

Action Units(AU)를 사용한 애니메이션 캐릭터 표정 분석

신현민*, 원선희**, 김계영***

* 숭실대학교 IT대학 컴퓨터학과 석사과정

** 숭실대학교 IT대학 미디어학과 박사과정

*** 숭실대학교 IT대학 컴퓨터학과 부교수

e-mail : {shinhyunmin, nifty12, gykim11}@ssu.ac.kr

A Study on Expression Analysis of Animation Character Using Action Units(AU)

Hyun-Min Shin*, Sun-Hee Weon**, Gye-Young Kim*

*Dept of Computer Science, Soongsil University

**Dept of Media, Soongsil University

요 약

본 논문에서는 크게 2단계에 걸쳐 다양한 형태의 얼굴을 가진 2차원 애니메이션 상의 캐릭터 얼굴구성요소를 추출하고 표정을 분석한다. 첫 번째 단계에서는, 기존의 얼굴인식 및 표정인식 분야에서 이용되었던 동적메쉬모델을 간소화하여 캐릭터 얼굴에 적용하기 위한 최적의 표준 메쉬모델을 제작하고, 이 모델을 사용하여 얼굴구성요소의 위치 및 형태정보를 추출한다. 두 번째 단계에서는, 앞 단계에서 추출된 3가지 얼굴구성요소(눈썹, 눈, 입)를 사용하여 FACS(Facial Action Coding System)에 정의된 AU(Action Units) 44개 중 12개의 AU를 사용하여 캐릭터의 5가지 기본적인 얼굴 표정에 대해 분석 및 정의한다. 본 논문에서 정의한 AU로 기본적인 5가지 얼굴표정에 대해 표정분석 정확도를 측정하였고, 서로 다른 캐릭터에 실험함으로써 제안된 AU정의의 타당성을 제시한다.

키워드 : 표정분석, Action Units(AU)

I. 서론

본 연구의 주 관심분야인 얼굴표정은 감정전달 및 의사소통의 중요한 수단이며 언어를 제외한 내적상태의 의사전달 수단 중 가장 복잡하고 강력한 신호로써 정의된다.(Ekman, 1982).[1][2] 인간의 얼굴 표정분석은 다윈과 에크만, 프리젠에 의해 개발된 시스템을 사용하여 기본적인 얼굴표정 분석에 대한 많은 연구가 이루어져왔으며, 본 논문에서는 에크

만과 프리젠에 의해 정의된 FACS-AU(Action Units)을 이용하여 인간의 얼굴표정이 아닌 애니메이션 캐릭터의 얼굴표정 AU를 정의하며 정의된 AU를 이용하여 기본적인 5가지 얼굴표정에 대해 분석한다.

1.1 FACS (Facial Action Coding System)

인간의 얼굴표정을 묘사하는 방법들 중 하나로 널리 사용되는 FACS는 에크만과 프리젠에 의해 개발되었다. 비록 이

방법은 컴퓨터 애니메이션 캐릭터 얼굴이 아닌 인간의 얼굴을 기반으로 표정을 묘사한 것이지만 얼굴표정을 묘사하는 기본적인 방법으로 사용되고 있다. 에크만에 따르면 FACS는 우리가 알고 있는 모든 얼굴 움직임에 대해 설명이 가능하고 해부학을 기초로 하였기에 각각의 근육이 어떻게 얼굴을 변화시키는지를 판단 및 결정 할 수 있다고 한다. FACS는 44개의 AU(Acition Units)로 얼굴표정을 묘사하며 이 중 30개의 AU들은 해부학적으로 특정 얼굴근육들의 수축작용과 관계를 가지고 있다(12개는 얼굴 상단부위, 18개는 얼굴 하단부위). AU는 단독으로 또는 복합적으로 사용할 수 있고, 복합적으로 AU가 발생하였을 때는 부가적인 의미를 정의할 수 있다.[3]

본 논문에서는 AU 30개 중 상단얼굴 AU 6개와 하단얼굴 AU 6개만을 이용하여 애니메이션 캐릭터의 기본 표정에 대해 AU를 분석하고 정의하며, 정의된 AU를 토대로 캐릭터의 표정에 대한 정확도를 측정한다.

II. Action Units(AU)를 이용한 캐릭터 표정분석

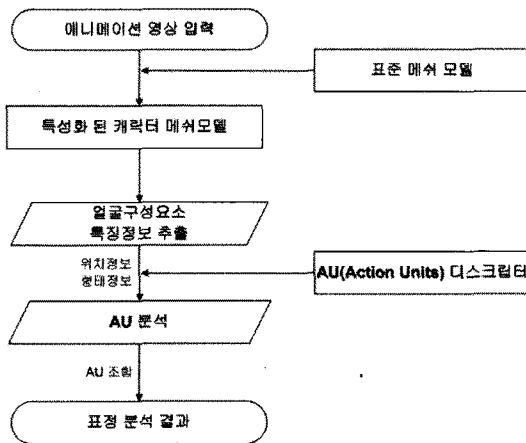


그림 1. 시스템 흐름도

애니메이션 캐릭터의 얼굴 표정분석은 크게 2단계로 이루어지며 그림 1과 같은 구성으로 이루어진다.

먼저 애니메이션의 한 프레임을 입력받은 후 본 논문에서 제작한 캐릭터 표준 메쉬모델을 적용하여 캐릭터의 얼굴 표정분석을 위한 3가지 얼굴구성요소(눈썹, 눈, 입)를 검출한다. 이렇게 검출된 구성요소들의 AU 제어점 정보를 이용하여 기본표정의 AU를 정의하고 표정을 분석한다. 여기서 AU 제어점이란, 표준 메쉬모델상의 제어점으로써 얼굴구성요소의 위치정보 및 형태정보를 포함한다.

2.1 캐릭터 표준 메쉬모델 제작

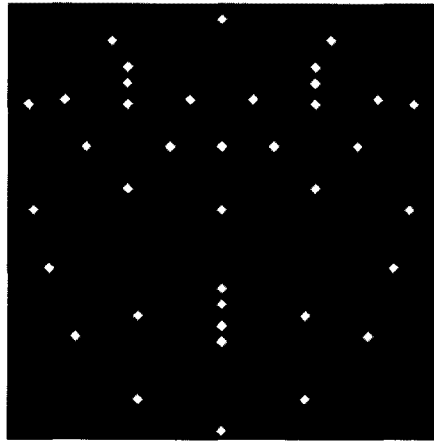


그림 2. 캐릭터 표준 메쉬모델

애니메이션 캐릭터의 얼굴영역과 구성요소를 추출하고 기본적인 표정에 대한 AU(Action Units)를 정의하기 위하여 본 논문에서는 캐릭터 특성에 맞는 표준 메쉬모델을 제작한다. 애니메이션 캐릭터의 얼굴은 사람의 얼굴과 달리 얼굴구성요소의 형태가 유동적이고 학습할 수 없기 때문에 기존의 ASM이나 AAM같은 알고리즘[5]에서 사용되었던 동적 메쉬모델을 적용할 수 없다. 따라서 캐릭터의 3가지 얼굴구성요소를 부각시키고 나머지 구성요소는 최대한 간소화하여 캐릭터 표준 메쉬모델을 제작하였다.[7]

2.2 AU제어점 정의

2.1절에서 추출된 3가지 구성요소의 제어점들을 사용하여 얼굴표정을 묘사하는 AU에 대해 정의한다. 본 논문에서는 FACS(AU)의 얼굴표정을 묘사하는 44개의 AU중에서 12개(상단얼굴 6개, 하단얼굴 6개)만을 사용한다. 캐릭터의 표정은 미묘한 표정이 아닌 확연한 구분이 가는 과장된 표정이므로 캐릭터 얼굴에는 존재하지 않는 주름에 관한 AU를 제외하였고 얼굴표정 생성에 적은 영향을 미치는 코에 대한 AU는 제외하였다.

표 1은[6] 본 논문에서 사용한 구성요소들의 AU에 대한 설명이다. 예를 들어, AU1은 내측 눈썹이 올라간 표정이며 AU2는 외측 눈썹이 올라간 표정, AU4는 눈썹 내측과 외측이 동시에 내려간 표정으로 정의한다. 이처럼 눈썹, 눈, 입에 대한 총 12개의 AU와 각 구성요소의 무표정을 포함하여 총 15개의 AU로 구성된다.

표 3. FACS-AU(Action Units)

Neutral(NB)	AU1	AU2	AU4
기본적인 눈썹	눈썹 내측이 올라감	눈썹 외측이 올라감	눈썹 양측이 내려옴
Neutral(NE)	AU5	AU7	AU43
기본적인 눈	눈을 크게 뜸	눈을 살짝 감음	눈을 완전히 감음
Neutral(NL)	AU12	AU15	AU18
	입술 양단을 끌어 올림	입술 양단을 끌어 내림	입술을 오므림
	AU20	AU25	AU27
기본적인 입	입술 양단을 늘림	입을 작게 벌림	입을 크게 벌림

표 1. 얼굴구성요소 템플릿 정의

구성요소	상태	구성요소 템플릿
눈썹	유/무	
눈	뜨다 / 감다	
입	열다 / 닫다	

표 2는 AU로 정의한 3가지 구성요소들을 기본 템플릿을 정의한 것이다. 눈썹의 상태는 존재의 '유/무'로 판단하며 눈의 상태는 '뜨는/감은 눈'으로 입은 '열었다/닫았다'의 상태로 표현한다. 템플릿 상에 있는 각각의 제어점을 AU 제어점이라 정의하고, 이것은 표3에서 표정을 묘사하는 AU를 정의할 때 파라미터로 사용된다.

표 2. 얼굴구성요소별 AU 정의

구성요소	AU	조건식
눈썹	NB	$b1.y < b4.y, b2.y \& \& b3.y < b2.y, b4.y$

눈썹	AU1	$b1.y < b4.y < b3.y$
	AU2	$b3.y < b4.y < b1.y$
	AU4	$b1.y \leq b3.y \& \& b3.y \leq b4.y$
눈	NE	$r_Eye = dist Y(e2, e3) / dist X(e1, e4), -0.2 * r_Eye \leq r_Eye \leq 0.2 * r_Eye$
	AU5	$0.2 * r_Eye < r_Eye$
	AU7	$-0.7 * r_Eye < r_Eye < -0.2 * r_Eye$
	AU43	$0 \leq r_Eye < -0.7 * r_Eye$
입	NL	$r_Lip = dist Y(l3, l4) / dist X(l1, l6), 0 < dist Y(l3, l4) < 0.005 \& \& l5.y < l1.y, l6.y < l2.y \& \& 0.004 < r_Lip < 0.011$
	AU12	$l2.y \leq l1.y, l6.y$
	AU15	$l5.y \leq l1.y, l6.y$
	AU18	$0 < dist Y(l3, l4) < 0.005 \& \& 0.011 < r_Lip$
	AU20	$0 < dist Y(l3, l4) < 0.005 \& \& r_Lip < 0.004$
	AU25	$0 < dist Y(l3, l4) < 0.015 \& \& l5.y < l1.y, l6.y < l2.y \& \& r_Lip < 0.4$
	AU27	$0 < dist Y(l3, l4) < 0.015 \& \& 0.4 < r_Lip$

표 3은 AU를 정의하기 위한 조건식으로 각 구성요소의 파라미터로 정의된다. 눈썹은 각각 4개의 파라미터(왼쪽 : b1, b2, b3, b4 / 오른쪽 : b5, b6, b7, b8)를 이용하여

NB(Neutral eyeBrow : 기본눈썹), AU1, AU2, AU4를 정의하는데 예를 들어, AU1은 b1 파라미터의 y 좌표값이 b4 파라미터의 y 좌표값보다 작고 b4 파라미터의 y 좌표값이 b3 파라미터의 y 좌표값 보다 작으면 AU1이라 정의한다. 눈도 눈썹과 마찬가지로 각각 4개의 파라미터(왼쪽 : e1, e2, e3, e4 / 오른쪽 : e5, e6, e7, e8)를 이용하여 파라미터들 간의 x축(e1, e3), y축(e2, e4)의 비율을 통해 NE(Neutral Eye : 기본 눈), AU5, AU7, AU43을 정의한다. r_Eye를 파라미터 e2, e3 간의 y축으로의 거리와 e1, e4 간의 x축으로의 거리의 비율로 정의한다면, r_Eye가 0.2 배 보다 큰 범위를 가질 때 AU5로 분류한다. 이와 같이 r_Eye의 범위 조건을 이용하여 눈에 대한 AU를 정의한다. 마지막으로 입은 6개의 파라미터(11, 12, 13, 14, 15, 16)를 이용하여 다른 구성요소와 마찬가지로 AU를 정의한다.

표 5는 표 4의 조건을 이용하여 각 표정별로 AU를 정의한 것으로, 표정마다 가장 많이 추출된 AU 순서대로 높은 순위를 부여하여 구성요소의 AU를 조합하여 정의하였다. AU의 순위는 총 4개의 순위로 나뉘며 추출될 확률이 가장 높은 AU가 해당 표정에서 4순위에 배정되고 가장 낮은 확률을 가지는 AU가 1순위에 배정된다. 따라서, 각 표정을 구성하는 AU는 4순위에 해당하는 AU들이 조합되어 정의된 것이다.

표 4. AU 정의

표정	AU 정의(눈썹 눈 입)
무표정	NB NE NL
기쁨	NB AU43 AU27
슬픔	AU1 NE AU27
놀람	NB NE AU27
화남	AU2 NE AU27

III. 실험 및 결과

본 연구는 Intel PentiumIV 3.0GHz CPU, 2GB Ram 환경에서 MFC, OpenGL 라이브러리를 사용하여 구현되었다.

본 논문에서는 5 가지(무표정, 기쁨, 슬픔, 화남, 놀람) 표정에 대하여 AU를 정의하기위해 자체 제작한 캐릭터 영상 데이터베이스(CIDB)를 이용한다. 이 데이터베이스는 다양한 캐릭터 얼굴에 대해 각 표정마다 50장의 영상을 가지며 총 250장의 캐릭터 얼굴영상으로 구성된 영상 데이터로 이루어진다. 이 영상들은 입의 실험자를 대상으로 기본표정을 분류한 후 이들에 의해 공통적으로 분류된 영상들로 이루어져있으며 또한, 정면영상 및 측면영상을 포함하고 있으며 다양한 크기의 영상에 대해 320 x 240 크기로 정규화하여 분석한다.

표 6과 표 7은 실험을 통하여 표정분석이 성공한 결과와 실패한 경우를 나타낸 것이다. 표 6에서 보이는 것처럼 캐릭터의 얼굴형태가 다양하고 얼굴구성요소의 크기 및 형태가 다르더라도 배쉬모델의 제어점을 분석하여 성공적으로 표정 분석이 가능한 것을 알 수 있다. 표 7의 실패한 결과를 보면, 표정을 분석하기 위해 중요한 구성요소인 눈썹이 앞머리에 의해 그 형태가 불분명하거나 입의 크기가 너무 작게 그려져서 분석하기 실패한 경우임을 확인할 수 있다.

표 5. 표정별 인식 결과



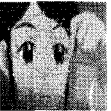



























표정	인식 결과		
무표정			
AU	NB NE NL	NB NE NL	NB NE NL
기쁨			
AU	NB AU43 AU27	NB AU43 AU27	NB AU43 AU27
슬픔			
AU	AU1 NE AU27	AU1 NE AU27	AU1 NE AU27
놀람			
AU	NB AU5 AU27	NB AU5 AU27	NB AU5 AU27
화남			
AU	AU2 NE AU27	AU2 NE AU27	AU2 NE AU27

표 6. 표정별 오인식 결과

참고문헌

표정	오인식 결과		
무표정			
AU	F AU7 NL	FINE AU25	FIAU5 AU18
기쁨			
AU	NBINE AU12	AU2 AU7 AU12	F AU43 F
슬픔			
AU	AU1 AU5 AU25	F AU7 AU25	FIAU43 AU27
놀람			
AU	NBINE AU27	FIAU5 AU27	NB AU5 AU27
화남			
AU	FINE AU27	FINE F	AU2 NE F

- [1] Ekman.P and Freisen. W.V., "The Facial Action Coding System", Palo Alto, CA : Consulting Psychologist Press., 1978.
- [2] Ekman, P. Friesen, W. V. and Ancoli, S. "Facial signs of emotional experience" Journal of Personality and Social Psychology. 39, 1125-1134, 1980.
- [3] Ying-li Tian. Takeo Kanade. and Jeffrey F. Cohn. "Recognizing Action Units for Facial Expression Analysis" IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence, Vol.23, No2, Feb. 2001.
- [4] 신현민, 김계영, "2차원캐릭터의 3차원 회전정보 측정과 표정 분석에 관한 연구", 한국정보과학회 2008 가을 학술발표논문집 제35권 제2호(A), pp. 242 ~ 243, 2008. 10.
- [5] T. F. Cootes, G. J. Edwards, and C. J. Taylor, "Active appearance models," in 5th European Conference on Computer Vision, H.Burkhardt and B. Neumann, eds., vol. 2, pp. 484-498, Springer, Berlin, 1998.
- [6] Ekman, P., Friesen, W. V., and Hager, J. C. (Eds.). "Facial action coding system - Second edition. Salt Lake City : Research Nexus eBook". London: Weidenfeld & Nicolson (world), 2002.

IV. 결론

본 논문에서는 기존에 연구되어왔던 사람의 얼굴 표정분석이 아닌 애니메이션 캐릭터의 얼굴 표정분석을 연구하였다. 캐릭터의 얼굴구성요소를 추출하기 위하여 동적메쉬모델을 간소화하여 캐릭터 표준메쉬모델을 제작하였으며, 메쉬 제어점으로부터 얼굴구성요소의 위치정보와 형태정보를 획득하는 방법을 제안하였다. 또한, 표정분석을 위해 Action Units(AU)에 기반하며 기본표정 5가지에 대해 분석하였다. 다양한 캐릭터 얼굴특성에 범용적으로 적용이 가능하도록 표정AU의 조건식을 정의하였으며, 실험을 통하여 다양한 얼굴형태에 대해서도 강건하게 표정분석이 가능한 것을 확인하였다.

향후 기본표정 뿐만이 아닌 복잡하고 미묘한 표정에 대해서도 분석이 가능한 AU정의가 필요할 것이며, 얼굴구성요소의 추출이 실패한 경우에 대해서도 표정분석이 가능하도록 AU조합에 관한 연구가 필요하다.