그램에 손 모양 인식이나 손가락 끝 인식을 통하여 제어를 명령할 수 있기 위하여 방향성 히스토그램 정보 방법을 제안하였다. 그들은 손 모양 인식 성공률 90.5%와 손가락 끝 인식 성공률 92.5%를 실험하였다[18].

3. 게임 시스템 구성

3.1 수화 아바타의 특성

Lessig 등은 아바타를 “3차원이나 가상현실에 컴퓨터 사용자가 자기 자신을 나타내는 캐릭터”라 정의하였다[19]. Pelachaud의 말에 따르면, 아바타는 가상공간에 ECA(Embodied Conversational Agent; 내장형 대화 객체) 이라는 가상객체로서 사용자에게 요구되는 친밀한 상호작용을 수행하고 인간과 거의 유사한 행동을 표현하기 위하여 몸짓 언어와 손짓, 얼굴 요소 변화, 감정 등 비언어기호를 생성할 수 있다[20]. 다음 3.3절에서 설명한 내용과 같이 수화강사 아바타는 ECA의 특징에 따라 인간의 외모와 거의 비슷하고 수화 교실 강사를 대신하여 수화를 배우는 일반인에게 가르칠 수 있다. [그림 5]의 ①과 같은 아바타가 ②와 같은 인간의 ‘ㅎ’이라는 지문자 표현을 모방하는 예시가 있다. 김종성 등은 데이터 글러브를 이용하여 가상현실 공간에서 아바타의 이동과 신체 동작, 물체 손잡는 명령을 제어하는 시스템을 개발하였고, 그

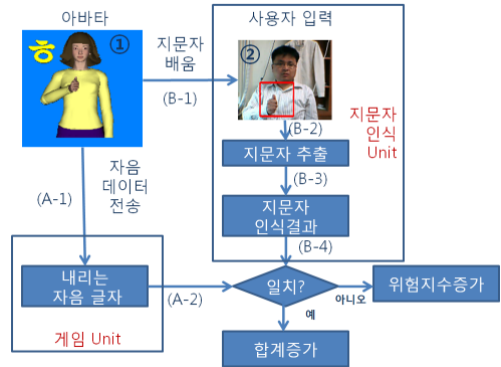
시스템이 손 제스처 명령 인식 후에 손 모양과 손 제스처 운동을 각각 분류하고 운동학의 계산을 통하여 인간과 유사한 아바타의 동작을 구현하는 사례가 있었다[21]. 그 차이점을 말하면, 사용자가 데이터글로브를 대신한 비전 인식을 이용하여 아바타 동작을 명령할 수 있고, 아바타가 손 모양을 다양한 한글 지문자로 형성할 수 있다. 그뿐만 아니라 사용자의 지문자에 대한 손 모양과 손 위치를 유도하고 손과 팔, 어깨의 자세를 교정할 수 있도록 돕는다.

아바타가 지문자 표현을 바꾸기 위하여 시스템이 아바타의 어깨 관절 3자유도와 팔꿈치 관절 1자유도, 손목 관절 3자유도, 다섯 손가락 관절 4-5개 자유도를 내장한 수화 사전 데이터를 업데이트해야 한다. 여기에서의 3-DOF(자유도;Degree of Freedom)를 설명하면 관절에 상하(Pitch)와 전후(Yaw), 좌우(Roll)이라는 회전방식이 있다[22]. 아바타는 인간처럼 수화와 지문자, 손 제스처, 일상 생활에 쓰는 손 움직임 등 다양한 손 모양을 표현하기 위하여 전체 손가락 관절 19개 자유도 입력을 통하여 엄지와 검지, 중지, 약지, 엄지의 구부러짐을 저절로 제어한다[23].

3.2 게임 시스템 구성

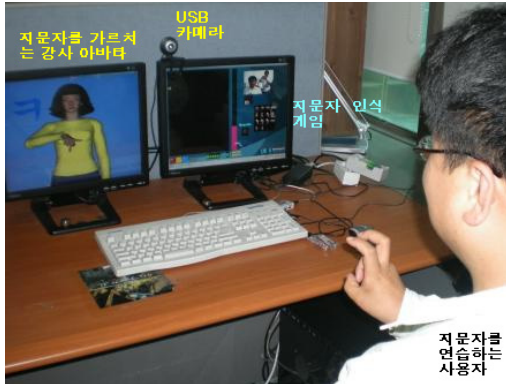
[그림 3]과 같이 우리는 전체적인 시스템에 관하여 아바타 GUI 팝업창 윈도우와 여러 글자가 테트리스처럼 내리는 지문자 인식게임 프로그램, USB 카메라로 구성하는 것을 개념적으로 묘사한다. 그리고 우리는 [그림 4]와 같은 지문자 인식게임 프로그램을 세부적으로 설명한다. [그림 4]에서, (1)은 난수생성 알고리즘에 의하여 임의대로 만든 자음 글자가 비처럼 내리듯이 위쪽으로부터 아래 방향으로 테트리스 게임처럼 이동하는 게임 모듈을 묘사하고 (2)는 (1)과 같은 게임 모듈에 깨진 글자에 관한 합계 점수를 표시한다. (3)은 (1)안에 글자가 아래 방향으로 내리다가 스스로 깨지지 못하고 (1) 게임 모듈의 아래 윤곽선 끝에 도달하면 증가한 위험 정도를 빨간색 수위로 표시한다. (4)는

OpenCV (OPEN source Computer Vision; 오픈 소스 컴퓨터비전)의 처리에 의하여 획득한 사용자 캡처 이미지를 표시한다. (5)는 (4)의 손 움직임을 추적하는 지문자 분할 이미지를 표시하고, (6)은 지문자인식결과가 된 한글자음 글자를 표시한다. (7)은 한글 지문자 자음들을 모두 배열한 템플릿 이미지를 표시하고 그 템플릿 이미지에 대한 인식된 지문자 매칭을 수행하고 지문자 인식결과 (6)에 글자 데이터를 보낸다. 우리는 당초에 내리는 글자의 범위에 한글 자음과 모음을 넣으려고 하였지만 (7)의 공간 한계로 인하여 자음만 선택하였다.

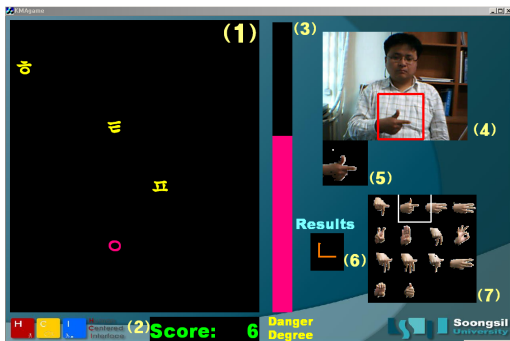


[그림 5] 게임 프로그램 순서도

터블 게임 모듈에 보낸다(A-1). 사용자는 아바타로부터 지문자 ‘ㅎ’의 예와 같은 지문자를 표현하는 방법을 배우고(B-1) 시스템에 지문자를 통하여 입력하고(B-2) 시스템은 입력화면으로부터 지문자 영역을 분할하고(B-3) 지문자 인식결과를 구현한다(B-4). 게임모듈에 내리는 자음 글자(A-2)와 지문자 인식결과가 된 자음 글자를 비교한다. 일치하면 점수합계가 증가한다. 그렇지 않으면 위험지수가 증가한다.



[그림 3] 시스템 환경 및 개념



[그림 4] 지문자 인식 및 문자 깨지기 게임

3.3 게임 프로그램 순서

[그림 5]에서 아바타는 사용자에게 지문자를 가르치면서(B-1) 지문자에 대응하는 자음 글자 데이

4. 지문자 인식 과정

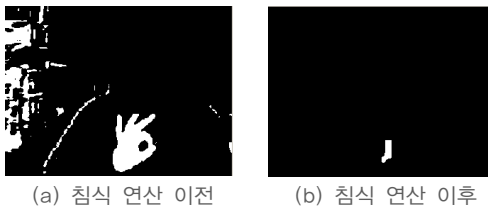
4.1 피부색 추출

본 논문에서는 획득한 영상으로부터 지문자를 검출하기 위하여 얼굴 검출 및 잔상 제거와 YCbCr 칼라공간 변환, 피부색 추출의 3단계 영상처리를 이용하였다.

4.1.1 얼굴 검출 및 잔상 제거

손 피부색이 얼굴 피부색과 같기 때문에 시스템은 얼굴을 손 영역으로 잘못 인식할 가능성이 있다. 시스템은 획득한 영상에의 얼굴 피부색을 한꺼번에 검은 색으로 칠하기 위하여 Haar-like feature와 Cascade에 관한 기계 학습 알고리즘을 이용하여 얼굴 영역과 움직임을 빠른 속도로 검출한다

[24-25]. 시스템이 얼굴과 피부색 추출 이후에 [그림 6(a)]와 같은 피인식자의 배경과 상의에 나타난 잔상 현상과 임펄스 잡음을 제거하고 작아진 손 영역을 하얀 점으로 추출하였다. 시스템이 히스토그램 처리를 이용하여 [그림6 (b)]와 같이 지문자 영역의 중심 위치를 검출하기 위하여 하얀 점에 관련하여 cvErode와 같은 침식 연산을 반복하게 사용하였다. 지문자 영역 위치를 찾으면 4.1.3절의 설명과 같이 손의 피부색 추출 처리 수행을 통하여 지문자 분할 이미지를 만들었다.



[그림 6] 침식 연산 수행 결과 전후

4.1.2 YCbCr 칼라공간 변환

본 논문에서 4.1.1절의 설명과 같은 얼굴 영역을 검게 칠하는 이미지에서 피부색을 쉽게 구분하기 위하여 YCbCr 칼라공간 변환을 사용하였다. YCbCr 칼라 공간 변환은 기존 RGB 칼라공간과 달라 조명 환경의 변화에 잘 대응하는 장점이 있고 휘도(Y)와 색차 신호(Cb,Cr) 정보를 내장한 칼라 공간으로 의미를 정의한다[26]. YCbCr는 JPG압축방법에 관련하여 아날로그 영상정보를 디지털 형태로 전송하는 과정에 신호 데이터 손실을 막기 위한 장점이 있고, 색차 신호처리를 통하여 사람 눈에 대한 밝기 민감도를 줄이는 장점도 있다[27].

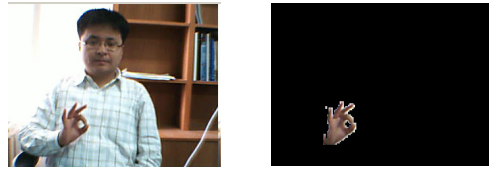
우리는 이미지를 RGB신호에서 YCbCr로 전환하기 위하여 아래 공식을 사용한다. R은 Red계 색차값, G는 Green계 색차값, B는 Blue계 색차값, Y는 한 픽셀의 RGB 휘도값을 의미한다[28].

$$Y = 0.229 \times R + 0.587 \times G + 0.114 \times B$$

$$Cb = (B - Y) \times 0.564 + 128$$

$$Cr = (R - Y) \times 0.713 + 128$$

4.1.3 피부색 추출



(a) 캡처된 영상 (b) 지문자 추출

[그림 7] 피부색 추출의 예

```

Cb_high = 127; // Cb의 색차 범위 : 77~127
Cb_low = 77;
Cr_high = 173; //Cr의 색차 범위 : 135~173
Cr_low = 133;
pixel.g = YCbCr 이미지 픽셀의 green 색
pixel.r = YCbCr 이미지 픽셀의 red 색
pixel.b = YCbCr 이미지 픽셀의 blue 색
new_pixel = 손 피부색 영역을 추출한 이미지픽셀
if(pixel.b >= Cb_low && Cb_high >= pixel.b
&& pixel.r >= Cr_low && Cr_high >=
pixel.r)
{ new_pixel=RGB color (255,255,255); // 하
얀색 처리
} else {
new_pixel=RGB color (0,0,0); // 검은색 처리
}
    
```

[그림 8] 피부 영역을 추출하는 알고리즘

본 논문에서 RGB를 YCbCr로 색차 공간을 변환한 이미지에서 피부색을 추출하기 위하여 [그림 8]과 같은 알고리즘을 사용하였다.

우리는 실제 통계에 의해서 산출된 수치 기준에 따라 동양인 피부를 쉽게 검출하기 위하여 피부색의 Blue계 색차범위를 최소값 77과 최대값 127로 정하였고 Red계 색차 범위를 최소값 133과 최대값 173으로 정하였다. 그 히스토그램 알고리즘은 YCbCr의 Cb과 Cr의 색차 범위와 그 색상의 팽창 및 축소에 따라 근사한 피부색을 검출하고, 피부색 영역을 하얀색으로, 피부색이 아닌 색의 영역을 검은색으로 처리하였다. 손만 추출하기 위하여 이미

4.1.1절이 설명한 얼굴 피부색을 검게 칠하였고 손 영역을 하얀색으로 처리하였고 손을 하얀색으로 처리한 이미지와 [그림 7]의 (a)와 같은 캡처 이미지를 합치는 AND 마스크연산을 사용하였다. [그림 7]의 (b)는 침식연산 처리를 통하여 캡처 이미지의 손 사각 윤곽선 영역으로부터 피부색이 있는 손 영역만 깔끔하게 추출한다. 손 영역 추출을 마치고 나서 남아 있는 배경 영역의 잔상을 제거하고 지문자의 움직임 추적을 시도하는 결과를 보였다.

4.2 문자에 대응하는 자음 생성

4.2.1 지문자 분할 이미지

[그림 7]의 (b)와 같은 이미지에 나타난 지문자의 움직임을 추적하기 위하여 cvFindContours()함수를 이용하여 지문자를 검출하고 지문자의 외곽선을 사각형으로 추출하고 그 이미지로부터 작은 지문자 영역을 분할하고 [그림 4]의 (5)와 같은 지문자 분할 이미지를 만든다.

4.2.2 지문자에 대응하는 자음 생성

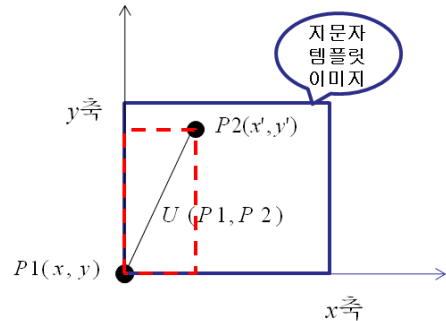
지문자 분할 이미지는 [그림 4]의 (7)과 같은 지문자 템플릿 이미지에 매칭하기 위하여 FDF(Frequency Domain Filtering; 주파수 영역 필터링)를 처리하고 Pearson이 제안한 상관계수(Correlation Coefficient) 함수를 해석하여 최대값과 최소값을 얻었다[29]. 시스템이 최대값을 이용하여 그 템플릿 이미지에서 유사한 지문자를 찾아내고[30] [그림 9]와 같이 유클리디안 거리(Euclidean Distance)를 측정하였다. 그리고 [그림 10]과 같이 지문자 대응 테이블을 활용하여 [그림 9]의 위치와 비슷한 한글 자음을 찾아내고 [그림 4]의 (6)과 같은 인식결과에 나타난다[30-31]. 그러나 [그림 11]의 예시와 같이 ‘ㅈ’라는 지문자 분할 이미지가 템플릿 이미지에 매칭할 때 주파수 영역필터링(FDF)을 처리한 이미지에 표시한 ‘ㅈ’ 지문자의 하얀 점(Spot) ①이 ‘ㅊ’ 지문자의 하얀 점 ②와 ‘ㅋ’ 지문자의 하얀 점 ③에 너무 비슷하기 때문에 잘못 인식될 가능성이 있다.

$$U(P1,P2) = \sqrt{(x-x')^2 + (y-y')^2}$$

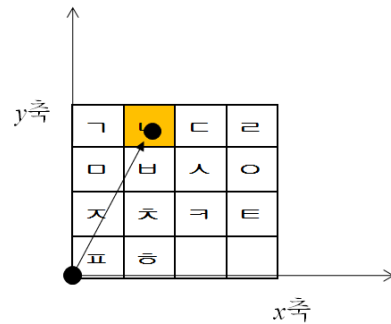
$P1(x,y)$: $P1$ 픽셀 (0,0) 위치

$P2(x',y')$: $P2$ 검출되는 픽셀의 위치

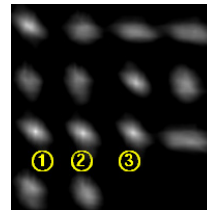
$U(P1,P2)$: $P1(x,y), P2(x',y')$ 사이의 거리



[그림 9] 유클리디안 거리 위치



[그림 10] 지문자 대응 테이블



[그림 11] FDF 처리 이미지







4.2.3 지문자 인식 오류 처리

우리는 다음과 같이 지문자 인식오류 해결을 제시하였다. 시스템이 ‘ㅈ’ 지문자가 ‘ㅊ’로 잘못 인식하는 것에 대응하여 캡처한 카메라 이미지로부터

지문자 영역을 [그림 4]의 (5)와 같은 지문자 이미지로 자르고 피부색 추출을 통하여 그 이미지에 있는 피부색 부분을 하얗게 칠하는 실루엣 이미지로 변환하여 [표 2]의 둘째 행과 같이 손의 둘레를 녹색 사각형 윤곽선으로 그었다.

시스템이 사각형 윤곽선의 왼쪽으로부터 오른쪽까지 붉은 가로 선처럼 펴는 손가락인지 굵은 손가락인지 검사하기 위하여 지문자 이미지로부터 픽셀 값을 얻은 방법이 있다. 그 방법에 ImageData라는 픽셀 인덱스배열 이용 방법과 cvGet 함수 이용 방법이 있다. 시스템이 ImageData 방법을 이용하여 픽셀의 인덱스를 계산하고 얻은 RGB(255,255,255)을 하얀색으로 읽었고 ImageData 인덱스획득시기에 하얀색 픽셀 영역을 펴는 손가락으로 간주하고 [표 2]의 둘째 행과 같은 붉은 가로 선을 기준하여 검지부터 약지까지 펴는 손가락 개수를 계산하고 우리는 그 지문자인식오류를 줄이는 방법을 보았다. 예컨대, [표 2]의 셋째 및 넷째 행과 같이 펴는 손가락 개수는 2개이라면, ‘ㄸ’를 ‘ㅈ’로 바꾸도록 인식오류를 수정하였다.

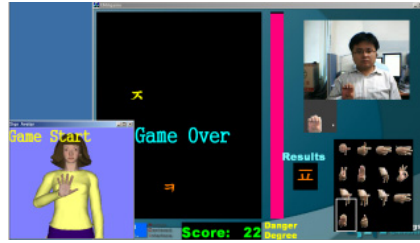
[표 2] 지문자 인식오류에 대한 처리

캡처한 이미지의 지문자 피부색 영역			
이미지 처리			
펴는손가락 개수	2	3	1
인식오류처리	ㄸ→ㅈ	ㅈ→ㄸ	ㄸ→ㄱ

5. 구현 및 사용자평가

5.1 실행 결과

본 논문에서는 USB 카메라를 이용하여 제안한



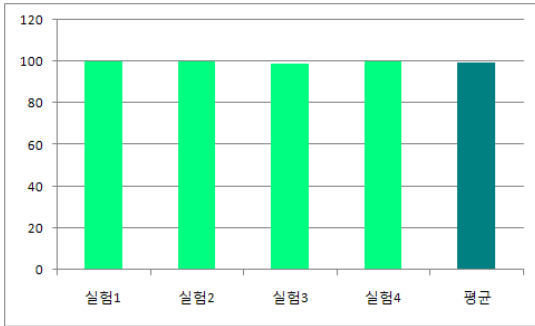
[그림 12] 실행 결과

아바타를 내장한 지문자 학습 게임 시스템을 구현하였다. 게임에 펜티엄D 2.66Ghz 중앙처리장치와 2기가 메모리, 30만화소 USB 카메라가 장착되어 있으며 획득한 영상 크기는 320(가로) × 240(세로)이다. [그림 12]와 같이 시스템은 아바타가 사용자에게 처음 ‘ㄱ’이라는 지문자를 가르치는 것을 표현하고, 게임 모듈 화면상에 ‘ㅎ’이라는 글자 두자와 ‘ㄱ’이라는 글자가 아래로 떨어지는 움직임을 표현하고 있다. [그림 12]와 같이 시스템은 사용자로부터 획득한 지문자를 분할하고 템플릿 매칭을 통하여 지문자 인식 데이터 ‘ㄱ’를 생성하고, 게임 모듈화면 상에 떨어지는 글자 ‘ㄱ’에 똑같이 떨어지는 글자 ‘ㄱ’를 깨뜨리고 합계점수를 1점씩 증가시킨다. 그 동시에 아바타는 지문자를 새로 업데이트하기 위하여 손 모양과 손목, 팔꿈치, 어깨의 자유도 회전을 중심으로 관절을 움직이게 한다. 내리는 글자가 게임 모듈 아래 윤곽선까지 깨지지 못하면 [그림 12]와 같이 위험지수 같은 빨간 수위의 높이가 1점씩 늘어나지만 빨간 수위의 높이가 10이 되면 게임을 종료한다. 동시에 게임 모듈의 ‘게임 종료(Game Over)’라는 메시지와 아바타의 ‘Game Start’가 나온다. 사용자는 아바타의 넓게 펴는 손 모양에 따라 손 모양을 표현하면, 정지된 게임을 다시 시작한다.

5.2 실험 및 고찰

5.2.1 시스템 성능 평가

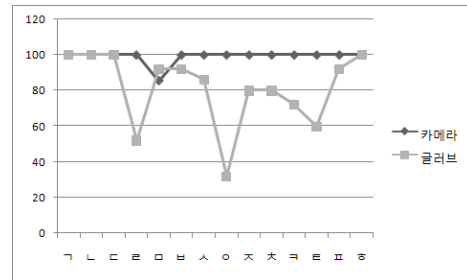
우리는 나중에 일반 사용자의 명중실험을 시작하기 전에 제안한 시스템의 성능을 검증하기 위하여 지문자를 잘 익숙하면서 긴팔옷을 입은 청각장



[그림 13] 실험별 게임 인식률 결과

에인을 대상으로 지문자 인식 성능을 4회 실험하였다. 우리는 [그림 13]과 같은 실험횟수별 인식률 결과 유효성을 보여 청각장애인을 대상으로 하는 지문자 인식실험을 통하여 시스템 효율성이 높고 지문자간의 인식오류률이 큰 차이가 적은 좋은 점을 보였다. [표 3]은 실험별 지문자 인식률과 지문자별 인식률 데이터, 평균을 각각 나열하고 98.95 퍼센트의 전체 인식률을 보였다. 그러나 우리는 다음 절과 같이 지문자 표현방법을 모르는 사용자들의 학습능력과 이해력에 따라 게임 명중률 차이가

있음을 설명하겠다. [그림 14]는 우리가 개발한 영상처리기반 시스템의 지문자 인식률과 Min 등이 개발한 데이터 글러브를 이용한 지문자별 인식률의 비교를 나타냈다[10]. 우리의 지문자 인식률이 Min 등의 데이터 글러브를 이용한 인식률 80.27%에 비하여 높지만, [표 1]과 같은 손 인식 방법의 특성에 따라 한글 자음 지문자 인식 결과에 대한 두 방법의 큰 차이가 있었다. 전체 인식률이 상당히 충분하지만, 우리는 차후에 긴팔/반팔 착용과 손모양 크기 변화, 조명 영향 등 여러 가지 민감한 환경에 대응하기 위하여 영상처리 알고리즘 보안을 고찰하였다.



[그림 14] 두 방법의 인식률 비교

[표 3] 지문자를 잘 하는 실험대상자의 실험별 인식률 (단위: %)

	실험1	실험2	실험3	실험4	지문자당 평균
상복 색깔	검은색	파란무늬	아이보리	파랑	
ㄱ	100	100	100	100	100
ㄴ	100	100	100	100	100
ㄷ	100	100	100	100	100
ㄹ	100	100	100	100	100
ㅁ	100	75	66.6	100	85.4
ㅂ	100	100	100	100	100
ㅅ	100	100	100	100	100
ㅇ	100	100	100	100	100
ㅈ	100	100	100	100	100
ㅊ	100	100	100	100	100
ㅋ	100	100	100	100	100
ㆁ	100	100	100	100	100
실험당 평균	100	98.2	97.6	100	98.95

[표 4] 게임 사용자의 명중률 (단위: %)

	사용자1	사용자2	사용자3	사용자4	사용자5	지문자당 평균
지문자 이해수준	고	중간	저	저	저	
상복 색깔	하늘색	하얀색	검정	초록색	검정	
ㄱ	100	100	60	66	100	85.2
ㄴ	86	50	50	0	67	50.6
ㄷ	100	100	100	100	0	80
ㄹ	75	100	100	100	50	85
ㅁ	100	100	100	100	50	90
ㅂ	100	100	100	100	100	100
ㅅ	100	100	100	100	100	100
ㅇ	100	100	100	100	100	100
ㅈ	75	0	0	25	100	40
ㅊ	83	100	100	100	60	88.6
ㅋ	75	100	80	0	0	51
ㅌ	100	100	100	100	67	93.4
ㅍ	100	100	100	50	100	90
ㅎ	100	100	100	100	100	100
사용자당 평균	92.4	89.3	85	74	71	82.4

5.2.2 지문자 명중률 실험

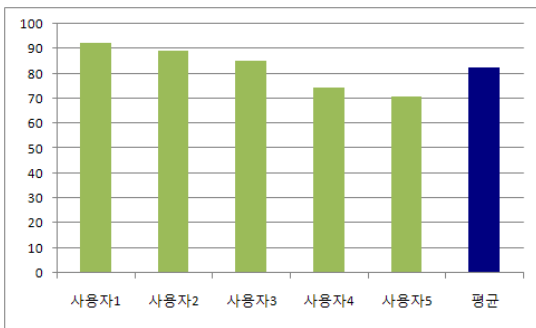
우리가 제안한 시스템에서의 지문자 명중률을 측정하기 위하여 5명의 게임 사용자는 지문자 사용 숙련도와 관계없이 제안한 시스템 지문자 게임에 참여하였고 아바타의 지문자 표현에 따라 지문자를 학습하고 10분 이상 지문자 50개 이상을 명중하는 게임 테스트를 수행하였다.

[표 4]는 사용자별 명중률 데이터와 지문자별 명중률 데이터, 평균을 각각 나열하고 82.4 퍼센트의 전체 명중률을 보였다. 그 명중 데이터 산출 범위는 지문자 손 모양을 명중하는 것만 아니고 배

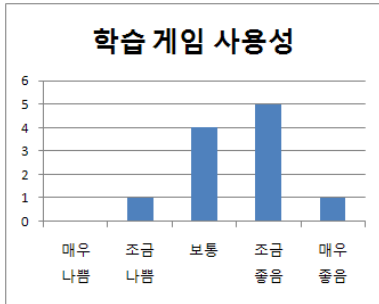
네치아게임처럼 내리는 한글 자모를 깨뜨리는 움직임까지 포함하였다. 그러나 [그림 15]와 같이 사용자의 지문자 학습능력에 따라 각 사용자의 명중 결과 차이가 있었다. 사용자 1과 사용자 2는 지문자를 잘 알았기 때문에 시스템 명중 테스트에 잘 적용하여서 사용자 1의 명중률이 다른 사용자의 명중률에 비하여 충분히 있었다.

5.3 사용자 평가

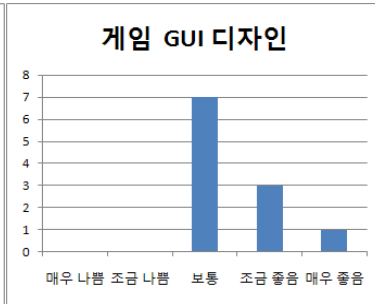
우리는 제안한 시스템의 검증을 객관적으로 받기 위하여 11명의 설문대상자는 각각 약 5분 동안 제안한 시스템실험을 수행하였고 시스템의 성과 디자인, 실용성을 평가하였다. [그림 16(a)]와 같이 7명의 설문대상자는 게임 사용법에 관하여 사용성이 조금 좋으므로 답변하였지만 보통으로 답변하는 자는 학습 게임 연습 및 사용법에 관한 도움받기 기능을 추가하는 의견을 제시하였다. [그림 16(b)]와 같이 설문대상자가 보통으로 답변하였지만 지문자인식 부분 디자인 보완과 손 모양 식별 개선, 손 모양 구분을 요구하였다. [그림 16(c)]와 같이 대부분 설문대상자는 약간 좋으므로 답변하였지만 소수



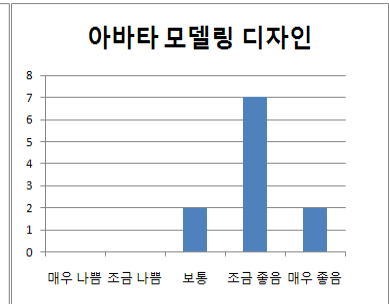
[그림 15] 사용자별 게임 명중률 결과



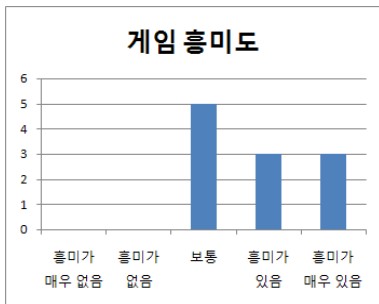
(a) 학습 게임 사용성에 대한 설문 결과



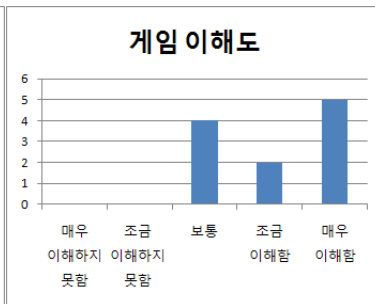
(b) 게임 GUI 디자인에 대한 설문 결과



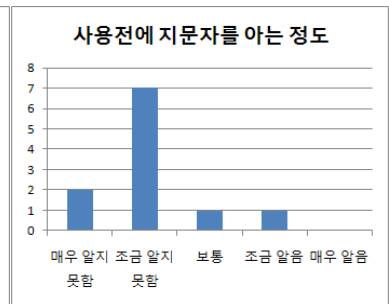
(c) 아바타 모델링 디자인에 대한 설문 결과



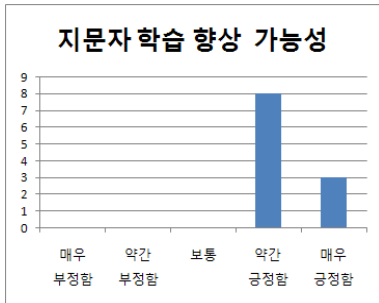
(d) 게임 흥미도에 대한 설문 결과



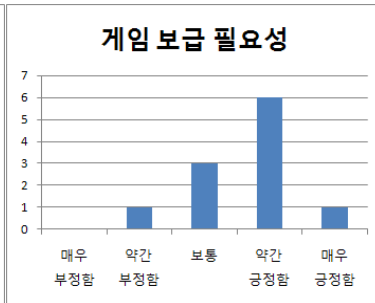
(e) 게임 이해도에 대한 설문 결과



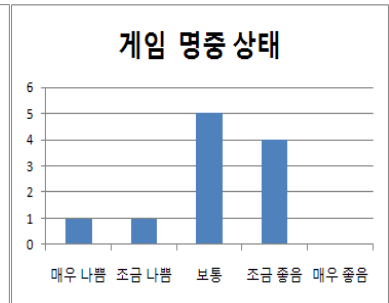
(f) 지문자를 아는 정도에 대한 설문 결과



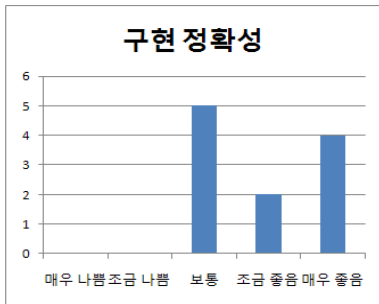
(g) 지문자 학습 향상 가능성에 대한 설문 결과



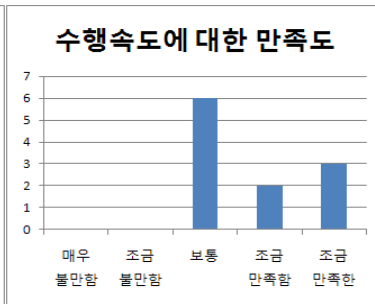
(h) 게임 보급필요성 게임에 대한 설문 결과



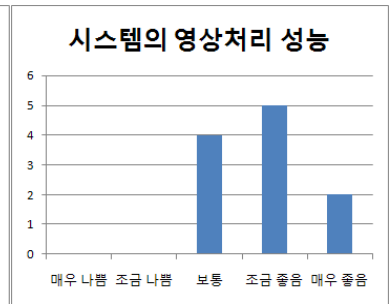
(i) 게임 명중 상태에 대한 설문 결과



(j) 시스템 구현 정확성에 대한 설문 결과



(k) 수행속도 만족도에 대한 설문 결과



(l) 시스템의 영상처리 성능에 대한 설문 결과

[그림 16] 사용자 평가 결과

대상자가 저시력자를 위한 아바타 손 모델링의 확대 기능 추가를 요구하였다. [그림 16(d)]와 같이 6명의 설문대상자는 흥미가 있음이나 흥미가 매우 있음으로 답변하였지만 보통으로 답변하는 자는 수행시간이 길고 게임 움직임이 느린 문제점을 제시하였다. [그림 16(e)]와 같이 6명의 설문대상자는 게임기능 이해도에 관하여 이해가 조금 있음이나 이해가 매우 있음으로 답변하였지만 보통으로 답변하는 자는 게임 세부기능을 설명하는 방법을 보완하는 의견을 제시하였다. [그림 16(f)]와 같이 지문자를 배우지 않은 대상자가 조금 알지 못함으로 답변하고 지문자를 조금 배운 경험을 가진 대상자가 있어서 조금 알음으로 답변하여서 학습인식게임에 수화아바타가 사용자에게 지문자를 가르치는 기능을 추가하였다. [그림 16(g)]와 같이 대부분 설문대상자는 약간 긍정함이나 긍정함으로 답변하였다. [그림 16(f)]에서의 설명처럼 대부분 사용자가 지문자를 모두 알지 못하지만 지문자 학습 게임을 사용한 후에 지문자학습을 통하여 지문자 이해가 비교적으로 좋았다. 제안된 지문자 학습 게임의 개발 목적 및 사용자 지문자 연습 향상에는 설득력이 있었다. 그림 16(h)와 같이 대부분 설문대상자는 약간 긍정함으로 답변하였지만 최종 배포를 위하여 배경에 따른 인식 능력을 보완하는 점을 요구하였다. [그림 16(i)]와 같이 대부분 설문대상자는 게임 명중률을 보통이라 답변하였지만 게임 명중률 형편이 좋지 않고 손 운동 시작점 위치와 손 인식 범위 설정이 따로 있고 사용자의 동작 반응이 늦어서 명중을 놓치는 문제점을 제시하였다. [그림 16(j)]와 같이 대부분 설문대상자는 보통으로 답변하였지만 우리는 시스템 구현 향상을 위하여 [그림 5]와 같은 프로그램 순서도 및 알고리즘을 보완하는 점을 고려하였다. [그림 16(k)]와 같이 대부분 설문대상자는 보통으로 답변하였지만 만족감을 가지고 싶어서 지문자 학습 게임의 수행 속도를 조절하는 기능 추가를 요구하였다. [그림 16(l)]과 같이 5명의 설문대상자는 시스템 영상처리 성능의 견에 관하여 조금 좋음으로 답변하였다.

6. 결 론

본 논문에서는 아바타를 내장한 지문자 학습 게임 개발을 설명하였다. 초보자는 지문자를 알지 못해도 수화아바타에게 지문자를 학습하고 화면상에 테트리스처럼 내리는 문자에 대응하여 화면에 지문자를 표현하면서 내리는 문자를 적중시키는 실감형 게임을 즐길 수 있다. 우리는 설문대상자의 설문 참여와 청각장애인이 지문자인식 성능 실험 및 게임 명중 실험을 거쳐 시스템 성능 검증을 받았다. 설문 결과에 따르면, 우리는 수화를 배우는 최종사용자의 지문자 학습 능력 향상 및 흥미성에 기여할 수 있고, 향후에 최종 사용자의 만족을 고려하여 게임 명중률을 향상 및 디자인 개선에 설문대상자의 의견을 반영하도록 검토할 예정이다. 앞으로 우리는 일반인의 수화 학습 욕구를 고려하여 기존 손 모양 인식 기술을 확대하고 제안된 수화 학습 어플리케이션을 지문자 인식 중심에서 수화 단어 인식 확장으로 개발과 연구를 할 예정이다.

참고문헌

- [1] 김영순, 김연화, 몸짓 기호와 손짓 언어, 한국문화사, 2007.
- [2] Knapp, Mark L., & Hall, Judith A, "Nonverbal Communication in Human Interaction. (5th ed.)", Thomas Learning, pp.7, 2007.
- [3] 석동일. 한국수화의 언어학적 분석, 대구대학교 박사학위논문, 1989.
- [4] Arbitrariness, Iconicity, "Historical Change in American Sign Language Nancy Frishberg Language", Linguistic Society of America, Vol. 51, No. 3, pp. 696-719, 1975.
- [5] 윤병천, "청인의 수화 습득 과정, 한국수화연구회", 1. 39,1999.
- [6] Jong-Sung Kim, Won Jang and Zeungnam Bien, "A Dynamic Gesture Recognition System for the Korean Sign Language (KSL)", IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 26, No. 2, pp. 354-359, 1996.
- [7] Chan-Su Lee, Gyu-tae Park, Jong-Sung Kim,

- Zeungnam Bien, Won Jang, Sung-Kwon Kim, "Real-time Recognition System of Korean Sign Language based on Elementary Components", Proceedings of Sixth International Conference on Fuzzy Systems (IEEE FUZZ'97), pp.1463-1468, 1997.
- [8] Jung-Bae Kim, Kwang-Hyun Park, Won-Chul Bang, Jong-Sung Kim, and Z. Zenn Bien, "Continuous Korean Sign Language Recognition using Automata-Based Gesture Segmentation and Hidden Markov Model", Proceedings of the 2001 International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2001), pp. 822-825, 2001.
- [9] Young-Joon Oh, Kwang-Hyun Park and Zeungnam Bien, "Korean Manual Alphabet (KMA) Recognition for Composition of a Korean Syllable Character. Proceedings of the 2nd International Conference on Convergence Information Technology (ICCIT 2007)", Gyeongju, Korea, pp. 1592-1597, November 21-23, 2007.
- [10] Seungki Min, Sanghyuk Oh, Gyoryeong Kim, Taehyun Yoon, Yunli Lee and Keechul Jung, "Simple Glove-Based Korean Finger Spelling Recognition System", The 2007 International Conference on Computational Science and Its Applications (ICCSA 2007), LNCS, Vol. 4705, pp. 1063-1073. 2007.
- [11] 전라북도 교육정보과학원, 사랑의 수화교실, <http://www.cein21.net/suhwoa/>.
- [12] 한글학회, <http://www.hangeul.or.kr/>.
- [13] 서울선회학교 동창회 선회지, 1993.
- [14] 최창석, 최운영, "수화 동작의 인식 및 동영상 생성의 연구동향", 대한전자공학회 전자공학회지 제23권 제6호, pp. 671-681, 1996.6.
- [15] Helene Brashear, Valerie Henderson, Kwang-Hyun Park, Harley Hamilton, Seungyon Lee and Thad Starner, "American Sign Language Recognition in Game Development for Deaf Children", Proceedings of the 8th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility (ASSETS 2006), ACM Press, 2006.
- [16] Hye Sun Park, Do Joon Jung and Hang Joon Kim, "Vision-Based Game Interface Using Human Gesture", 2006 IEEE Pacific-Rim Symposium on Image and Video Technology (PSIVT'06), LNCS 4319, pp. 662-671, 2006.
- [17] 김상호, 장재식, 김향준, "테트리스 게임을 위한 비전 기반의 인터페이스", 한국정보과학회 2004년도 봄 학술발표논문집 제31권 제1호(B), pp.775-777, 2004.4.
- [18] 김장운, 김송국, 장한별, 배기태, 이철우, "에지 방향성 히스토그램 데이터를 이용한 손 형상 인식", 한국정보과학회 2006 가을 학술발표논문집 제33권 제2호(B), 2006. 10.
- [19] Lessig, Lawrence, "Code and Other Laws of Cyberspace", Basic Books, 2000.
- [20] I. Poggi, C. Pelachaud, "Performative facial Expressions in Animated Faces", In J. Cassell, J. Sullivan, S. Prevost, E. Churchill (Eds.), Embodied Conversational Agents, Cambridge (Mass.): MIT Press, pp.155-188. 2000.
- [21] 김종성, 도준형, 박광현, 김정배, 송경준, 변중남, "등각 사상을 이용한 인체 아바타의 장애물 회피 경로 생성에 관한 연구", 대한전자공학회 논문지, 제 38권, 제 1호, pp. 7-18, 2001. 1.
- [22] 오영준, 장효영, 정진우, 박광현, 김대진, 변중남, "3D 아바타의 자연스러운 수화 동작 표현 방법", 한국정보처리학회 논문지, 제 14-B권, 제 2호, pp. 107-118, 2007. 4.
- [23] 오영준, 박광현, 변중남, "수화 표현을 위한 손 모양 편집 프로그램의 개발", 대한전자공학회 논문지, 제 44권 SC편, 제 4호, pp. 48-54, 2007. 7.
- [24] "OpenCV", Open Computer Vision library, Intel co..
- [25] Paul A. Viola, Michael J. Jones, "Fast and Robust Classification using Asymmetric AdaBoost and a Detector Cascade". Advances in Neural Information Processing Systems 14: Proceedings of the 2001 Conference (NIPS 2001), pp. 1311-1318, 2001.
- [26] "The MPEG-2 specification", ITU H.262, pp. 44, 2000.
- [27] 박호식, 배철수, "수화 인식을 위한 얼굴과 손 추적 알고리즘", 한국통신학회논문지 제31권 제 11C호, pp. 1071-1076, 2006. 1.
- [28] 정성환, 이문호, 오픈소스 OpenCV를 이용한 컴퓨터 비전 실무 프로그래밍 - 기본편, 홍릉과학출판사, pp. 498-499, 2007
- [29] R. A. Fisher, "Frequency distribution of the values of the correlation coefficient in samples

from an indefinitely large population”,
Biometrika 10, pp. 507 - 521, 1915.

- [30] 오영준, 박광현, 변증남, “템플릿 매칭에 기반한 한글 지문자 인식”, 제 20회 신호처리 합동학술대회 논문집, 2007.10.
- [31] Liwei Wang, Yan Zhang, and Jufu Feng, “On the Euclidean Distance of Images”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 27, No. 8, pp. 1334-1339, August 2005.



오영준 (Young-Joon Oh)

2001년 성공회대학교 정보통신학과 (이학사)
2003년 숭실대학교 컴퓨터학과 (공학석사)
2004년~2008년 한국과학기술원 인간친화복지로봇
시스템연구센터 전임연구원
2008년~현재 숭실대학교 미디어학과 박사과정

관심분야 : HCI, 수화공학, 컴퓨터 비전, 가상현실,
재활공학



정기철 (KeeChul Jung)

1996년 경북대학교 컴퓨터학과 (공학석사)
1999년 Intelligent User Interface Group, DFKI
(The German Research Center For
Artificial Intelligence GmbH), Germany 방
문 연구원
1999년 Machine Understanding Division, Electro
Technical Laboratory, Japan 방문 연구원
2000년 경북대학교 컴퓨터학과 (공학박사)
2000년~2002년 PRIP Lab. Michigan State
University, U.S. 박사후연구원
2003년~현재 숭실대학교 IT대학 미디어학부 교수

관심분야 : HCI, Interactive Contents, 영상처리/컴
퓨터비전, 패턴인식, 증강현실, 인공지능