

## 실시간 감정 표현 아바타의 설계 및 구현

정일홍\*, 조세홍\*\*

### 요약

본 논문에서는 얼굴의 표정 변화를 인식하여 실시간으로 감정을 표현하는 아바타를 설계하고 구현하는 방법을 제안하였다. 실시간 감정 표현 아바타는 수동으로 아바타의 표정 패턴을 변화를 주는 것이 아니라 웹캠을 이용하여 실시간으로 입 모양 특징을 추출하고 추출한 입 모양의 패턴을 분석한 뒤, 미리 정의된 표정 패턴에 부합되는 것을 찾는다. 그리고 부합된 표정 패턴을 아바타에 적용하여 아바타의 얼굴 표정을 표현한다.

표정 인식 아바타는 웹캠에서 들어온 영상을 모델 접근 방법을 이용하여 보다 빠르게 입 부분을 인식할 수 있도록 하였다. 그리고 표정 패턴 추출은 표정에 따라 입 모양이 변하는 것을 이용하였다. 모델 접근 방법을 이용하여 눈의 정보를 찾은 후 그 정보를 이용하여 입 모양을 추출하게 된다. 기본적으로 13가지 입 모양으로 각각의 표정을 유추하고 각 표정 패턴에 맞는 6개의 아바타를 미리 구현하여 보다 빠르게 아바타의 표정을 변할 수 있게 하였다.

## Design and Implementation of a Real-Time Emotional Avatar

Il-Hong Jung\*, Sae-Hong Cho\*\*

### Abstract

This paper presents the development of certain efficient method for expressing the emotion of an avatar based on the facial expression recognition. This new method is not changing a facial expression of the avatar manually. It can be changing a real time facial expression of the avatar based on recognition of a facial pattern which can be captured by a web cam.

It provides a tool for recognizing some part of images captured by the web cam. Because of using the model-based approach, this tool recognizes the images faster than other approaches such as the template-based or the network-based. It is extracting the shape of user's lip after detecting the information of eyes by using the model-based approach. By using changes of lip's patterns, we define 6 patterns of avatar's facial expression by using 13 standard lip's patterns. Avatar changes a facial expression fast by using the pre-defined avatar with corresponding expression.

Keywords : 아바타, 표정 인식, 표정 패턴, 모델 접근 방법

### 1. 서론

인터넷 시대에 다양한 콘텐츠가 선보이고 있다. 현재 2차원적인 단순 콘텐츠가 주류를 이루고 있지만 사용자의 콘텐츠에 대한 요구가 증가

하고 콘텐츠 관련 기술의 발달로 3차원 입체 콘텐츠가 등장하고 있다. 이러한 콘텐츠의 발달과 함께 관심이 늘고 있는 것이 아바타이다. 따라서 아바타를 또 하나의 자신이라는 인식과 관심이 증가되어 가고 있다. 사이버 상의 다양한 콘텐츠에서 사용자 자신을 대변하는 아바타에 관심이 증가되면서 보다 더 많은 능력에 관심을 갖기 시작했고 요구하기에 이르렀다.

이러한 관심과 요구에 맞춰 대부분의 콘텐츠에서는 아바타에 대한 개발 연구를 하고 있다. 하지만 대부분의 콘텐츠에서 아바타는 아바타를 꾸미는 기능만 지속적으로 개발되어 있다. 즉, 아바타의 얼굴 형태, 의복, 머리모양, 액세서리

\* 제일저자(First Author) : 정일홍

접수일자:2006년10월17일, 심사완료:2006년11월20일

\* 대전대학교 컴퓨터공학과 부교수

ijung@dju.ac.kr

\*\* 한성대학교 멀티미디어공학과 부교수

등에 개발과 연구가 주로 이루어지고 있다. 반면에 사용자의 감정 표현 기술이 미비한 실정이다. 대부분의 아바타에서는 지정된 얼굴 표정 패턴을 수동으로 지정하거나 이러한 기능조차 없는 경우가 허다하다.

본 논문에서는 실시간으로 감정을 표현 할 수 있는 아바타를 설계하고 구현하였다. 실시간 감정 표현 아바타는 실시간으로 입 모양 특징을 분석하여 패턴을 구하고 실시간으로 아바타에 적용하여 아바타의 얼굴 표정을 표현한다. 웹캠을 이용하여 실시간으로 입 모양 특징을 추출하고 추출한 입 모양의 패턴을 분석한 뒤, 미리 정의된 표정 패턴에 부합되는 것을 찾는다. 그리고 부합된 표정 패턴을 아바타에 적용하여 아바타의 얼굴 표정을 표현한다.

본 논문의 구성으로 2장에서는 기존의 얼굴 인식의 기법들로서, 얼굴의 인식의 기법과 입 모양에 따른 감정 분류에 대하여 설명하고 3장에서는 실시간으로 인식된 얼굴의 표정을 입 모양 특징에 따라 분석하고 분석된 패턴을 이용하여 아바타 표정에 적용하는 실시간 아바타 표정 변화의 설계에 관하여 서술하며 4장에서는 실시간 감정 인식 아바타의 구현에 대하여 기술하고 있다. 끝으로 5장에서는 결론 및 앞으로 나아갈 연구방향에 대하여 제시하고 있다.

## 2. 기존의 얼굴 인식 기법

### 2.1 얼굴 추출 기법

얼굴을 추출하는 기존의 접근 방법은 크게 세 가지로 분류할 수 있다. 첫 번째, 템플릿 기반 접근 방법들은 얼굴에 대한 몇 가지의 표준 패턴을 얼굴 형판으로 생성하여 저장하였다가 입력 영상의 탐색 영역 안에서 영상과 비교하여 가장 유사도가 큰 지점을 얼굴로 검출하는 방법이다[3,4]. 이 방법은 단순한 장점을 가지고 있지만, 얼굴 회전이나 크기변화, 다양한 빛의 변화 및 잡음에 민감하고 정합 자체의 계산량이 큰 부담이 되는 단점을 가지고 있다.

두 번째, 신경망 기반 접근 방법들은 다양한 영상들로부터 얼굴 영역과 비 얼굴 영역을 획득하여 신경망을 통해 얼굴과 비 얼굴로 학습한 뒤 입력 영상으로부터 얼굴을 검출하도록 하는

방법이다[5][6]. 이러한 방법들은 정면 및 측면 얼굴 검출에 대해서는 만족할 만하지만 학습을 위한 비 얼굴 선택이 쉽지 않고 실수 위주의 복잡한 계산이 많으며 회전된 얼굴의 경우 좋은 결과를 보여주지 못하고 있다.

세 번째, 모델 기반 접근 방법들은 얼굴 검출을 위해 얼굴에서 불변하는 특징 눈, 코, 입과 같은 얼굴 요소, 질감, 피부색들을 이용하는 방법이다[7][8]. 여러 가지 특징들 중 피부색은 얼굴의 이동, 회전, 크기 변화 등에 덜 민감한 특성을 가지므로 최근에 가장 많이 사용되고 있는 방법이다. 최근 수행된 대부분의 연구들에서는 피부색을 단독으로 사용하기보다는 에지 검출을 통한 얼굴 타원, 얼굴 추적을 위한 움직임 정보, 얼굴 요소, 질감과 결합하여 사용한다.














### 2.2 눈 추출 기법

눈 추출을 위한 기존의 연구들은 신경망 기반의 연구[5][6], 특징 기반의 연구[7][8], 형판 정합을 이용한 연구[3][4] 등으로 분류할 수 있다. 또한 접근방법에 따라 얼굴 영역을 가정하고 눈을 찾는 방법과 입력 영상 전체에서 눈을 검출하는 방법으로 나누어 볼 수 있으나 대부분의 연구는 대략적으로나마 얼굴 영역을 검출 한 후 그 안에서 얼굴 요소를 찾는 방식으로 진행되고 있다.

특징 기반의 눈 검출 방법은 눈의 밝기 값이 인근 영역보다 어둡고 흰자와 검은자에 의한 밝기 대비가 크다는 특징을 기본 가정으로 하여 반복적인 이진화만으로 눈을 검출하는 방법이다. 또한 이진화 결과를 수직, 수평방향으로 히스토그램을 그리거나 연결된 요소를 분석하여 눈을 검출하는 것도 하나의 분석 방법이 된다. 이러한 특징 기반의 눈 검출 방법은 다양한 응용이 가능하며 방식이 간단한 장점이 있으나, 머리가 내려와 눈을 가린 경우나 상대적으로 눈썹이 짙은 경우 눈 추출이 힘들다는 단점이 있다.

### 2.3 입 모양에 따른 감정 분류

여러 가지 감정 인식 기법 중에서 입 모양으로부터 어떤 감정의 상태인가를 판단할 수 있는 인식 기법을 가장 많이 사용한다. 이 기법은 13가지의 입 모양과 감정 데이터베이스에 사용될 감정들을 기술한다. 여기서 기술하는 13가지 입 모양과 감정의 구분은 Peck의 연구 내용을 고찰

Retraction of corners of mouth		Opening of mouth		Parting of lips		Elevation of upper lip	
Elevation of corners of mouth		Upward retraction of open mouth		Compression of lips		Elevation of lower lip	
Depression of corners of mouth		Downward retraction of open mouth		Pursing of lips		Curling of upper lip	
						Protrusion of both lip	

입 주변 모양

열려 있는 입

입술 모양

(그림 1) 입 모양

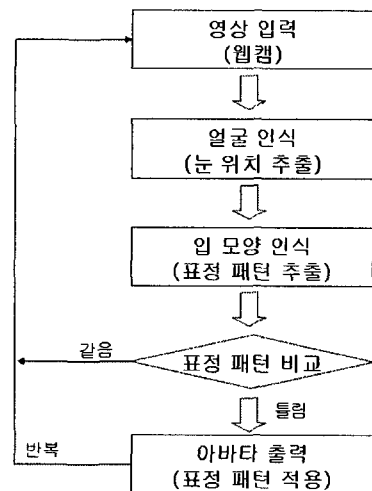
한 것이다[9]. (그림 1)과 같이 입 모양은 입 주변 모양, 열려 있는 입 모양, 입술 모양과 같이 크게 세 가지로 분류된다.

정 패턴에 맞는 아바타로 출력하게 된다. 이와 같은 과정을 반복함으로써 아바타는 실시간으로 사용자의 감정을 표현하게 된다. (그림 2)는 이러한 아바타 설계를 도식적으로 나타내고 있다.

### 3. 실시간 감정 표현 아바타의 설계

실시간 감정 표현 아바타의 궁극적인 목표는 실시간으로 사용자의 영상을 받아 사용자의 감정 상태를 실시간으로 아바타에 적용하는 것이다. 웹캠을 이용하여 사용자의 영상을 받아 얼굴을 인식하고, 감정 인식의 한 방법인 입모양을 이용하여 사용자의 감정 상태를 판단하여 패턴을 정한다. 그리고 그 패턴을 이용하여 아바타가 감정을 표현하는 것이다.

실시간 감정 표현 아바타는 처음 초기 정보로 기본 표정 패턴을 가지고 있어야 된다. 이 정보로 처음 실행 시 아바타는 표정 패턴이 적용된 아바타가 출력되어진다. 그리고 얼굴 인식을 통하여 눈의 위치를 추출한다. 이 눈의 위치 정보를 이용하여 입 모양을 추출 한 후 표정 패턴을 추출한다. 추출한 표정 패턴은 전의 표정 패턴과 비교하여 표정 패턴이 같으면 아바타에 적용하지 않고 다시 얼굴 인식단계로 돌아간다. 표정 패턴이 틀리면 다음 단계로 넘어가서 변화된 표



(그림 2) 감정 표현 아바타 설계

본 논문에서는 얼굴 추출에 있어서 다양한 접근 방법 중에서 모델 기반 접근방법[7][8]을 사용하였다. 이 방법은 얼굴 영역을 추출하는데 예지 정보를 사용하여 추출하고 눈의 후보 지역은 명도 임계값을 사용하여 추출한다. 눈의 위치 정

보를 이용하면 사람의 얼굴에서 가운데 부분을 찾아 낼 수도 있다. 그리고 눈을 기준으로 눈 위에는 눈썹, 눈썹 위에 머리, 눈 밑에 코, 코밑에 입술, 그리고 양 옆으로 귀가 있다. 사람의 얼굴 형태는 항상 정해진 부분에 정해진 것이 있으며 이것은 인식 모델이 정해지는 중요한 정보가 된다.

표정 패턴을 추출하기 위하여 눈의 위치 정보와 매개변수 템플릿으로 알려진 가변형판을 사용하여 얼굴의 입 영역을 분할한다. 분할한 입 영역을 전 처리와 정규화를 시킨 후 DCT를 이용하여 특징을 추출한다. 이와 같이 형성된 특징 파라미터를 신경회로망을 통하여 학습 훈련한 후 미리 구축해 놓은 13가지 감정 DB에 매칭한다[10]. 이것으로 표정 패턴을 추출할 수 있게 된다.

여기서 추출된 감정으로 해당되는 아바타 표정 패턴을 찾는 과정에서 입 모양으로 표정을 정하기는 애매모호하다. 따라서 아바타 표정 패턴을 무표정, 미소, 웃음, 화남, 슬픔, 놀람 6가지로 구분하고 각각에 해당하는 13가지의 감정 패턴을 분류한다. <표 1>은 앞에 나열한 6가지 아바타 표정 패턴과 각각에 해당하는 13가지 감정 패턴을 구분한 것이다.

<표 1> 아바타 패턴에 해당하는 표준 감정

표정 패턴	아바타 감정 패턴	표준감정
1	무표정	Retraction of corners of mouth Depression of corners of mouth
2	미소	Elevation of corners of mouth Curling of upper lip
3	웃음	Upward retraction of open mouth
4	화남	Compression of lips Pursing of lips Elevation of upper lip Protrusion of both lip
5	슬픔	Parting of lips Elevation of lower lip
6	놀람(어이없음)	Opening of mouth Downward retraction of open mouth

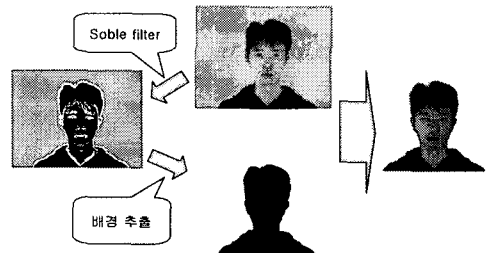
## 4. 실시간 감정 표현 아바타의 구현

### 4.1 얼굴 및 눈 추출

얼굴 추출에 있어서 모델 기반 접근 방법은 얼굴의 위치와 상대적인 위치를 고려하여 눈의 위치를 추출하는 방법이다.

#### 4.1.1 배경 정보 추출

배경은 의미가 없는 정보이며 또한 이미지는 상대적으로 연산이 많은 정보이기 때문에 배경 정보를 찾아내어서 없애 주는 것이 먼저 수행된다. 이미지에서 배경 정보를 찾기 위해 사용되는 방법으로 여러 가지 방법이 있다. 본 논문에서는 영상 처리에서 많이 사용하고 있는 소벨 필터를 이용한다. 이 필터는 에지를 상대적으로 강하게 표시하는 특성이 있다



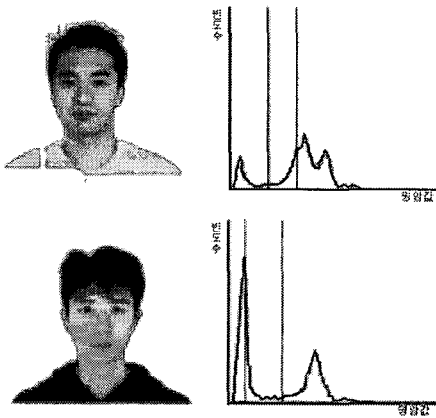
(그림 3) 배경 추출

#### 4.1.2 머리카락 및 옷 추출

이미지에서 머리카락, 눈썹, 눈, 콧구멍, 입술 부분이 상대적으로 어두운 부분에 속한다. 그리고 어두운 색의 옷을 입었을 경우는 옷도 어두운 색에 들어간다. 얼굴의 피부 부분, 눈의 흰자 부분은 위의 나열한 부분에 비하여 밝은 색이다. 그러면 이미지에서 머리카락에 해당하는 부분과 옷에 해당하는 부분을 추출하기 위해서는 머리카락에 해당하는 명암 값을 정해서 그 이하에 해당하는 색깔을 머리카락이라고 생각하면 된다.

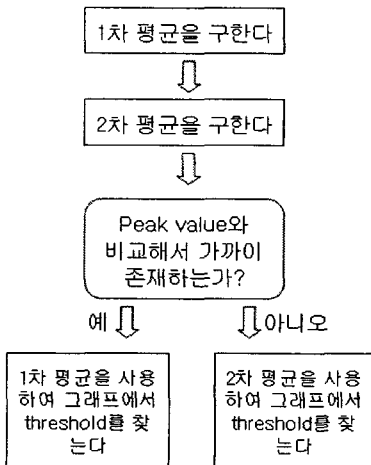
(그림 4)에서 배경을 제외한 이미지와 명암 분포 그래프가 있다. 그래프에서 오른쪽에 있는 것이 전체 평균이고 왼쪽에 있는 것이 전체 평균에서 어두운 쪽 평균이다. 여기서 보아야 할 영역은 처음 peak value가 지나서 어두운 영역과 밝은 영역 사이의 일정하게 적은 값들이 유

지되는 곳이다.



(그림 4) 1차 평균과 2차 평균 그래프

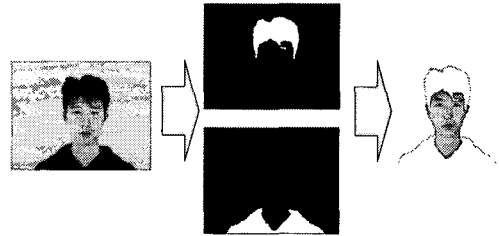
그러나 (그림 4)의 아래 그림처럼 다양한 이미지에서 이러한 것은 모두 통하지 않는다. (그림 4)의 아래 그림은 어두운 옷 부분이 사진에 더 짙히면 2차 평균에 해당하는 왼쪽 선이 peak value에 존재하거나 peak value 왼쪽에 존재할 수 있다는 것을 보여준다. 이러한 문제를 줄이기 위해서 (그림 5)의 방법을 사용한다. 우선 1차 평균과 2차 평균을 구한다. 그 후 2차 평균이 peak value와 가까이 존재하는지를 검사한다. 가까이 존재한다면 1차 평균을 사용하게 되고 아니면 2차 평균을 사용하게 된다.



(그림 5) threshold 찾는 방법

이렇게 구한 threshold 값을 이용하여 (그림

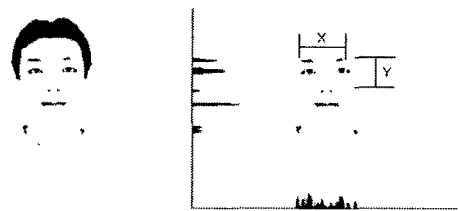
6)과 같은 머리카락과 옷을 추출한 이미지를 생성할 수 있다.



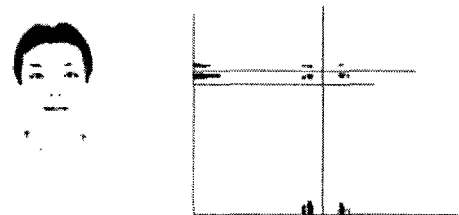
(그림 6) 머리카락 및 옷 추출

#### 4.1.3 눈 위치 결정

머리카락과 옷을 추출하고 남은 이미지의 가로축 세로축에 대한 이미지의 분포를 구한다. 이미지들을 관찰해 보면 눈썹, 눈동자, 콧구멍, 입술, 턱 밑에 어둡게 그림자가 진 곳과 옷 부분 제거하는 단계에서 제거 되지 않은 부분이 남는다. 여기서 두 개의 눈동자는 반드시 나오지 않으면 눈썹과 눈동자는 반드시 나오기 때문에 이것을 이용하여 눈동자 이하의 정보를 없애줄 수 있다. 양쪽 눈이나 눈썹의 서로 떨어진 거리를 구하고 이 거리를 이용하여 눈동자 이상의 정보를 추출한다[14][15][16].



(a) 양 눈썹이나 눈의 길이를 구하는 이미지



(b) 눈과 눈썹만 남은 이미지

(그림 7) 눈 위치 결정

이렇게 얻어진 이미지에서 남은 정보는 눈썹

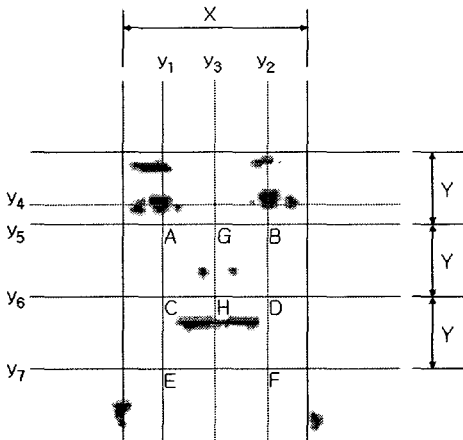
과 눈 부분에 해당하는 정보만 남는다. 이러한 과정은 (그림 7)에서 보여주고 있다. 만약 세로축으로 이미지의 분포가 2개 이상이 된다면 눈썹과 눈이 나온 것이고 세로축으로 이미지의 분포가 1개이면 이것은 눈만 남은 것이다. 2개 이상이면 가장 아래 분포하는 이미지가 눈이 된다. X축 평균을 구하면 눈동자 지역을 양분 할 수 있고 각각의 양분된 이미지에서 분포하는 이미지의 중심점을 구하면 그 점이 눈동자가 된다 [17][18].

## 4.2 표현 표정 패턴

### 4.2.1 코, 입 영역 추정

#### ◎ 전처리

코, 입 영역을 추정하기에 앞서 전 처리 과정을 거치게 된다. 전 처리 과정은 입력되는 얼굴 영상에서 가변 형판의 매개변수들의 값을 초기화 및 범위를 정하기 위하여 라벨링에 의한 대략적인 입 영역을 검출하게 된다.



(그림 8) 추정된 코와 입 영역

#### ◎ 코와 입 영역 추정

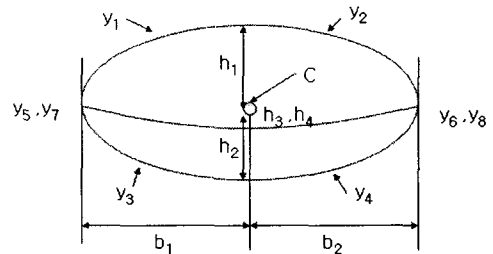
추정되는 코와 입 영역은 (그림 8)과 같다.  $y_4$ 는 오른쪽 눈 영역의 중심과 왼쪽 눈 영역의 중심을 지나는 직선이다.  $y_5, y_6, y_7$ 는  $y_4$ 와 평행한 직선이고  $y_1, y_2, y_3$ 은  $y_4$ 에 수직인 직선이다. 그래서 왼쪽 눈 영역의 중심점을  $E_{left} = (x_1, y_1)$ , 오른쪽 눈 영역의 중심점을

$E_{right} = (x_2, y_2)$ 로 정의하면 다음과 같은 직선의 식들을 구할 수 있다. 코로 추정되는 영역은 사각형 ABDC이고 입 영역은 사각형 CDFE가 된다.

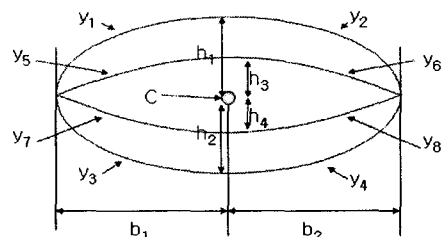
#### 4.2.2 가변 형판을 사용한 입 영역의 추출

입 모양에서 다문 입과 열린 입은 서로 많은 모양의 차이가 있다. 그래서 입 형판은 다문 입의 형판과 열린 입의 형판이 필요하다. (그림 9)의  $C = (C_x, C_y)$ 는 입의 중심점으로  $x, y$ 좌표계로 표현된다. 입의 형판은 8개의 곡선들로 구성되고 8개의 매개변수를 사용하여 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\vec{i} = (C, b_1, b_2, b_3, h_1, h_2, h_3, h_4, \theta)$$



(a) 다문 입의 형판



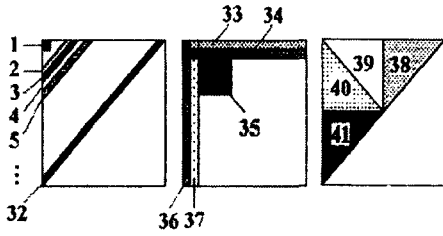
(b) 열린 입의 형판

(그림 9) 입의 형판

얼굴의 특징을 자동으로 추출하기 위하여 전처리를 통한 제한된 매개변수 범위를 사용하여 입 영역을 검출하는 과정을 제시한다[19].

#### 4.2.3 DCT 기법을 이용한 특징 추출

DCT 기법을 이용한 특징 추출 방법은 입 모양 이미지를  $32 \times 32$ 로 블록화 한 후 DCT로 처리하여 특징 파라미터를 추출해 내는 전체적 특징 추출 알고리즘이다.



(그림 10) 특징 벡터 추출

특징 추출 데이터는 1~7번 데이터와 33~41번 데이터들만을 사용하였다. 정규화된 특징 벡터 값[20]들을 BP 신경 회로망에 이용하여 입모양의 특징 추출 패턴을 입력 값으로 사용하여 반복 학습 후 미리 정해놓은 표준 감정 13가지 중 가장 가까운 값을 표정 패턴으로 추출한다. (그림 10)은 이러한 특징 벡터 추출을 보여주고 있다.

### 4.3 구현 환경 및 결과

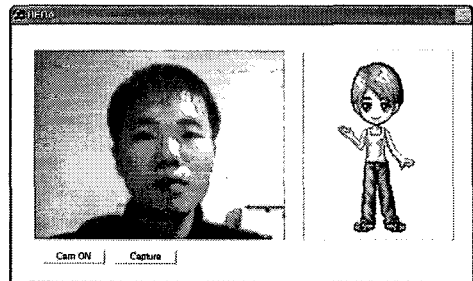
구현은 Windows XP Professional 상에서 Visual C++ 6.0 MFC를 이용하여 구현하였으며 실험은 Pentium IV 3.0GHz인 CPU와 DDR SDRAM 512MB 메모리 사양의 환경에서 수행하였다. 실험은 통상 웹캠에서 사용하는 320×240 크기의 영상으로 단일 색상의 배경과 무늬가 없는 상의를 입은 영상으로 하였다. 복잡한 형태의 배경과 인물의 피부색과 유사한 배경이나 복잡한 무늬의 상의는 적용하기가 어렵기 때문에 제외시켰다.

6가지 감정 패턴(무표정, 미소, 웃음, 화남, 슬픔, 놀람)의 해당하는 아바타 표정 패턴을 설정한다. (그림 11)은 6가지의 감정 패턴에 해당하는 아바타를 보여준다. 아바타는 보편적으로 사용되는 Daum 콘텐츠의 아바타를 사용하였다.

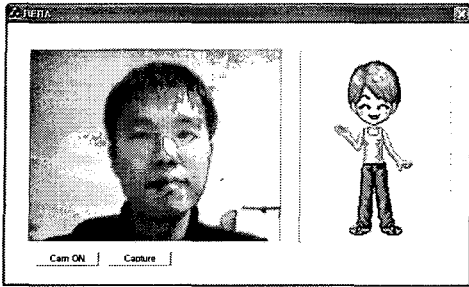


(그림 11) 아바타 표정 패턴

구현 결과는 무표정일 때와 미소 지을 때를 보여준다. 무표정은 (그림 1)의 표정 패턴 중 Retraction of corners of mouth의 상태로 패턴 인식하고 <표 1>에서 이에 해당하는 무표정의 아바타의 감정 패턴을 추출한다. 마찬가지로 미소는 (그림 1)의 표정 패턴 중 Elevation of corners of mouth의 상태로 패턴 인식하고 <표 1>에서 이에 해당하는 미소의 아바타의 감정 패턴을 추출하여 아바타에 감정을 표현하게 된다. (그림 12)는 이러한 방법으로 구현된 결과를 보여주고 있다.



(a) 무표정



(b) 미소  
(그림 12) 실시간 감정 표현 아바타

## 5. 결론

본 논문에서는 실시간 표정 인식 아바타는 웹캠에서 들어온 영상을 모델 접근 방법을 이용하여 보다 빠르게 부분을 인식할 수 있도록 하였다. 그리고 표정 패턴 추출은 표정에 따라 입 모양이 변하는 것을 이용하였다. 모델 접근 방법을 이용하여 눈의 정보를 찾은 후 그 정보를 이용하여 입 모양을 추출하게 된다. 표준적으로 13가지 입 모양으로 각각의 표정을 유추하고 각 표정 패턴에 맞는 아바타를 미리 구현하여 보다 빠르게 아바타의 표정을 표현할 수 있다.

향후 실시간 감정 처리를 개선하기 위해서는 다음과 같은 문제점들을 해결해야 할 것이다. 우선 실시간이라는 점에서 보다 빠른 데이터 처리 속도의 연구이다. 이 점이 개선되면 될 수록 활용범위가 다양해질 것이다. 그리고 감정 인식 기법도 개선되어야 할 것이다. 본 논문은 입 모양으로 감정 인식을 하였지만 그것으로는 인간의 다양한 표정을 다 구현할 수 없었다. 그러므로 부분적 얼굴 영상인 입 모양뿐만 아니라 얼굴 전체를 통한 인식을 통하여 여러 가지 감정을 인식할 수 있도록 연구 및 개선이 필요하다.

## 참 고 문 헌

- [1] S. M. Platt and N. Badler, "Animating Facial Expressions," *Computer Graphics*, Vol. 15, No. 3, pp. 245-252, 1981.
- [2] K. Waters, "A Muscle Model for Animating Three-Dimensional Facial Expression," *Computer Graphics*, Vol. 21, No. 4, pp. 17-24, 1987.
- [3] Liu, Z., Wang, Y, "Face detection and tracking in video using dynamic programming," *International Conference on Image Processing*, Vol. 1, pp. 53-56 2000.
- [4] Hidai, K., Mizoguchi, H., Hiraoka, K., Tanaka, M., Shigehara, T., Mishima, T., "Robust face detection against brightness fluctuation and size variation," *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, Vol. 2, pp. 1379-1384, 2000.
- [5] Sung, K., Poggio, T., "Example-based learning for view-based human face detection," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 20, pp. 39-51, 1998.
- [6] Rowley, H.A., Baluja, S., Kanade, T., "Neural network-based face detection," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 20, pp. 23-38, 1998.
- [7] S.A. Sirohey, "Human face segmentation and identification," *Technical Report CS-TR-3176*, University of Maryland, 1993.
- [8] Kin Choong Yow, Cipolla, R., "A probabilistic framework for perceptual grouping of features for human face detection," *Second International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*, pp.16-21, 1996.
- [9] Stephen Rogers Peck, "Atlas of Human Anatomy for the Artist," Oxford, pp. 252-255, 1982.
- [10] Maja Pantic, "Automatic Analysis of Facial Expressions : The State of the Art," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, pp. 1424-1431, 2000.
- [11] Liming Zhang and Patrick Lenders, "A New Head Detection Method Based on the Region Shield Segmentation in Complex Background," *Proceedings of 2001 International Symposium of Intelligent Multimedia, Video and Speech Processing*, pp. 328-331, May 2001.
- [12] Liming Zhang and Patrick Lenders, "Knowledge-Based Eye Detection for Human Face Recognition," *Proceedings of the Fourth International Conference on Knowledge-Based Intelligent Engineering Systems and Allied Technologies*, Vol. 1, pp. 117-120, 2000.
- [13] Francesco G.B. De Natale, Daniele D. Giusto and Fabrizio Maccioni, "A Symmetry-Based Approach to Facial Features Extraction," *Proceedings of the 13th International Conference on Digital Signal Processing*, Vol. 2, pp. 521-525, 1997.



- [14] Tsuyoshi Kawaguchi, Daisuke Hidaka and Mohamed Rizon, "Detection of Eyes from Human Faces by Hough Transform and Separability Filter," Proceedings of an International Conference on Image Processing, Vol. 1, pp. 49-52, 2000.
- [15] Mohamed Rizon and Tsuyoshi Kawaguchi, "Automatic Eye Detection Using Intensity and Edge Information," TENCON, Vol. 2, pp. 415-420, 2000.
- [16] Weimin Huang and Robert Mariani, "Face Detection and Precise Eyes Location," Proceedings of the 15th International Conference on Pattern Recognition, Vol. 4, pp. 722-727, 2000.
- [17] Kin-Man Lam and Yan-Lin Li, "An Efficient Approach for Facial Feature Detection," Proceedings of the Fourth International Conference on Signal Processing, ICSP, Vol. 2, pp. 1100-1103, 1998.
- [18] Rober Mariani, "Subpixellic Eyes Detection," Proceedings of International Conference on Image Analysis and Processing, pp. 496-501, 1999.
- [19] Gianluca Donato, Marian Stewart Bartlett, Joseph C. Paul Ekman, and Terrence J. Sejnowski, "Classifying Facial Action," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 21(10), pp. 974-989, 1999.
- [20] A. L. Yuille, D. S. Cohen and P. W. Hallinan, "Feature extraction from faces using deformable templates," Proc. CVPR'89, pp. 104-109, 1999.

1999년~2002년 대구대학교 정보통신공학부  
 2002년~현재 한성대학교 멀티미디어공학부 부교수  
 관심분야 : 멀티미디어 시스템, 인터넷 응용프로그램,  
 가상현실, 가상(원격)교육, 게임 프로그래밍 등



**정 일 홍**

1993년: 애리조나 주립대학 컴퓨터 공학과 졸업 (공학석사)  
 1998년: 애리조나 주립대학 컴퓨터 공학과 졸업 (공학박사)  
 1998년 ~ 현재 : 대전대학교 컴퓨터공학과 부교수

관심분야 : 컴퓨터 그래픽스, 멀티미디어, 애니메이션, 가상현실, 영상처리, 디지털 콘텐츠 등

**조 세 홍**



1983년 연세대학교 3년 수료  
 1991년 캘리포니아 주립대학 컴퓨터공학과 졸업 (이학사)  
 1996년 애리조나 주립대학 컴퓨터 공학과 졸업 (공학석사)  
 1999년 애리조나 주립대학 컴퓨터 공학과 졸업 (공학박사)