

수화 아바타의 동작 데이터베이스를 위한 그래픽 사용자 인터페이스의 개선

Improvement of Graphic User Interface for Motion Database of Sign Language Avatar

오영준, Young-Joon Oh*, 박광현, Kwang-Hyun Park**, 정성훈, Seong-Hoon Jung**, 장효영, Hyoyoung Jang**, 변증남, Zeungnam Bien**

*한국과학기술원 인간친화 복지 로봇시스템 연구센터

**한국과학기술원 전자전산학과

요약 수화는 청각장애인이 주로 사용하는 시각적인 언어이다. OpenGL 기반의 가상현실 공간을 배경으로 하여 청각장애인들이 쉽게 이해할 수 있는 수화 아바타의 움직임을 구현하기 위해, 본 논문에서는 수화 동작 데이터베이스를 구축하는 그래픽 사용자 인터페이스를 개발한다. 개발한 시스템에서는 아바타의 사실적인 표현과 친근감을 강조하기 위해 3D MAX 기반의 인체 아바타 모델의 픽셀 값을 ASE 를 사용하여 C 언어 코드로 변환함으로써 인간과 거의 비슷한 모델을 생성하였다. 손 모양 편집프로그램은 슬라이드 바를 사용하여 21 개의 손 관절 각도를 조정할 수 있으며, 손 모양 코드번호와 손 모양 이름을 지정하여 수화단어 편집프로그램에서 사용하는 손 모양 데이터 형식으로 저장할 수 있다. 수화단어 편집프로그램은 수화단어 데이터 형식의 값을 설정하는 기능과 함께 손 모양 대칭복사, 검색, 추가, 수정, 삭제 기능을 제공함으로써 사용자가 손 모양을 쉽게 편집할 수 있도록 하였다. 손 모양 편집프로그램과 수화단어 편집프로그램을 사용하여 구성된 데이터베이스를 기반으로 수화 아바타가 가상현실 공간에서 인간과 유사한 움직임을 표현할 수 있도록 하였다.

핵심어: 수화 동작 데이터, 그래픽 사용자 인터페이스, 손 모양 편집프로그램, 수화단어 편집프로그램

1. 서론

수화는 청각장애인이 주로 사용하는 시각적인 언어이다 [1]. 가상 세계에서의 3D 인체 아바타는 이미 다양한 분야에서 연구되어 왔는데, 사용자가 거부감을 갖지 않고 가장 친근하게 받아들일 수 있는 형태가 자기 자신의 모습과 유사한 인체 형태라는 것을 가정한 것이다[2]. OpenGL 기반의 가상현실 공간을 배경으로 하여 청각장애인들이 쉽게 이해할 수 있는 수화 아바타의 움직임을 구현하기 위해, 본 논문에서는 수화 동작 데이터베이스를 구축하는 그래픽 사용자 인터페이스를 개발한다. 수화 동작 그래픽 인터페이스는 수화 동작 및 손 모양 데이터를 생성하고 저장하는 것을 도와주는 프로그램이다. 기존의 시스템은 아바타의 디자인 표현이 실제 인간에 비하여 부족하고, 손가락의 마디 관절을 조절하는 기능이 없어서 손 모양을 편집하는 것이 어렵다[3, 7-9].

수화 아바타의 동작 데이터베이스를 위한 그래픽 사용자 인터페이스를 개선하기 위해 본 논문에서는 아바타 디자인을 개선하고 손 모양 편집프로그램과 수화 단어 편집프로그램을 개선한다. 청각장애인과 수화사용자는 WYSIWYG(What You

See Is What You Get) 방식을 내장한 수화 단어 편집 시스템을 사용하여 수화 단어를 그래픽 사용자 인터페이스 상에서 간편하게 편집할 수 있다[3].

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 아바타 디자인 문제 및 개선에 관한 내용을 기술하고 ASE 프로그램 코드와 OpenGL상의 아바타 모델 생성 방법, 아바타의 계층적 구조 설계를 기술한다. 3장에서는 수화 단어 데이터베이스 형식을 개선하고 손 모양 데이터 및 수화 단어 데이터를 편집하는 그래픽 사용자 인터페이스 프로그램을 설명한다. 4장에서는 신체 요소기호 데이터베이스 형식을 제안하고 신체 요소기호를 편집하는 그래픽 사용자 인터페이스 프로그램을 설명하며, 5장에서 논문의 결론을 맺는다.

2. 수화 아바타 모델

2.1 수화 아바타 디자인

그림 1 (a)와 같은 기존 시스템의 아바타는 단순함을 강조

하지만 표현이 만족스럽지 않다. 또한, 아바타의 정밀도와 곡면도를 높이기 위해 텍스처 매핑과 표면을 만드는 벡터함수 계산이 요구된다. 실제 인간에 가까운 모델을 만들기 위해 세 꼭지점을 연결하여 표면을 구성하는 glVertex3f를 많이 사용해야 하지만 모델 제작에 한계가 많다. 작업 시간을 줄이기 위해 ASE를 사용하여 아바타를 모델링하였다. 개발한 시스템에서는 아바타의 사실적인 표현과 친근감을 강조하면서도 그래픽 처리 속도를 높이기 위해, 3D MAX 기반의 인체 아바타 모델의 픽셀 값을 ASE를 사용하여 C언어 코드로 변환하였다. 그림 1 (b)와 같이 인간과 거의 비슷한 OpenGL 아바타 모델을 생성하였고 친근감을 주기 위해 표면에 광택 효과와 매끄러운 효과, 명암 효과를 넣었다.

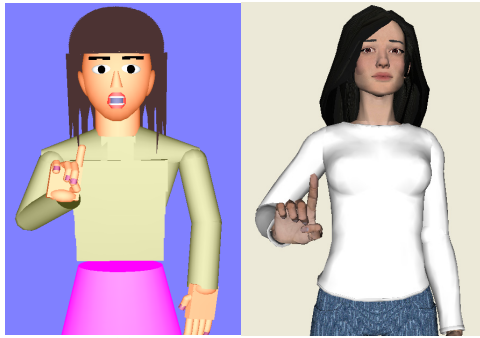


그림 1. OpenGL 기반 모델

2.2 ASE에 대한 이해

2.2.1 ASE의 정의

ASE(ASCII SECNE EXPORT)는 3DS MAX 그래픽을 아스키 텍스트 파일 형태로 저장하는 그래픽 변환기술이며[4] MAYA 프로그램을 사용하여 ASE로 변환할 수 있다[5].

2.2.2 표면을 그리는 ASE 코드에 대한 이해

① MESH_VERTEX와 MESH_FACE

그림 2와 같이 MESH_VERTEX는 3D 화면 상의 공간 좌표 x, y, z 포인트에 하나의 꼭지점 위치를 결정하는 ASE 특수 명령기호이다. 시스템이 3D 그래픽 상에 MESH 꼭지점의 위치를 인식하고 표면을 만들기 위해 MESH_VERTEX에 고유한 꼭지점 번호를 부여한다[6].

[꼭지점]	[꼭지점번호]	[x, y, z 포인트]
*MESH_VERTEX 0	41.8	204.3 117.6
*MESH_VERTEX 1	41.3	204.7 116.4
...		
*MESH_VERTEX 37	41.2	204.5 116.5

그림 2 MESH_VERTEX 기호의 예

그림 3과 같이 MESH_FACE는 MESH_VERTEX 기호가 명령한 꼭지점 위치 A와 꼭지점 위치 B, 꼭지점 위치 C를

선으로 연결하여 삼각형을 생성하는 기호이다. [선AB]는 꼭지점 A와 꼭지점 B 사이에 선을 그리는 값이다. [선AB]가 0이면, 꼭지점 A와 꼭지점 사이에 선을 그리지 않고 [선AB]가 1이면 선을 그린다. MESH_FACE 2개를 처리하면 사각형을 생성한다. MESH_FACE를 여러 개 처리하면 다양한 다각형을 만들 수 있다.

[표면]	[표면번호]	[꼭지점A]	[꼭지점B]	[꼭지점C]	[선AB]	[선BC]	[선CA]
*MESH_FACE 0	1	0	3	1	1	1	1
*MESH_FACE 1	3	2	1	1	1	1	1
*MESH_FACE 2	0	4	5	1	0	1	1

그림 3 MESH_FACE 기호의 예

② 이미지 텍스처 표면을 그리는 ASE

그림 1 (a)와 같은 기존 아바타에서는 모델 표면에 RGB값을 처리하기 위해 단순히 색상함수 glColor3f를 넣었지만 아바타의 사실적인 표현을 강조하기 위해 아바타 표면에 이미지 픽셀 정보를 넣는 텍스처 매핑 기법을 사용하였다. 텍스처 매핑에 관련된 MESH_TVERT는 이미지 상의 픽셀 좌표 x, y 포인트로부터 픽셀 색상 정보를 획득하고 고유색상번호를 부여한 ASE 특수 명령기호이지만 ASE 이미지의 최대 크기는 1(가로) X 1(세로)이다. 예를 들면, 이미지의 최대 크기가 10cm(가로) X 20cm(세로)일 경우, 그림 4에 있는 MESH_TVERT 112 픽셀의 x좌표 0.4595의 실제 값은 4.5cm, y좌표 0.5873의 실제 값은 11.7cm이고 MESH_TVERT 112는 이미지로부터 4.5cm와 11.7cm의 좌표 위치에 있는 픽셀의 색상 정보를 획득한다.

[텍스처색상]	[색상번호]	[이미지상의 x, y 픽셀위치]
*MESH_TVERT 112	0.4595	0.5873 0.0000
...		
*MESH_TVERT 142	0.4860	0.5906 0.0000
*MESH_TVERT 143	0.4718	0.5901 0.0000

그림 4. MESH_TVERT 기호의 예

그림 5와 같이 MESH_TFACE는 세 개의 꼭지점에 각각 MESH_TVERT를 호출하는 고유색상번호 함수를 입력하여 표면에 색깔을 그리는 기호이다. 예를 들면, 그림 6과 같이 MESH_VERTEX 꼭지점번호(밀줄이 없는 번호)의 꼭지점을 선으로 연결하는 MESH_FACE 0과 MESH_TVERT 픽셀 색상번호(밀줄번호)를 표시하는 MESH_TFACE 0을 함께 인식하여 이미지 텍스처를 표면에 매핑한다.

[표면]	[표면번호]	[색상번호A]	[색상번호B]	[색상번호C]
*MESH_TFACE 0	112	143	142	
*MESH_TFACE 1	3	2	143	
*MESH_TFACE 2	143	14	111	

그림 5 MESH_TFACE 기호의 예

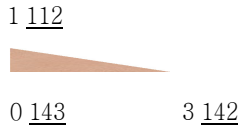


그림 6 삼각형 텍스처 매핑을 그리는 MESH_TFACE 0의 예

2.2.3 OpenGL로의 치환

그림 7과 같이 MESH_VERTEX를 glVertex3f()로, MESH_TVERT를 glTexCoord2f()로 치환하여 OpenGL에 도형을 생성할 코드를 만든다. 수화 동작을 위해 3DMAX기반의 인체 아바타를 손, 팔, 얼굴, 몸, 다리 등 각 신체 부위로 분리하고, OpenGL 치환을 이용하여 표면을 구성하는 모델링 함수 glBegin(GL_TRIANGLES)과 같은 신체 부위 모델링 코드를 생성한다. glBegin(GL_TRIANGLES)은 꼭지점을 연결하고 면을 생성하는 모델링 함수이다. 수화 아바타는 이 함수를 이용하여 약 5만개의 꼭지점과 꼭지점을 연결하는 벡터 표면을 구성한다.

```
glBegin(GL_TRIANGLES);
glVertex3f(41.8f, 204.3f, 117.6f);
glTexCoord2f(0.4595f, 0.5873f);
...
glEnd();
```

그림 7 신체 부위를 모델링하는 OpenGL 함수

2.3 아바타 계층적인 구조 설계

모델을 만들기 위해 기존 시스템에서는 구와 기둥 모델을 사용하였지만, 개발된 시스템에서는 3D MAX의 신체 부위 모델을 변환한 삼각형 모델을 사용하였다. 수화 아바타의 신체 부위의 움직임을 제어하기 위해 그림 8과 같이 계층적인 제어 구조를 구성하고 손의 계층적인 구조를 그림 9와 같이 구성하였다. 수화 발생기 프로그램에서 중요한 부분은 양손, 양팔, 몸이며, 수화 표현에는 특히 양손의 움직임이 절대적으로 중요하다. 수화를 표현하는 수화 아바타를 화면에 구현할 때 손의 동작을 가장 정확히 나타내어야 사람이 이해하기 쉽다.

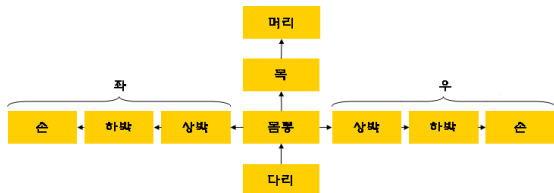


그림 8 아바타의 계층적인 신체 제어 구조



그림 9 손의 계층적인 제어 구조

3. 수화 GUI 편집 프로그램

3.1 손 모양 편집프로그램

그림 10과 같은 손 모양 편집프로그램은 손의 움직임을 제어하는 슬라이드 바를 사용하여 엄지손가락과 검지, 중지, 약지, 새끼의 각 관절 각도를 조정할 수 있으며, 표 1과 같이 손 모양 코드번호와 손 모양 이름을 지정하여 수화단어 편집 프로그램에서 사용하는 손 모양 데이터 형식으로 저장할 수 있다. 또한, 손 모양 데이터를 쉽게 검색하기 위해 표 2와 같이 손 모양이 서로 유사한 손 모양 그룹 이름과 손 모양 그룹별 번호 두 자리를 구성한다. 손 모양 코드는 손 모양 그룹을 생성하여 손 모양을 쉽게 검색할 수 있도록 표 3과 같이 손 모양 그룹별 번호 두 자리와 손 모양별 번호 두 자리, 일련번호 두 자리로 구성하였다.



그림 10 손모양 편집프로그램

표 1 손 모양 데이터베이스

손모양코드	손모양이름	손	관절	각도
010100	구	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0
010200	구십	0 0 0 0	0 10 90 30	0 5 90 30

표 2 손 모양 그룹

손모양그룹번호	손모양그룹	손 모양 이름
01	구군	구, 구십, 굽은구, ...
02	뭇군	뭇, 굽은 뭇, ...
03	날개군	날개, 넓은 날개, ...
...

표 3 손 모양 코드

손모양코드	손모양그룹번호	손모양번호	손모양이름
010100	01	01	구
010200	01	02	구십구
010300	01	03	굽은구

3.2 수화 단어 편집프로그램

3.2.1 수화 데이터베이스 형식 개선

손 모양과 수화 단어를 쉽게 편집할 수 있도록 그림 11의 두꺼운 숫자로 표시된 42개의 양손 관절 각을 그림 12의 두꺼운 숫자로 표시된 2개의 여섯 자리 손 모양 코드로 변경하고 키프레임 데이터를 표현하였다. 그림 13과 같이 수화 단어 데이터베이스의 데이터 형식은 단어와 키프레임 개수, 속도 역비, 품사정보, 어깨와 팔꿈치 및 손목의 관절 각, 손 모양 코드로 구성하고 품사 정보를 포함하였다[7]. 기존의 수화 발생 시스템이 그림 11과 같은 수화 단어 데이터베이스를 사용하기 때문에 수화 데이터베이스 탐색이 오래 걸리고 수화 동작 발생에 지연이 있었다. 사용자가 데이터 구조를 쉽게 이해하고 시스템이 수화 데이터베이스를 빨리 탐색할 수 있도록 그림 13과 같이 수화 단어 데이터베이스 형식을 개선하였다. 이는 탐색을 빠르게 하고 데이터베이스 용량을 절약할 수 있게 한다.

```

아버지 2 0.9 1 1000
-20 -70 -50 0 0 0 0 -10 20 0 0 0 0 -15 0 0 0 -10 0 0 0
0 0 0 10 0 0 40 -25 35 135 25 0 50 0 20 0 0 0 20 0 0 0 60
10 90 60 60 10 90 60 60 0 90 60
-20 -70 -50 0 0 0 0 -10 20 0 0 0 0 -15 0 0 0 -10 0 0 0
0 0 0 10 0 0 40 -45 35 125 25 0 50 0 0 0 0 0 60 10 90 60
60 10 90 60 60 0 90 60 60 -15 90 60
    
```

그림 11 기존의 수화 단어 데이터

```

아버지 2 0.9 1 1000
-20 -70 -50 0 0 0 0 010900 40 -25 35 135 25 0 50
120100
-20 -70 -50 0 0 0 0 010900 40 -45 35 125 25 0 50
150500
    
```

그림 12 개선된 수화 단어 데이터

```

[단어][키프레임갯수][속도역비][품사개수][품사코드]
오른쪽: [어깨(3), 팔꿈치(1), 손목(3), 손모양코드]
왼쪽: [어깨(3), 팔꿈치(1), 손목(3), 손모양코드]
    
```

그림 13 수화 단어 데이터베이스의 형식

3.2.2 수화 단어 편집프로그램

① 수화 단어 편집프로그램의 기능

그림 14에서 보이는 수화 단어 편집프로그램은 그림 12와 같은 “아버지” 수화 데이터를 사용하여 아바타의 손팔을 회전시켰다. 수화 단어 편집프로그램은 슬라이드 바와 에디트 박스, 콤보 박스 선택기능을 이용하여 수화단어의 데이터 형식 값을 설정하고 단어 입력, 프레임번호 입력, 손 모양 대칭 복사, 검색, 추가, 수정, 삭제 기능을 제공하여 사용자가 손 모양을 쉽게 편집할 수 있도록 하였다. [▼] 버튼은 수화 데이터베이스의 현재 단어 데이터에서 다음 단어 데이터로 이동하는 기능이고, [▲] 버튼은 이전 단어 데이터로 이동하는 기능이다. [▶] 버튼은 현재 키프레임 데이터에서 다음 키프레임 데이터로 이동하는 기능이고, [◀] 버튼은 현재 키프레임 데이터에서 이전 키프레임 데이터로 이동하는 기능이다. 수화 단어 데이터 설정은 각 팔의 관절 데이터를 설정하는 슬라이드 바와 각 손 모양 데이터를 선택하는 콤보박스로 분류하고, 팔의 관절 데이터는 어깨 관절 회전각 3개와 팔꿈치 관절 회전각 1개, 손목 관절 회전각 3개로 구성된다. 즉, 사용자가 각 팔의 관절 데이터를 에디터 박스에 입력하면 그 값에 따라 관절이 움직인다. [동작] 버튼은 가상현실 상에 수화 단어의 동작 애니메이션을 구현하는 기능이다.



그림 14 수화 단어 편집프로그램



그림 15 왼쪽<->오른쪽 버튼의 기능

② 회전각 데이터 대칭 복사

그림 15의 [오<->왼] 버튼은 오른손 및 오른팔의 회전각 데이터와 왼손 및 왼팔 회전각 데이터를 서로 바꾼다. 그림 15의 [오->왼 복사] 버튼과 [왼->오 복사] 버튼은 한쪽 손과 팔의 모든 회전각 데이터를 다른 쪽에 대칭 복사하는 기능을 담당한다. 두 손과 팔의 회전각 데이터가 같게 하거나 서로 바꾸는 작업에서 수화 데이터 입력 시간을 절약하기 위해 세 가지 복사 버튼을 사용할 수 있다.

③ 속도역비

수화 발생 시스템에서 수화 발생 속도는 청각장애인이 쓰는 수화문장의 일정한 속도에 맞추어야 한다. 하지만 기존의 시스템에서는 키프레임 개수가 많은 수화단어의 속도와 키프레임 개수가 적은 수화단어의 속도 차이가 많이 나서 실제 청각장애인의 수화 속도에 맞추지 못하였고, 수화단어 데이터의 많은 키프레임을 순차적으로 처리하기 때문에 수화 동작 발생에 지연이 생겼다. 키프레임 개수가 많은 단어의 수화 동작을 빠르게 하고 키프레임 개수가 적은 단어의 수화 동작을 느리게 하기 위해 수화단어 데이터베이스에 속도역비 값을 추가하였다. 속도역비는 수화 단어의 손과 팔 동작 빠르기에 반비례하는 값을 의미한다. 속도역비의 값이 1이면 보통 속도로 수화단어의 자연스러운 동작을 한다. 값이 적을수록 점점 빠른 동작을 하고 값이 클수록 점점 느린 동작을 한다. 사용자는 아바타의 수화 속도를 실제 수화자의 수화 속도에 가깝게 맞추기 위해 수화 데이터베이스 단어의 동작 속도를 조절할 수 있다.

4. 신체요소 움직임 프로그램

4.1 신체 요소 움직임 기호

신체요소 움직임 GUI 편집 프로그램은 하이퍼 수화 문장 구성을 이용하여 수화단어의 동작을 보조하는 신체 움직임을 구현하며 신체요소 움직임 기호를 GUI 상에서 편집한다. 하이퍼 수화 문장(HSS, Hyper Sign Sentence)은 기존 수화문장의 구조를 확장하여 수화단어와 다양한 신체요소 동작 기호로 구성되는 문장이다[8]. 표 4와 같이 각 신체요소 움직임 기호는 몸체부위 기호와 동작(혹은 단어)으로 구성되어 있으며 굵은 문자는 몸체부위기호를 의미한다.

표 4 신체 요소기호 정의

신체기호약자	신체요소기호	의미
word	w 대구	대구 수화단어
	wWorld	World 수화단어
color	cRE	붉은 안색
	cYE	노란 안색
face	fSM	밝은 얼굴

	fSU	놀리는 얼굴
body	bDN	몸을 굽힘
	bUP	가슴을 펴는 모습
head	hUP	머리가 위쪽으로 움직임
	hDN	머리를 숙임
eyebrow	ebU	눈썹이 위로 움직임
	ebLU	왼쪽 눈썹이 위로 움직임
eye	eBL	눈을 깜박거림
	eCL	두 눈을 감음

4.2 신체요소 움직임 기호 데이터베이스 형식

그림 16과 같이 신체요소 움직임 기호의 데이터 형식은 눈썹, 눈물, 안색 등 얼굴 정보와 입 모양 정보를 포함한다. 수화 발생 시스템은 기호 데이터 형식을 이용하여 신체 부위의 동작에 따라 다양한 표현을 할 수 있다. 표 5와 같이 “고맙다” 단어의 신체요소 기호 “rDN”는 눈썹이 달걀형으로 움직이고 목과 허리를 조금 굽히는 동작에 대한 신체요소 데이터를 결정하고, “눈물” 단어의 신체요소 기호 “fCR”은 눈썹을 직선 모양으로, 눈꺼풀을 조금 내리고 안색을 분홍색으로, 눈물 흐름을 표현하고 고개를 숙이는 동작에 대한 신체요소 데이터를 결정한다[9].

[단어][신체기호][눈동자(4), 눈꺼풀(2), 눈썹(14), 눈물(2), 안색(3), 입모양(Option 2),목(3),허리(3)]

그림 16 신체요소 움직임 기호 데이터베이스 형식

표 5 신체요소 기호 데이터의 예

단어	요소기호	신체 요소 데이터
고맙다	rDN	0 0 0 0 20 20 0 10 10 10 -5 -5
		-5 0 10 10 10 -15 -15 -15 0 0 2
		3 3 0 0 10 0 0 10 0 0
눈물	fCR	0 0 0 0 15 15 0 0 0 0 0 0 0 0 0
		0 0 0 20 20 3 2 3 0 0 5 0 0 0 0

4.3 신체요소 기호 편집 GUI 프로그램

그림 17과 같은 신체요소 움직임 기호 편집프로그램은 슬라이드 바를 사용하여 허리, 목, 얼굴 동작을 움직일 수 있다. 아바타의 안색이 분홍색으로 변하고 눈물 흘림과 고개 숙임, 눈썹 변화, 눈꺼풀 움직임 등은 슬라이드 바와 콤보 박스로 제어한다. 편집프로그램은 표 5와 같이 “눈물” 단어의 신체요소 움직임 데이터 베이스에 신체 동작 정보를 저장한다.

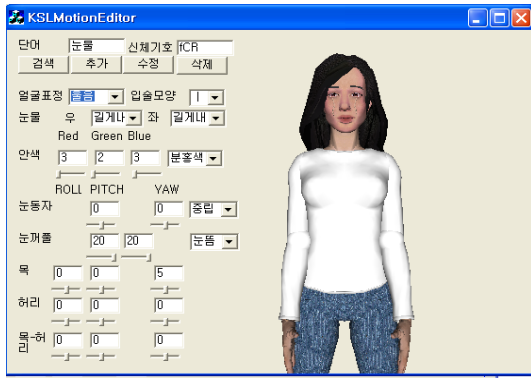


그림 17 신체요소 움직임 기호 편집 프로그램

5. 결론

본 논문에서는 아바타의 사실적인 표현과 친근감을 강조하면서도 그래픽 처리 속도를 높이기 위해 3D MAX 기반의 인체 아바타 모델의 픽셀 값을 ASE를 사용하여 C언어 코드로 변환하였다. 인간과 거의 비슷한 OpenGL 아바타 모델을 생성하였으며, 아바타의 수화 동작을 쉽게 편집하기 위해 손 모양 편집프로그램과 수화 단어 편집프로그램, 신체 요소 움직임 편집프로그램을 개발하였다. 수화 단어 편집프로그램을 사용하여 구성된 데이터베이스를 바탕으로 수화 아바타가 가상현실 공간에서 인간과 유사한 움직임을 표현할 수 있도록 수화 그래픽 인터페이스를 설계하였다. 수화 단어 편집프로그램이 생성한 약 1200개의 수화 단어 데이터베이스와 신체 요소 움직임 편집프로그램이 생성한 신체 요소 데이터베이스를 함께 사용한 그래픽 사용자 인터페이스는 “청각장애인을 위한 작업현장용 한국 수화 메시지 보드의 개발” 프로젝트를 통하여 작업현장에서 청각장애인의 의사소통을 촉진할 수 있다.

Acknowledgement

본 연구는 과학기술부/한국과학재단 우수연구센터육성사업의 지원(R11-1999-008) 및 한국장애인고용촉진공단 고용개발원의 2006년도 보조공학기기 개발사업 지원으로 수행되었음.

참고문헌

- [1] 석동일, “한국수화의 언어학적 분석”, 대구대학교 대학원 박사학위논문, 1989.
- [2] 김종성, 도준형, 박광현, 김정배, 송경준, 변증남, “등각 사상을 이용한 인체 아바타의 장애물 회피 경로 생성에 관한 연구”, 대한전자공학회 논문지, 제 38-CI권, 제 1호, 2001.
- [3] 오영준, 박광현, 장효영, 김대진, 정진우, 변증남, “수화 동작 그래픽 편집프로그램 개선에 관한 연구”, 정보과학회 HCI 2006 학술대회 논문집, pp. 976-981, 2006, 2.
- [4] ASE, modwiki.net

- [5] http://www.unrealwiki.com/wiki/ASE_File_Format
- [6] Nate Miller. "ASE File Format", http://www.essi.fr/~buffa/cours/synthese_image/DOCS/Tutoriaux/Nate/ase.html
- [7] 김대진, 김정배, 장원, 변증남, “TV 자막 신호를 이용한 한글 수화 발생시스템의 개발”, 대한전자공학회 논문지, 39 권 CI 편 5 호, pp. 32-44, 2002
- [8] 오영준, 박광현, 장효영, 김대진, 정진우, 변증남, “하이퍼 수화문장을 사용한 수화 생성 시스템”, 제 25 회 한국정보처리학회 춘계학술대회, pp. 621-624, 2006년 5월 13일~14일
- [9] Young-Joon Oh, Kwang-Hyun Park, Hyoyoung Jang, Dae-Jin Kim, Jin-Woo Jung and Zeungnam Bien, “A Development of Sign Language Avatar for Text to Sign Translator,” Proceedings of the 6th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS 2005), pp. 1141-1145, September 28-October 1, 2005