

감정 기반 모바일 손제스처 애니메이션 제작 시스템

Emotion Based Gesture Animation Generation Mobile System

이정숙, Jungsuk Lee*, 변혜원, Haewon Byun**

요약 최근 모바일의 문자 서비스를 사용하여 사람들과 소통하는 사용자가 늘어나고 있다. 하지만 기존 문자 서비스의 문장과 이모티콘 만으로는 자신의 감정을 정확히 표현하기 어렵다. 이러한 점에 착안하여, 본 논문에서는 문자 내용이 나타내는 감정과 분위기 및 뉘앙스를 정확하고 재미있게 전달하기 위해서 캐릭터 애니메이션을 활용하였다. 문자 내용의 감정을 말보다 역동적이고 뚜렷하게 전달하기 위해서 캐릭터의 얼굴 표정과 손제스처로 감정과 내용을 나타내는 감정 기반 모바일 손제스처 애니메이션 제작 시스템을 제안한다. Michel[1]등은 화자의 스타일을 나타낸 손제스처 애니메이션 제작을 위해서 인터뷰 영상을 분석하고 손제스처가 자연스럽게 연결되는 애니메이션 생성을 위한 손제스처 생성 그래프를 제안하였다. 본 논문에서는 Michel[1]의 논문을 확장하여 캐릭터의 감정을 손제스처로 과장되게 표현한 디즈니 애니메이션에서 단어의 감정을 표현하는 손제스처를 추출하고 자연스럽게 연결된 모바일 3차원 애니메이션으로 제작하는 것에 초점을 맞춘다. 특히 입력된 문장의 감정에 맞는 손제스처를 선택하는 감정 손제스처 생성 그래프를 제안하고 감정의 자연스러운 흐름을 반영하는 방법을 제시한다. 제안된 시스템의 타당성과 기존 서비스와의 대체 적정도를 알아보기 위해서 사용자 반응을 조사 분석한다.

Abstract Recently, percentage of people who use SMS service is increasing. However, it is difficult to express own complicated emotion with text and emoticon of existed SMS service. This paper focuses on that point and practical uses character animation to express emotion and nuance correctly, funny. Also this paper suggests emotion based gesture animation generation system that use character's facial expression and gesture to delivery emotion excitably and clearly than only speaking. Michel[1] investigated interview movies of a person whose gesturing style they wish to animate and suggested gesture generation graph for stylized gesture animation. In this paper, we make focus to analyze and abstracted emotional gestures of Disney animation characters and did 3D modeling of these emotional gestures expanding Michel[1]'s research. To express emotion of person, suggests a emotion gesture generation graph that reflects emotion flow graph express emotion flow for probability. We investigated user reaction for research the propriety of suggested system and alternation propriety.

핵심어: *Mobile 3D animation, Emotional gesture generation, Emotion flow, Gesture profile, Mobile 3D engine*

1. 서론

현대인에게 있어 모바일은 단순히 뛰어난 현대 기술로만 만들어진 기계가 아니라 다른 사람들과 소통하는 대화수단이다. 요즘 모바일의 통화 기능뿐만 아니라 문자 서비스를 이용하여 다른 사람들과 대화하는 사용자가 늘어나고 있는 추세이다. 하지만 문장으로만 이루어진 문자는 자신의 대화의도와 말의 분위기 및 뉘앙스를 전달하기에는 부족함이 있다. 또한, 현대사회는 사람 개개인의 개성이 크게 중요시되는 사

회로 변해가고 있기 때문에 자신의 감정표출에 대한 욕구가 강해지고 있지만 현재의 문자 서비스는 획일화되고 종류와 표현에 한계가 있는 이모티콘과 문장으로 자신의 감정을 표현해야 되기 때문에 자신의 세분화 된 감정을 정확히 표현하기에는 부족하다. 본 논문에서는 이러한 점에 착안하여 문자 서비스에 캐릭터 애니메이션을 활용하여 사용자의 의도를 보다 정확하고 재미있게 전달하고자 한다. 문자를 보내는 사람의 세분화된 감정을 더욱 자세하고 재미있게 표현하고

*주저자 : 성신여자대학교 전산학과 대학원 학생

**공동저자 : 성신여자대학교 전산학과 교수

자 캐릭터의 감정을 얼굴 표정과 손제스처로 다양하게 표현하는 애니메이션을 생성하고자 한다.

Michel[1]등은 아나운서의 정형화된 손제스처와 같은 특정한 스타일의 손제스처를 가진 캐릭터의 애니메이션 제작을 위해서 두 사람의 인터뷰 영상을 분석하여 화자의 손제스처 특징을 찾아내고 입력된 문장에 대해 각 특징에 맞는 캐릭터 손제스처 애니메이션을 생성하는 방법을 제안하였다.

Michel[1]등은 고유한 스타일이 있는 손제스처 애니메이션 생성에 주목한 반면, 본 논문에서는 문자는 정보전달과 달리 감정 표현에 주로 사용된다는 점에 초점을 맞춰 말로 전달하는 것보다 역동적이고 한눈에 감정을 느낄 수 있는 손제스처로 감정을 표현하는 애니메이션을 생성하는 시스템을 설계하였다. 문장에 대한 과장된 손제스처가 잘 나타난 디즈니 애니메이션의 캐릭터의 손제스처를 이용하기 위해서 영상을 분석하고 단어 내용에 대한 감정을 표현하는 손제스처를 추출하고 이것을 바탕으로 문자 내용에 대한 손제스처 애니메이션을 생성하였다. 제안된 시스템의 타당성, 사용자 만족도 및 기존 서비스와의 대체 적정도 조사와 기존 문자 서비스와의 비교를 위해서 사용자 설문조사를 하였다.

2. 관련연구

3차원 스피치 애니메이션에 관한 최근 연구들은 주어진 스피치 트랙에 동기화된 스피치 애니메이션을 생성하기 위하여 다양한 방법들이 연구되고 있다. Pearce는 Parke 등이 초기에 제안한 파라미터 기반 얼굴 표정 모델을 기반으로 3차원 스피치 애니메이션 시스템을 개발하였다[2]. 이 시스템은 일련의 음성 신호들을 애니메이션 제작 시 필요한 일련의 제어 파라미터 시퀀스로 변환하는 방법을 제안하고 있다. Waters 등은 텍스트 기반의 3차원 스피치 애니메이션을 개발하였으며, 시스템을 DECface로 명명한 바 있다[4]. Kalberer 등도 유사한 방법을 제안하였는데, 좀 더 사실적인 스피치 애니메이션을 생성하기 위하여 3차원 디지털자를 이용하여 말하는 얼굴 모델을 캡처하였다[5]. 기존의 이러한 3차원 스피치 애니메이션 연구는 주로 립싱크에 초점이 맞추어져 있다.

캐릭터 손제스처 애니메이션 관한 연구는 새롭게 입력된 텍스트에 맞는 손제스처를 생성하는 것에 초점이 맞춰져 있다. Cassell등은 입력된 텍스트에 수반하는 손제스처 애니메이션을 생성하고자 직접 손제스처가 생성되는 규칙을 만들고 우선순위 정렬로 손제스처가 선택되는 Behavior Expression Animation toolkit(BEAT)를 제안하였다.[7] 하지만 화자의 스타일이 결여된 획일화된 애니메이션이 생성되며 손제스처가 생성되는 규칙을 직접 정의하여 주관적이고 알고리즘화 되어 있지 않아서 자동화 할 수 없다는 단점

이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해서 Michel등은 BEAT와 목적은 같지만 텍스트 내부에서 문장이 생성되는 객관적 규칙(phase, timing, shape)을 이끌어내고 두 사람의 인터뷰 영상에서 화자의 스타일을 가진 손제스처를 추출하여 입력된 텍스트에 맞고 특정 스타일을 나타낸 손제스처 애니메이션 생성이 가능한 손제스처 생성 그래프를 제안하였다[1].

사람의 감정이 일정한 확률값을 가지고 전이된다는 이론의 연구는 최근 심리학 연구에서 활발히 이루어지는 부분이다. Chritine[8]등은 여러 상황을 가정하고 상황별 일정한 규칙을 가지고 사람의 감정이 전이한다는 사실을 정의하였다. 본 논문에서는 이러한 사실에 착안하여 디즈니 애니메이션 캐릭터의 감정 흐름을 감정흐름 그래프로 정의하였다.

3. 시스템 개요

감정 기반 모바일 3차원 캐릭터 손제스처 애니메이션 제작 시스템의 목적은 입력된 문장의 내용이 나타내는 감정을 추출하고 추출된 감정을 나타내며 말하는 캐릭터 애니메이션을 생성하여 모바일 상에서 재생하는데 있다. 본 논문에서 제시하는 시스템은 <그림 1>과 같이 감정 추출기, 손제스처 프로파일 생성기, 감정 손제스처 생성기, 스피치 애니메이션 생성기, 모바일 애니메이션 엔진으로 구성된다. 사용자가 문자 내용을 입력하면 그 내용은 서버로 보내져 감정추출기를 통해 감정이 추출되고 최종 애니메이션될 손제스처와 입력된 문장에 맞는 스피치 애니메이션이 생성된다. 생성된 데이터는 모바일 단말기로 실시간 전송되어 모바일 단말기내의 모바일 3차원 애니메이션 엔진에서 애니메이션으로 생성되어 재생된다.

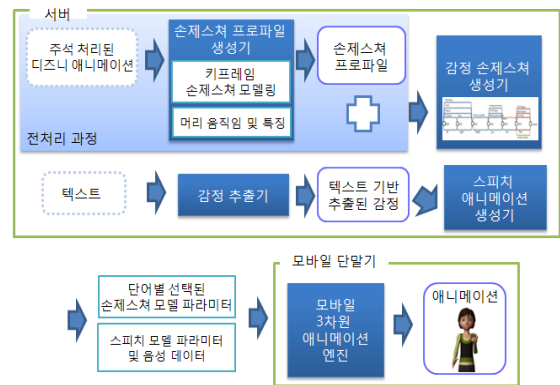


그림 1 시스템 개요도

감정 추출기: 감정 추출기는 기본 8가지 감정(무감정, 행복, 슬픔, 화남, 놀람, 두려움, 혐오)을 입력된 문장에서 추출하는 시스템을 말한다. 본 논문에서는 전체 문장의 감정을 결정하는 감정 표출 단어를 정의하고 문장에서 감정을 추출하여 색상으로 감정을 표현하는 애니메이션을 실시간으로 보여주는 Java 오픈소스 Synesketch를 사용한다. 본 논문

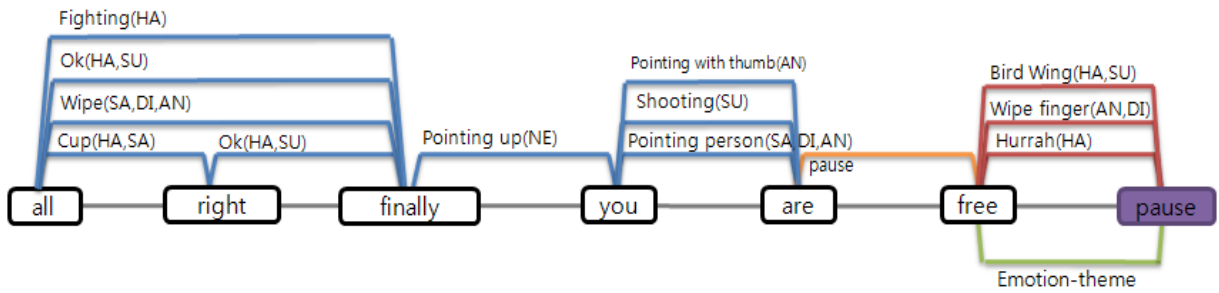


그림 2 감정 손제스처 생성 그래프

에서는 영어 문장에서 감정을 추출할 수 있는 단어의 범위를 넓히기 위해서 기존 추출기의 감정 표출 단어에 포함되지 않고 애니메이션에서 감정을 나타내는데 자주 사용되는 감정 표출 단어를 감정추출기에 추가하였다.

손제스처 프로파일 생성기: 손제스처 프로파일은 디즈니 애니메이션에서 분석된 손제스처와 손제스처 재생시간 정보 및 영상의 특징을 단어의 감정을 나타내는 애니메이션 생성을 위해서 단어별, 감정별로 분류 및 정리한 것이다. 디즈니 애니메이션 캐릭터의 손제스처 영상을 분석하고 주석 처리한 후 해당 단어의 감정을 나타내는 손제스처를 감정의 종류별로 추출한다. 또한 애니메이션 생성을 위한 손제스처 재생 시간 정보 및 머리 움직임과 같은 영상의 특징을 추출하여 손제스처 프로파일에 저장한다.

감정 손제스처 생성기: 감정 손제스처 생성기는 손제스처 프로파일에서 감정별 손제스처의 정보를 받아 애니메이션으로 생성할 최종 손제스처를 선택하는 감정 손제스처 생성 그래프로 이루어져 있다. 입력된 문장의 단어를 노드로 생성하고 해당하는 손제스처를 손제스처 프로파일에서 검색하여 감정별 손제스처들을 해당 노드위에 링크 시킨다. 마지막으로 감정 추출기를 통해 추출된 기본감정을 토대로 손제스처를 우선순위 정렬한다.

스피치 애니메이션 생성기: 입력된 문장을 발음하는 입모양과 감정 추출기에서 추출된 감정을 나타내는 얼굴표정을 합성한 스피치 애니메이션을 생성한다. 같은 입모양을 가진 음절을 모아 대표 음절을 발음하는 립싱크 모델과 눈과 입모양으로 표정을 나타내는 표정 모델을 합성하고 블렌딩하여 최종 스피치 애니메이션을 생성한다.

모바일 3차원 애니메이션 엔진: 감정 손제스처 생성 그래프에서 최종 선택된 감정 기반 손제스처를 바탕으로 3차원 애니메이션을 만드는 역할을 한다. 최종 선택된 손제스처 3차원 모델 파라미터를 손제스처 프로파일에서 모바일 3차원 엔진으로 불러온 후 스피치 애니메이션과 합성하고 블렌딩하여 최종 감정기반 모바일 손제스처 애니메이션을 생성한다.

4. 손제스처 프로파일 생성

본 시스템에서는 캐릭터의 특징적인 손제스처를 추출하기 위하여 과장적인 캐릭터의 행동이 특징인 디즈니 애니메이션을 분석하였다. 애니메이션 캐릭터의 감정을 나타내는 과장된 손제스처를 시간별, 단어별, 감정별로 나뉘어 <그림 3>과 같이 영상에 주석 처리한다.



그림 3 디즈니 애니메이션 알라딘 주석 처리 과정

Cassell등[7]의 연구에서는 지시대명사(this, there, you, I등) 단어들에서만 손제스처를 추출하였지만 Michel[1]의 논문에서는 단어의 뜻을 손제스처로 은유적 표현할 수 있는 은유적(number, long, all, open등) 단어에서도 손제스처를 추출하여 추출될 수 있는 단어의 범위를 넓히고 사람이 대화할 때와 유사한 애니메이션을 제작하였다. 본 논문에서는 Michel[1]의 연구를 확장하여 지시대명사 단어와 은유적 단어 모두에서 손제스처를 추출하고 추가적으로 감정을 나타내는 단어들에서도 손제스처를 추출하였다.

의미론상의 분류	단어	시간 정보	감정별 손제스처	머리 움직임 및 특징
Agreement	'yes'	00:02:00 00:01:60	Shoulder down(Sad) Fighting(Happy)	Head nodding (Neutral)
	'ok'	00:01:30	Ok(Happy, Neutral)	
	'sure'	00:02:22 00:02:80	Cup(Happy, Neutral) Shoulder down(Sad)	Head nodding
Addressee	'you'	00:00:98 00:01:00	Point with thumb(Anger) Shooting(Surprise, Happy)	Forward person
		00:01:00	Pointing you(Neutral, Sad, Disgust, Anger)	
Distance	'long', 'far'	00:20:15	Hand on eyebrows (Neutral)	

그림 4 손제스처 프로파일 정보

추출된 손제스처들은 <그림 4>와 같이 단어별, 감정별, 기준으로 분류하고 애니메이션 재생을 위한 시간 정보, 머리 움직임 정보와 같은 영상의 특징을 통합하여 손제스처 프로파일로 저장한다.

5. 감정 손제스처 생성 그래프

감정 추출기에서 추출된 문장의 감정과 손제스처 프로파일의 손제스처 3차원 모델 및 단어 정보를 토대로 <그림 2>과 같은 감정 손제스처 생성 그래프를 생성한다.

문장의 단어를 하나의 노드로 표현하고, 단어에 해당하는 손제스처를 손제스처 프로파일에서 추출하여 링크로 연결한다. 또한 생성된 단어 노드의 전후 연결성을 고려하여 같이 쓰이는 단어를 통합하고 손제스처를 하나로 생성한다.

한 단어의 노드에 생성된 감정별 손제스처 링크들 중 전체 문장에서 추출된 감정을 가진 손제스처가 없는 노드가 발생한다. 그 예로 <그림 2>에서 문장 전체의 감정을 결정하는 감정 표출 단어 'free'로 감정 'Happy'가 추출되었지만 'you'와 'finally' 같은 단어에는 결정된 감정을 나타내는 손제스처 링크가 존재하지 않을 수 있다. 이때 존재하는 다른 감정의 손제스처 링크 중 하나를 선택하기 위해서 <그림 6>와 같이 감정흐름 그래프를 정의하고 도입한다. 감정흐름 그래프는 감정의 흐름이 정해진 규칙에 의해 전이된다는 이론[8]을 바탕으로 감정별로 전이 될 수 있는 확률들을 나타낸 그래프이다.

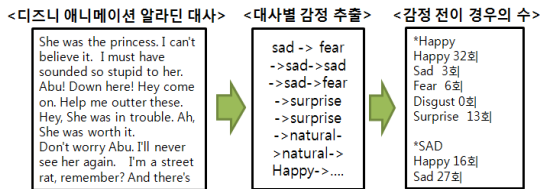


그림 5 감정전이 확률값 정의

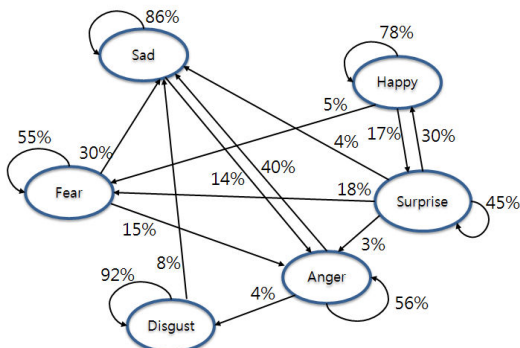


그림 6 감정 흐름 그래프

애니메이션의 특성을 살린 캐릭터의 감정흐름 정의를 위해서 디즈니 애니메이션 알라딘 스크립트의 알라딘 대사를

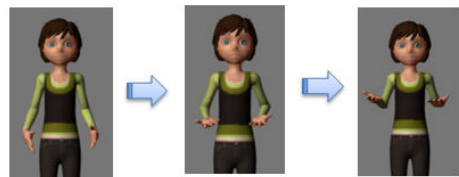
감정추출기를 통해서 감정을 추출하여 감정이 서로 전이되는 경우의 수를 직접 계산하고 <그림 5>와 같이 확률값으로 정의하였다. 정의된 감정흐름 그래프를 통해서 문장 전체에서 추출된 기본감정 손제스처를 가지지 않은 단어 노드에는 감정전이확률이 높은 감정의 손제스처를 우선순위 정렬하여 최종 손제스처를 선택하도록 제작하였다.

6. 모바일 3차원 애니메이션 엔진



그림 7 디즈니 애니메이션과 3차원 손제스처 모델링

모바일 3차원 애니메이션 엔진은 감정 손제스처 생성 그래프를 통해 선택된 손제스처의 정보와 스피치 애니메이션 정보를 서버에서 전송받아 합성하고 최종 애니메이션을 생성하는 역할을 한다. 손제스처 프로파일에서 전송된 손제스처 정보를 토대로 애니메이션을 만들기 위해서 손제스처 프로파일에 있는 모든 손제스처의 애니메이션 키프레임을 <그림 7>과 같이 손제스처 3차원 모델을 Maya로 생성하여 .obj 파일로 저장한다. 이때 모바일에서의 실시간 재생을 위해서 low polygon 모델을 생성한다.



<Cup 손제스처 블렌딩 과정>



<Pointing 손제스처 블렌딩 과정>

그림 8 손제스처 키프레임 블렌딩 과정

생성된 모델들 중 감정 손제스처 그래프에서 최종 선택된 손제스처 모델의 파일을 모바일 3차원 애니메이션 엔진으로

로딩하여 스피치 애니메이션과 합성한다. 이때 스피치 애니메이션의 단어 발음 시간 정보에 맞게 손제스처 키프레임을 나열한다. <그림 8>과 같이 나열된 키프레임 정보를 블렌딩하여 애니메이션을 생성하고 모바일 애플레이터에서 재생한다. 애플레이터는 구글 안드로이드를 사용하였으며 시스템은 java와 OpenglES를 사용하여 엔진을 제작하였다.



그림 9 감정 기반 모바일 3차원 손제스처 애니메이션

7. 실험

본 논문이 제시한 감정 기반 모바일 손제스처 애니메이션 제작 시스템에 대해서 객관적 시각을 도입하여 타당성, 사용자 만족도 및 기존 서비스와의 대체 적정도를 알아보기 위해서 총 50명에게 사용자 설문조사를 실시하였다. 모바일 문자 서비스 사용이 익숙한 20대와 그렇지 못한 40대로 그룹을 나누고 시스템을 체험하게 한 후 시스템에 대한 만족도, 흥미도, 감정 적중률, 손제스처의 타당성 및 기존 서비스 대체 적정도에 대하여 조사하고 기존 문자 서비스와 비교하여 선호도를 설문조사하였다.

사용자에게 총 50번의 시스템 사용기회를 가지게 하고 자신이 입력한 문자 내용에 맞는 손제스처가 애니메이션 되는가, 자신이 표현하고자 한 감정이 합당하게 표현되었는가를 질문하여 그 중 적합한 애니메이션이 생성되는 횟수를 조사하였다.

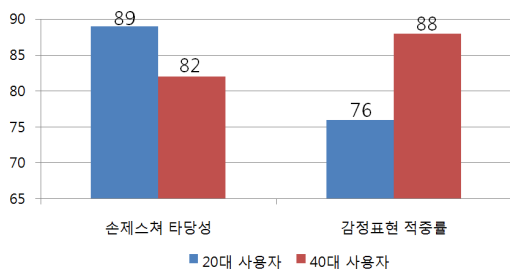


그림 10 연령별 시스템 결과값 적중률 설문조사

그 결과 <그림 10>에서 볼 수 있듯이 전반적으로 본 논문의 시스템에 대한 결과물의 적중률이 높다는 것을 나타내고 있다. 연령별 특성을 살펴보면 20대에서는 손제스처 타당성의 적중률이 89%로 40대 사용자 결과값 82%보다 높은 것으로 나타났는데 애니메이션의 과장되고 재미있는 손제스처가

20대의 문자 내용과 적합하다는 것을 보여준다. 그리고 감정 적중률은 20대 사용자 결과값 76%에 비교하여 40대 사용자의 적중률이 88%로 높게 나타났다. 이 결과는 40대 사용자 문자 내용의 감정이 20대 사용자의 감정보다 평이하고 추출하는데 용이하다는 것을 보여준다. 전반적인 결과를 살펴봤을 때 연령에 상관없이 결과값 적중률 데이터가 높으므로 사용자가 문자로 표현하고자 하는 것을 적합한 애니메이션으로 나타내고 있다는 것을 보여준다.

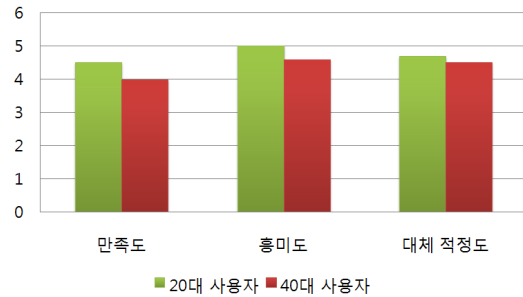


그림 11 만족도, 흥미도 및 기존서비스 대체 적정도 조사 결과

또 다른 조사로서 본 시스템의 만족도, 흥미도 및 기존 서비스와의 대체 적정도를 조사하였다. 연령별로 분류한 그룹별 사용자에게 사용자 만족도, 시스템에 대한 흥미도 및 기존에 문자 서비스와 대체가 가능한지를 묻는 대체 적정도에 대해 1점부터 5점 사이로 평가하게 하였다. <그림 11>은 설문조사 참여자가 세가지 문항에 대해 평가한 각 결과값의 평균 점수를 나타내는 것으로서 세항목 모두 높은 평균점수를 나타내고 있다. 이 결과로 본 논문이 제안한 시스템이 사용자에게 연령에 상관없이 높은 만족도와 흥미도 제공하며 사용자들에게 문제없이 기존 서비스와 대체 가능하다는 것을 보여준다.

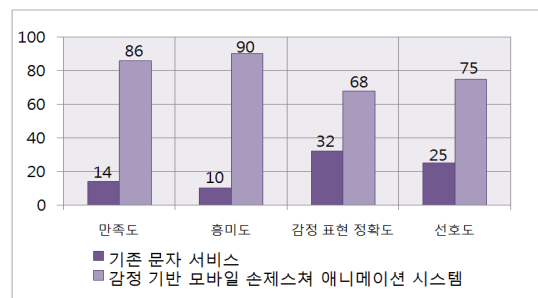


그림 12 기존 문자 서비스와 비교 설문조사 결과

기본 문자 서비스와의 비교를 위해 만족도, 흥미도, 감정 표현 정확도, 선호도를 비교 설문 조사하였다. 문자로 표현하고자 하는 자신의 감정을 기존 문자 서비스의 문장과 이모티콘만으로 표현했을 때와 본 논문에서 제시한 서비스를 사용하여 감정을 표현할 때를 비교하여 시스템에 대한 선호도와 자신이 표현하고자 했던 감정이 정확하고 세분화되어

표현되는가를 총 50명에게 물었다. 그 결과 <그림 12>과 같이 모든 항목에 대해 본 논문에서 제시한 시스템의 선호도가 높게 나왔다. 만족도와 흥미도 면에서는 본 논문의 시스템을 선택한 사용자가 86%와 90%로 높은 차이를 보였고 감정 표현 정확도도 68%의 사용자가 본 논문의 시스템을 선택하여 자신의 감정이 정확히 표현된다는 것을 나타내고 기존 문자 서비스와 비교시 75%의 높은 선호도를 보였다.

8. 결론

본 논문에서는 문자의 내용을 말하고 내용에서 나타난 감정을 표현하여 문자서비스에 활용 가능한 감정 기반 모바일 손제스처 애니메이션 제작 시스템을 제안하였다. 과장된 손제스처가 잘 표현되어 있는 디즈니 애니메이션에서 단어별, 감정별로 손제스처를 추출하여 영상의 특징과 통합하여 저장한 손제스처 프로파일을 생성하고 사용자가 입력한 문자에서 추출된 감정을 기반으로 적합한 손제스처를 선택해주는 감정기반 감정 손제스처 생성 그래프를 구현하였다. 또한 생성된 감정별 손제스처 중 전체 감정에 해당하는 손제스처가 없을 경우 최선의 선택을 위해서 감정의 전이 이론을 도입한 감정 흐름 그래프를 디즈니 애니메이션을 이용해 정의 및 도입하였다. 선택된 손제스처들을 모바일 단말기로 전송되고 모바일 3차원 애니메이션 엔진을 통해서 스피치 애니메이션과 합성 및 블렌딩 과정을 거쳐 최종 애니메이션을 생성하고 모바일 단말기 상에서 재생한다. 이렇게 구현된 시스템은 사용자가 표현하려고 했던 감정을 보다 정확하게 표현하고 현실감이 있는 대화 애니메이션을 제공하여 흥미도와 만족도를 높이는데 주력하였다.

참고 문헌

- [1] Michel N, Michel K, Irene A, and Hans-peter S, 'Gesture Modeling and Animation Based on a Probabilistic Re-Creation of Speaker Style', ACM Transactions on Graphics, Vol. 27, 2008
- [2] Computer generated animation of faces. In Proceedings of the ACM Annual Conference, ACM Press, 1972.
- [3] Dominic W. Massaro, Michael M. Cohen, "Visible Speech and Its Potential Value for Speech Training for Hearing-Impaired Perceivers", Bibliographic reference, In Still, 171-174, 1998
- [4] "A muscle model for animating three-dimensional facial expression", In SIGGRAPH Conference Proceedings, 1987.
- [5] Gregor A, Kalberer, Luc J, and Van G, 'Realistic face animation for speech', Journal of Visualization and

Computer Animation, 2002

- [6] Garcia-rojas A, Vexo F, Thalmann D, Raouzaoui A, Karpouzis K and Kollias S, 'Emotional Body Expression Parameters In Virtual Human Ontology', IEEE org, 2005
- [7] CASSELL, J., VILHJ ALMSSON, H., and BICKMORE, T, "BEAT: The Behavior Expression Animation Toolkit", In Proceedings of SIGGRAPH, 477--486.
- [8] Lisetti C,L, Gmytrasiewicz P, 'Can a Rational Agent Afford to Be Affectless?', Applied Artificial Intelligence, Volume 16, Numbers 7-8, 2002