

일반논문-06-11-4-14

3차원 얼굴 표정 추적을 위한 스테레오 시각 모듈 설계 및 구현

이 문 회^{a)†}, 김 경 석^{b)}

Design and Realization of Stereo Vision Module For 3D Facial Expression Tracking

Mun-Hee Lee^{a)†}, and Kyong-Sok Kim^{b)}

요 약

본 연구에서는 2개의 CMOS 영상 센서가 탑재된 스테레오 시각 모듈을 사용하여 얼굴 움직임 및 표정을 효과적으로 추적할 수 있는 얼굴용 모션 캡처 기술을 제안한다. 제안한 추적 알고리즘에는 신경회로망 기반의 중심점추적기법 및 상관추적기법을 사용한다. 실험 결과, 일반 얼굴 표정에 대해 스테레오 시각 모션 캡처를 사용한 두 추적기법 모두 15, 30프레임올에 대해 각각 95.6%, 99.6%의 추적성공률을 가진다는 것을 보여준다. 그러나 '입술 떨림'의 경우, 입술부위는 중심점추적기법(82.7%/15frame, 99.1%/30frame)의 추적성공률이 상관추적기법(78.7%/15frame, 92.7%/30frame)보다 높다는 것을 보여준다.

Abstract

In this study we propose to use a facial motion capture technique to track facial motions and expressions effectively by using the stereo vision module, which has two CMOS IMAGE SENSORS. In the proposed tracking algorithm, a center point tracking technique and correlation tracking technique, based on neural networks, were used. Experimental results show that the two tracking techniques using stereo vision motion capture are able to track general face expressions at a 95.6% and 99.6% success rate, for 15 frames and 30 frames, respectively. However, the tracking success rates(82.7%,99.1%) of the center point tracking technique was far higher than those(78.7%,92.7%) of the correlation tracking technique, when lips trembled.

Keywords : Motion Capture, Multi-marker Tracking, facial animation

I. 서 론

모션 캡처 시스템은 인간의 3차원 동작 캡처는 물론이고, 최근에는 TV방송, 컴퓨터 게임, 애니메이션 영화, 기타 캐릭터 산업에서 연기자의 얼굴 표정과 입술 모양의 표현에

있어서도 많은 발전을 이루었다^[1].

현재 얼굴용 모션 캡처 시스템을 이용한 캐릭터 애니메이션은 해외에선 이미 뉴스 진행자나 토크쇼 진행자 등으로 폭넓게 활용되고 있으며, 국내에서도 상업적인 가능성을 보여주었다. 그러나 기존의 얼굴용 모션 캡처 시스템은 카메라 1대로 되어 머리에 쓰면서 추적할 수 있는 형태로 이루어져 있기 때문에 고개를 들거나 내리거나 하는 행동, 고개를 한쪽으로 기울이는 행동을 취했을 경우 얼굴의 운동을 전혀 추적하지 못한다. 또한 얼굴은 인체해부학적 특

a) 대구경북연구원 신산업연구팀
Advanced industry Team, Daegu-Gyeongbuk Development Institute
b) 부산대학교 정보컴퓨터공학부
Dept of Computer Science and Engineering, Pusan National University
† 교신저자 : 이문희(mhlee@dgi.re.kr)

성상 각 부위마다 서로 다른 깊이정보를 가지고 있는데도 불구하고, 머리에 쓰면서 추적하는 형태는 단지 2차원 데이터로 얼굴 표정을 표현하기 때문에 표정이 자연스럽게 못하다. 그리고 기존의 모션 캡처 시스템은 고가의 고속 하드웨어 및 카메라만을 사용하고 있다.

따라서 본 논문에서는 캐릭터 애니메이션의 비용 절감 및 얼굴 표정의 자연스러운 표현을 위해 고속 하드웨어 기반의 고가 카메라를 이용한 기존의 광학식 모션 캡처 시스템 대신, 일반 저가형 CMOS 영상 센서 2개를 사용하여 얼굴 움직임 및 표정의 3차원 데이터를 효과적으로 추적할 수 있는 신경회로망 기반의 스테레오 시각 모듈(Stereo Vision Module)을 제안한다.

본 논문은 II장에서 신경회로망 기반의 스테레오 시각 모듈 구성 및 설계, III장에서는 신경회로망을 이용한 다중 표적 추출 알고리즘, IV, V장에서는 스테레오 시각 기법을 이용한 깊이정보생성 및 신경회로망을 이용한 다중 표적 추적 알고리즘에 대해 살펴본다. VI장에서는 제안한 알고리즘에 대한 실험 결과 및 분석을 살펴보고 마지막으로 VII장에서는 결론 및 향후 연구 과제를 제시하였다.

II 신경회로망 기반의 스테레오 시각 모듈 구성 및 설계

제안한 모듈을 구현하기 위한 알고리즘은 표적의 추출, 깊이 정보 생성, 표적 궤적 추적의 세 단계로 구성된다. 먼저 영역 분할 및 신경회로망 기반의 표적 병합 기법을 이용하여 입력 영상으로부터 다중 표적을 추출한다. 다음으로, 스테레오 시각 기법을 이용하여 2차원 좌표에 깊이 정보를 더해 표적의 3차원 좌표를 구한 후 신경회로망 기반의 추적 알고리즘을 사용하여 다중 표적을 추적한다. 그림 1은 제안한 신경회로망 기반의 모션 캡처 알고리즘의 흐름도이다.

스테레오 시각 모듈은 하이닉스사의 CMOS 영상 센서 (Model: HV7131D-COB) 2개로 이루어진 영상입력부, FPGA부, 기억장치부, 정보전송부로 구성된다. 또한 얼굴에 부착된 표적이 적외선에 의해서 발광할 수 있도록 CMOS 영상 센서 주위에 원형으로 적외선조명을 부착하였

다. 적외선여과기는 반사되는 적외선만을 최대한 받아들이도록 하였다. 그림 2는 스테레오 시각 모듈 구성도이다.

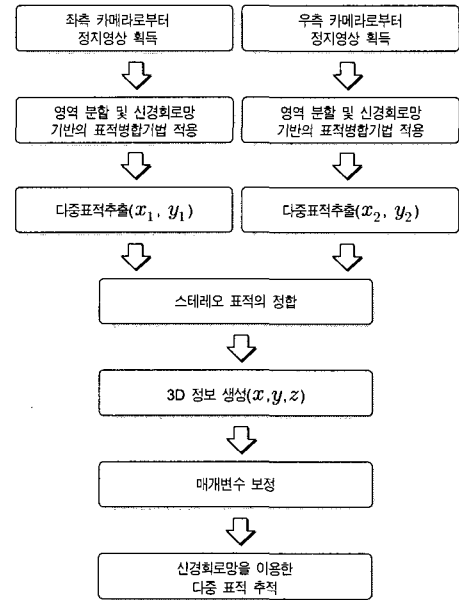


그림 1. 신경회로망 기반의 모션 캡처 알고리즘 흐름도
Fig. 1. Flow Chart of Motion Capture Algorithm Based on Neural Networks

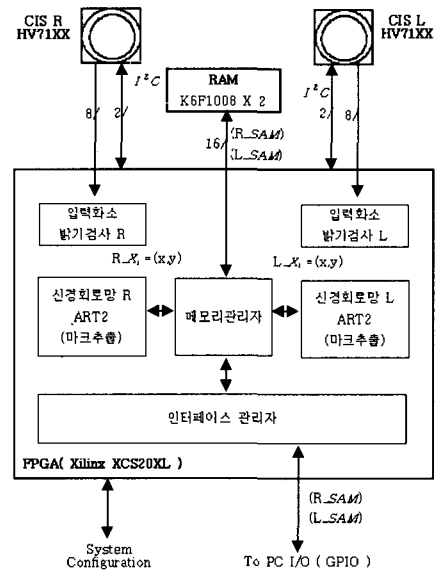


그림 2. 얼굴용 광학식 스테레오 시각 모듈 구성도
Fig. 2. Configuration of Facial Optical Stereo Vision Module

III. 신경회로망을 이용한 다중 표적 추출

본 연구에서는 영상에서 표적을 추출하는 기법으로 영역 분할 및 신경회로망 기반의 표적 병합 기법을 사용하였다. 새로운 프레임이 입력되면 먼저 프레임 영역을 균등 분할(예: 가로 128, 세로 96)한다. 일반적으로 분할 영역의 크기가 클수록 계산량은 줄어드는 반면 정밀도가 떨어진다. 이에 본 연구에서는 다양한 크기로 실험을 실시한 후, 계산량을 줄이면서도 정밀도가 어느 수준 이상 확보되는 5×5의 영역 크기로 분할하였다. 이후 이진화와 동시에 분할된 공간 내에서의 표적 화소수를 구한 후 표적 화소수가 기준값 이상일 경우 해당 표적을 활성화 시키고 기준값 이하의 경우 잠영으로 처리한다.

신경회로망을 이용한 표적 병합에 사용할 입력패턴의 생성방법은 다음과 같다. 적외선을 사용하여 반사되어 오는 영상을 분석하면 일반영역에서 화소들은 대개 0~200이하의 값들을 가지지만 표적 화소들은 240~255의 값들을 가진다. 따라서 본 연구에서는 표적 임계값을 230으로 정하였다.

해당 표적을 활성화 또는 비활성으로 정함에 있어 활성화 기준값은 임의의 값으로 정할 수 있으며 너무 클 경우 표적을 잃어버릴 수 있으며 반대로 너무 적으면 잠영으로 인한 오류 및 계산량의 증가를 초래할 수 있다. 따라서 많은 실험을 거친 후 경험적으로 적당한 활성화 기준값을 정해야 한다.

한 프레임내의 표적 패턴들은 각각 이웃한 다른 표적들과 매우 가까운 거리에 모여 하나의 표적을 형성하기 때문에 표적 패턴이 이웃한 표적들과 하나의 표적 집단으로 병합되기 위해 최대한 떨어져 있을 수 있는 거리 경계값 ρ 를 정해야 한다. ρ 값이 너무 클 경우 전혀 다른 표적 패턴이 서로 잘못 병합되어 실제보다 적은 수의 표적을 만들 수 있으며, 반대로 너무 적은 ρ 값은 잠영에 약하고 실제 표적 수보다 더 많은 표적을 만들어 낼 수 있어 불필요한 계산을 초래할 수 있기 때문에 경험적으로 정해야 한다.

신경회로망 기반의 표적 병합 기법을 이용한 다중 표적 추출 알고리즘은 각 프레임에 대하여 기술하는 각 단계를 반복 수행함으로써 구현된다. 먼저 실시간으로 입력되는 동영상에 대하여 입력패턴을 생성하고, 신경회로망을 이용한 병합을 수행한다. 이 때 새로운 영역 패턴 X_i 가 주어지면 최소거리의 승자 신경 LMH_j 을 선택한다.

$$Distance(Minimum) = \|X_i - LMH_j\| \quad (1)$$

이후, 병합 경계값(ρ)을 비교하는데, $Distance(Minimum)$ 가 허용 거리(ρ) 이내의 경우 승자 신경 영역 패턴 X_i 와 LMH_j 을 병합한다. 그러나 $Distance(Minimum)$ 가 허용 거리(ρ)를 벗어나는 경우 가깝지만 동일 패턴으로 보기 어렵기 때문에 새로운 신경을 생성한다. 그리고 실시간 입력 동영상에 대하여 입력패턴이 되어 반복해서 신경회로망을 이용한 병합을 수행한다.

$$LMH_j = X_i \quad (2)$$

영역 분할 및 신경회로망 기반의 표적 병합 기법의 구성은 이진영상을 균일한 크기의 영역으로 분할하는 영역 분할 모듈, 실질적으로 병합을 수행하는 신경회로망 모듈로 이루어져 있고 여기에 사용되어진 ART2 신경회로망은 비교사학습(Unsupervised Learning)을 통해 기존 신경회로망의 문제점 중 지적되고 있는 안정성(Stability) 및 가소성(Plasticity) 문제를 해결할 수 있는 특징을 갖는다^[2]. 본 연구에서 ART2를 도입한 이유는 이와 같은 특성 이외에도 경계값을 통한 분류 강도의 조정이 가능하기 때문이다.

IV. 스테레오 시각 기법을 이용한 깊이 정보 생성

각각의 CMOS 영상 센서로부터 입력된 프레임에 대해 영역 분할 및 신경회로망 기반의 표적 병합 기법 적용을 통하여 다중 표적을 추출한 후 깊이 정보를 생성한다.

그림 3에서 표적의 위치점 $P(x, y, z)$ 는 각각의 카메라 초점 f 를 통과하여 각각 영상 평면에 위치하여 p_l 과 p_r 의 영상 좌표를 얻고, 그 영상 평면에서의 카메라 중심축으로부터 p_l 과 p_r 까지 거리를 x_l, x_r 이라 한다. P와 왼쪽 카메라의 중심축과 만나는 점을 M이라 했을 때 그 거리를 x 라 하면, 비례관계에 의해 다음 두 수식이 성립한다.

$$\frac{x}{z} = \frac{x_l}{f} \quad (3)$$

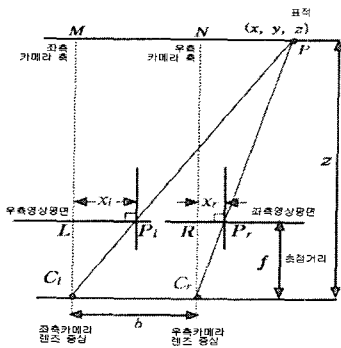


그림 3. 스테레오 카메라의 기하
Fig. 3. Geometry of Binocular Stereo

$$\frac{x-b}{z} = \frac{x_r}{f} \tag{4}$$

위의 두식에 의한 다음 식으로 거리정보 z 를 알 수 있다.

$$z = \frac{bf}{(x_l - x_r)} \tag{5}$$

여기서, b 는 각각의 카메라 중심축 사이의 거리, f 는 초점거리이다. 또한 영상좌표에서 x 좌표의 차이인 변위차 ($x_l - x_r$)는 식 (5)에 의해 거리 z 와 반비례하다. 따라서 가까운 표적들에 대한 거리는 정확하게 측정될 수 있지만 먼 거리에 있는 표적들은 정확하게 측정할 수 없다^{[3][4][8]}.

초점거리는 영상 평면과 광학 중심(Optical Center)과의

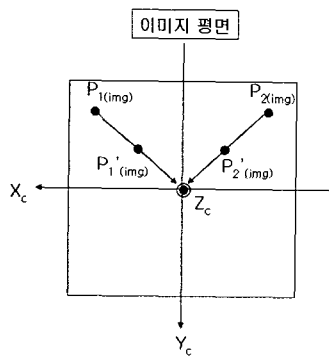


그림 4. 영상면의 중심 결정
Fig. 4. Determination of Image Center

거리를 말하며, 영상 중심은 광축이 영상평면과 만나는 점으로서 실제로 프레임 메모리의 중심 위치와 일치하지 않기 때문에 보정이 필요한 매개변수이다^{[5][6][7][8]}.

그림 4와 같이 카메라 좌표계의 중심인 광학 원점과 물체 사이의 거리를 크게 할수록 영상 중심에 상이 맺히지 않는 점들의 상은 중심을 향해 방사상으로 접근한다. 이러한 성질을 이용하여 먼저 두 점 P_1 , P_2 의 영상상의 위치 $P_1(img)$ 과 $P_2(img)$ 의 좌표를 구하고 두 점을 Z_c 축 상으로 이동시킨 위치 $P_1'(img)$ 과 $P_2'(img)$ 의 좌표를 구한다. 다음으로 $P_1(img)$ 과 $P_1'(img)$ 이르는 직선, $P_2(img)$ 과 $P_2'(img)$ 이 이루는 직선을 구한 후 이들 간의 교점을 구하면 이 교점이 광축과 영상면의 교점(c_x , c_y)가 된다^[8]. 본 연구에서 사용한 영상의 크기는 640×480 의 화소로 구성되어 있으며, 위의 실험으로부터 얻은 영상 평면의 중심은 이론상 영상 평면의 중심(320, 240)과 ± 5 정도 차이를 보였다.

그림 5는 카메라 좌표계와 영상 평면과의 관계를 보여준다. 점 P 는 실제로 L 의 높이를 가지고 영상평면 y_1 에 투영되며 카메라 좌표계에 대해서는 Z_c 축에 대해 d 만큼 떨어져 있다. 이 물체를 Z_c 축 방향으로 Δd 만큼 이동시키면 그때의 영상 평면에서는 y_2 위치에 투영된다. 점 P 와 카메라 좌표계로부터의 거리 d 는 다음과 같은 관계식을 갖는다.

$$y_1 = f \frac{L}{d} \tag{6}$$

또한 물체는 Z_c 축에 대해 Δd 만큼 이동시켰을 때 이동된

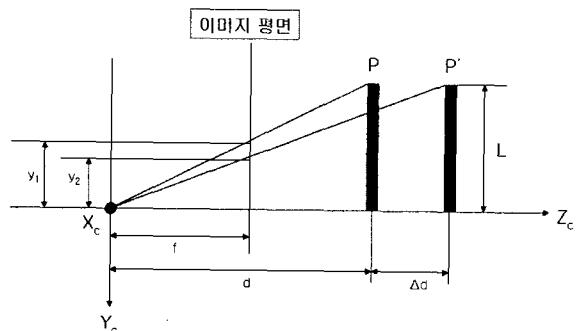


그림 5. 초점거리의 결정
Fig. 5. Determination of Focal Length

점 P'와 d+Δd 와는 다음과 같은 관계식이 성립한다.

$$y_2 = f \frac{L}{d + \Delta d} \tag{7}$$

식 (6)과 식(7)로부터 다음 식을 얻는다.

$$\frac{y_1}{y_2} = \frac{d + \Delta d}{d} \tag{8}$$

(8)식을 d에 대해 정리하면 초점 거리를 얻을 수 있다^[8].

$$f = \frac{\Delta d}{\left(\frac{1}{y_2} - \frac{1}{y_1}\right)L} \tag{9}$$

본 실험에서는 카메라 좌표계에 대해 실제 물리적 길이와 영상 화소간의 변환 요소를 고려하여 얻었다. 매개변수 보정을 위해 일정한 간격으로 표적을 붙여놓은 육면체 구조로 만들어진 도구를 이용하여 화소간의 거리와 실제 3차원 위치의 상관관계를 분석하였다.

V. 신경회로망을 이용한 다중 표적 추적

표적의 추적은 연속적인 프레임들 속에서 수행되는 단계이다. 단일 프레임에서 추출된 표적들을 각각 저장하고 계속적으로 연결되는 프레임에서 추출된 표적들과 저장된 표적들을 여러 가지 추출된 정보를 이용하여 관련시키고 예상하여 추적하는 단계이다.

본 논문에서는 표적의 추적을 위해 기존의 중심점추적기법을 변형하여 신경회로망을 이용한 다중 표적 추적 알고리즘을 사용하였다. 뿐만 아니라 비교 분석을 위해 상관추적기법에 대해서도 구현하여 보았다. 추출된 표적들로부터 이전 프레임의 표적들과의 중심점의 위치, 각 표적들의 운동벡터, 표적들 간의 상대적 위치 관계 등을 고려하여 상관도를 계산한 후 정합하는 방법을 통해 추적을 수행하였다. 상관도의 매개변수는 (x,y,z,v,d)이며, 여기서 x,y,z는 중심점의 위치이고, v는 이전 프레임(t-1)과 그 이전 프레임

(t-2)간의 속도, d는 이동 방향이다. 표적 추적 단계를 수행한 후 표적의 궤적추적에 현재 표적의 수정된 벡터, 크기, 그리고 위치들을 갱신한다. 여기서 추적을 위한 경계값 ρ는 상기한 프레임 간에 상관도를 합산하여 수치적으로 나타낸 값으로 많은 실험을 거친후 경험적으로 정한다.

병합에서와 마찬가지로 ρ값이 너무 작으면 실제보다 많은 신경이 만들어져 2차 정합을 해야 하는 오류가 발생할 수 있으며 반대로 너무 크면 잘못된 정합으로 인한 치명적인 표적 손실을 초래할 수 있다.

신경회로망을 이용한 다중 표적 추적 알고리즘은 각 프레임에 대해서 기술된 단계를 반복 수행한다. 먼저 입력된 동영상에서 추출된 표적들을 입력패턴 Xi로 한 후, 각 입력패턴에 대해 최소거리의 승자 신경 PYHj를 선택한다.

$$\text{Distance}(\text{Minimum}) = \|Xi - \text{PYHj}\| \tag{10}$$

여기서 Xi는 중심점추적기법인 경우 (x,y,z)이며, 상관추적기법인 경우 (x,y,z,v,d)이다. 다음 단계는 정합 경계값(ρ)을 검사한다.

$$\text{Distance}(\text{Minimum}) < \rho \tag{11}$$

이때 승자 신경 PYHj와 입력패턴 Xi의 최소거리가 경계값 ρ보다 작으면 동일 표적으로 결정하고, 입력패턴 Xi와 PYHj를 정합한다. 그러나 Distance가 설정한 허용범위를 벗어나면, 새로운 표적 신경을 생성한다.

VI. 실험 결과 및 분석

1. 실험 환경

본 논문에서 제안한 모션 캡처 알고리즘의 실험 환경은 Pentium IV 1.7GHz, RAM 512MB, Windows 2000 Server에서 Visual C++ 6.0을 이용하여 구현하였다. 또한, 그림 6과 같은 CMOS 영상 센서를 장착한 스테레오 시각 모듈을 개발하였다. 실험에서는 640×480 정지영상을 초당 15

프레임 및 30프레임으로 처리하였으며, 실제 사람의 얼굴에는 적외선 반사율이 뛰어난 접착형 표적 21개와 목의 가장자리에 2개를 부착하였다.

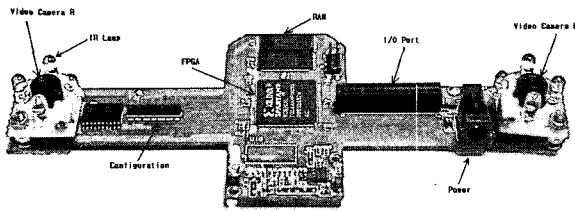


그림 6. 얼굴용 광학식 스테레오 시각 모듈
Fig. 6. Facial Optical Stereo Vision Module

2. 모듈 기반 시스템에서의 다중 표적 추적 결과

본 알고리즘의 성능을 확인하기 위해 보통의 여러 가지 ‘얼굴 표정’, 강하게 인상을 짓는 ‘일그러진 표정’, 머리를 좌우로 젖히는 ‘얼굴 운동’, 입안의 공기를 배출하며 입술을 ‘프르르’ 떨면서 아주 빠르게 상하 운동하는 ‘입술 떨림’ 과 같이 4가지 경우로 나누어 실험을 하였다. 그림 7, 8, 9, 10은 각각의 추적성공률을 나타내었다. 전체실험회수는 1회 1분간 10회 행하였고 실험에 사용한 총 프레임수는 30프레임의 경우 18,000프레임, 15프레임의 경우 9,000프레임이며, 제시한 추적성공률은 평균 수치이다.

이마, 눈, 볼, 턱의 경우는 변화량이 일정하여 프레임간의 추적을 잘 수행한 반면, 입술부위의 추적성공률은 프레임 간 다소 차이를 보인다. 즉, 15프레임의 경우 두 가지 추적 기법 모두 입술부분 추적성공률이 다른 부위보다 낮은 반면, 30프레임은 입술부분의 추적성공률이 다른 부위와 비

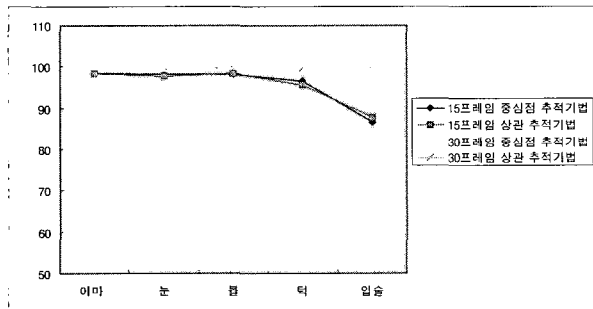


그림 7. ‘얼굴 표정’에 대한 추적기법의 결과
Fig. 7. Results of Tracking Method on 'Facial Expression'

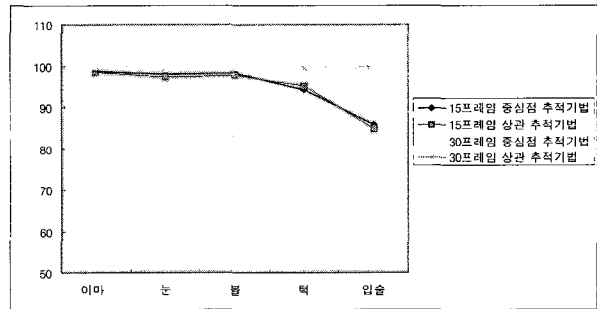


그림 8. ‘일그러진 표정’에 대한 추적기법의 결과
Fig. 8. Results of Tracking Method on 'Distortion Expression'

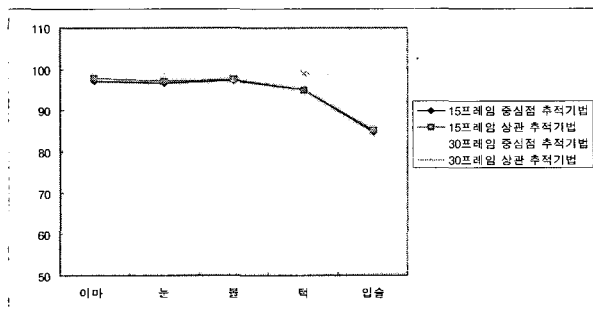


그림 9. ‘얼굴 운동’에 대한 추적기법의 결과
Fig. 9. Results of Tracking Method on 'Facial Motion'

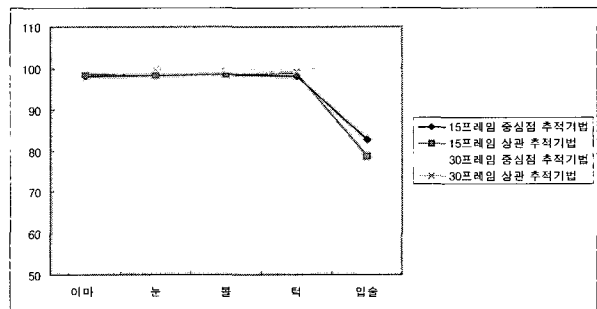


그림 10. ‘입술 떨림’에 대한 추적기법의 결과
Fig. 10. Results of Tracking Method on 'Lips Trembling'

숫하게 높게 나타났다. 이렇듯 입술부위의 추적결과가 좋지 못한 이유는, 입술부위 자체가 가지는 근육의 물리적인 특징 때문에 움직임의 변화가 다양하기 때문이다.

‘얼굴 표정’, ‘일그러진 표정’, ‘얼굴 운동’과는 달리 ‘입술 떨림’의 경우, 입술부위는 다른 부위에 비해 상관추적기법 보다는 중심점추적기법의 추적성공률이 확연히 높았으며, 특히 30프레임인 경우는 다른 부위와 비슷한 수준을 보였다. 이는 상관추적기법이 상관도가 가장 높은 영역으로 표적이 이동했다고 추정 계산하기 때문에 방향의 변화가 급격한 입술의 경우 결과가 좋지 않은 것으로 해석된다. 반면, 중심점추적기법은 표적의 중심점만을 비교하기 때문에 표적의 위치차가 크지 않은 얼굴 특히, 위치차가 적으면서 움직임 방향의 변화가 급격한 입술의 경우 상관추적기법에 비해 상당히 좋은 결과를 나타내는 것으로 보인다. 따라서 중심점추적기법은 표적 위치차가 큰 전신용 모션 캡처에는 적절하지 않을 것으로 판단된다. 그림 11은 추적한 표적 데이터를 이용하여 3차원 뷰어로 구현한 예입니다.

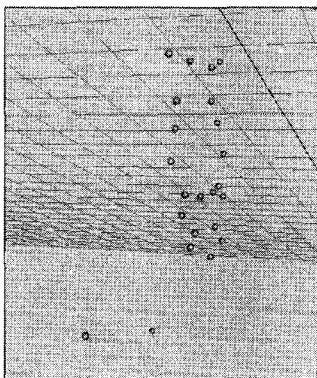


그림 11. 추적 표적 데이터의 3차원 뷰어 구현
Fig. 11. 3D Viewer Realizing of Tracking Mark Data

그림 12에서 보듯이 본 모듈 기반의 스테레오 시각 모션 캡처의 실험 결과와 PC 기반의 모노 카메라 모션 캡처의 ‘얼굴 표정’에 대한 실험결과⁹⁾를 비교해보면, 그 성능이 많이 향상되었음을 알 수 있다. 특히, 중심점추적기법의 결과가 많이 향상되었는데, 이는 방향의 변화가 많은 입술부위의 추적에는 스테레오 시각 모션 캡처가 모노 카메라 모션 캡처 보다 더 우수함을 말해 준다.

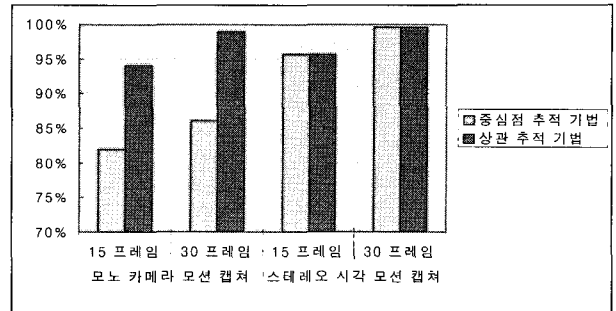


그림 12. 모노 카메라 모션 캡처와 스테레오 시각 모션 캡처의 성능 비교
Fig. 12. Performance Comparing of Mono Camera Motion Capture and Stereo Vision Motion Capture

스테레오 시각 모션 캡처가 모노 카메라 모션 캡처에 비해 복잡도는 높지만, 표 1에서 볼 수 있듯이 한 프레임을 처리하여 표적을 추적하는데 소요된 시간은 모노 카메라 모션 캡처 보다 스테레오 시각 모션 캡처가 1ms 이하로 오히려 우수하다. 이는 스테레오 시각 모션 캡처가 2개의 이미지 센서를 각각 따로 처리하는 병렬구조로 되어 있는 전용 모듈을 이용함으로써, 그 결과값만 PC에 넘겨 주어 시스템 전체 소요시간을 줄일 수 있었기 때문이다.

표 1. 모노 카메라 모션 캡처와 스테레오 시각 모션 캡처의 프레임 당 전체 처리 소요시간 비교

Table. 1. The Time Required Comparing of Mono Camera Motion Capture and Stereo Vision Motion Capture

구 분		중심점추적기법	상관추적기법
프레임 당 처리 소요 시간	모노 카메라 모션 캡처	2-4 ms	2-4 ms
	스테레오 시각 모션 캡처	1ms 이하	1ms 이하

Ⅶ. 결 론

본 논문에서는 기존의 얼굴용 모션 캡처 시스템이 가지는 단점을 보완하고자 CMOS 영상 센서를 이용한 신경회로망 기반의 스테레오 시각 모듈을 구현하였다.

제안한 알고리즘의 추적 성능 결과는 기존의 PC 기반의 모노 카메라의 모션 캡처 시스템과는 달리 일반 얼굴 표정에 대해 중심점추적기법 및 상관추적기법 모두 15, 30프레

입술에서 각각 95.6%, 99.6%의 우수한 결과를 얻었다. 그러나 '입술 떨림'의 경우, 입술부위는 상관추적기법에서 15프레임은 78.7%, 30프레임은 92.7%의 결과를 보였으며, 중심점추적기법에서 15프레임은 82.7%, 30프레임은 99.1%의 결과를 보여줌으로써 다른 부위에 비해 상관추적기법보다는 중심점추적기법의 추적성공률이 높았다. 그리고 제안한 모듈은 스테레오 시각 기법을 이용하였기 때문에 다양한 얼굴 표정뿐만 아니라 얼굴 운동의 경우에도 우수한 추적 성능을 보였으며, 3차원 데이터를 획득할 수 있어 얼굴 표정을 좀 더 자연스럽게 표현하는 것이 가능하였다.

향후 연구는 좀 더 섬세한 얼굴 움직임과 입술 동기를 처리할 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하며, 상반신 움직임 정보만을 뽑아 캐릭터에 전달할 수 있는 상반신용 모션 캡처 시스템에 대한 연구 개발도 병행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] G. Walters, "The Story of Waldo C. Graphic," Course Notes: 3D Character Animation by Computer, ACM SIGGRAPH '89, Boston, pp.65-79, July 1989
- [2] S. Y. Kung, "Digital Neural Networks", Prentice Hall, pp. 78-85, 1993.
- [3] D. J. Kreigman, "Stereo Vision and Navigation in Buildings for Mobile Robots", IEEE Transactions on Robotics and Automation, vol. 5, No. 6, pp. 792-803, 1989.
- [4] R. C. Gonzalez and P. Wintz, Digital Image Processing, Addison-Wesley Publishing com., 1977
- [5] A. Baus, "Active Calibration of Camera : Theory and Implementation", IEEE Transactions on S. M. C., vol. 25, No. 2, 1995.
- [6] K. S. Park, K. T. Lee, "Eye-Controlled Human Computer Interface Using The Line-of-Sight and The International Blink", Computers ind. Engng, Vol. 30, No. 3, pp.463-473, 1996
- [7] Y. Do, S. H. Yoo, D. S. Lee, "Direct Calibration Methodology for Stereo Cameras": Machine Vision Systems for Inspection and Mertology VII, SPIE Conf., vol. 3521, pp.54-65, 1998.
- [8] 양주웅, "스테레오 비전을 이용한 이동 물체의 추적에 관한 연구", 연세대학교 대학원, 2000
- [9] 이문희, 김경석, "얼굴모션 캡처 애니메이션을 위한 추출 및 추적 알고리즘", 한국방송공학회 논문지, 제8권 제2호, 2003.

저 자 소 개



이 문 희

- 2006년 2월 : 부산대학교 대학원 공학박사(멀티미디어)
- 1998년 6월~2002년 2월 : (주)인트빔 멀티미디어시스템연구소 선임연구원
- 2002년 3월~2005년 10월 : 대구산업정보대학 멀티미디어정보계열 교수
- 2004년 10월~2005년 10월 : 공정거래위원회 정보통신산업 경쟁정책 자문위원
- 2006년 1월~현재 : 대구경북연구원 신산업연구팀 책임연구원
- 주관심분야 : Motion Capture, Computer Vision, Digital Contents



김 경 석

- 1977년 2월 : 서울대학교 학부 졸업
- 1979년 2월 : 서울대학교 대학원 졸업
- 1988년 10월 : 미국 일리노이 주립대학교 (어바나-샴페인) 전산학박사
- 1988년 9월~1992년 2월 : 미국 노스다코타 주립대학교 컴퓨터학과 교수
- 1992년~현재 : 국제 표준화 기구 (ISO) 및 대응 국내위원회 활동
- 1992년 3월~현재 : 부산대학교 정보컴퓨터공학부 교수
- 주관심분야 : 데이터베이스, 인터넷 응용, 한글 정보 처리