영상처리를 이용한 ADHD 측정도구

이정희† · 이영희†† · 차의영†††

요 약

본 논문에서는 AAM의 영상처리기법을 통하여 학교 현장에서 아동들의 얼굴을 검출·추적하고, 얼굴 움직임의 특징점으로 구성된 입력벡터를 측정할 수 있는 측정도구를 제안한다. 제안된 측정도구를 이용하여 ADHD 아동의 행동패턴을 분류하였으며 이를 기반으로 하여 ADHD 아동을 판별하는 실험에 적용시켜보았다. 실험 결과 기존의 ADHD 아동 판별법인 교사와 부모의 주관적 관찰 및 면담을 이용한 방법에 비하여 객관적이고 정량적인 데이터 획득이 가능함을 확인하였으며, 시간적 공간적 제약없이 학교 현장의 보건실 및 상담실에서 검사가 가능한 장점을 지닌 방법이 될 수 있음을 확인하였다.

주제어 : ADHD, AAM, 측정도구, 영상처리

ADHD Measurement Devices based on the Image Processing

Jeong-Hee Lee† · Young-Hee Lee†† · Eui-Young Cha†††

ABSTRACT

In this paper, we propose measurement-devices for the assessment of input vector consisted of face's movement as feature points through image processing based on AAM technique. The proposed method has been applied to classify students by 2-class(ADHD positive, ADHD negative). Experimental results show that the proposed method was successful in acquiring more objective and quantitative data than conventional methods, it takes advantage of examining without temporal and spatial constraints.

Keywords : ADHD, AAM, Measurement Devices, Image Processing

† 정 회 원: 울산미래정보고등학교 교사(교신저자)
†† 정 회 원: 울산서생중학교 교사
††† 정 회 원: 부산대학교 정보컴퓨터공학부 교수
논문접수: 2011년 02월 15일, 심사완료: 2011년 03월 16일

1. 서 론

아동들은 교실 여기저기를 끊임없이 움직인다. 특히 'ADHD(Attention Deficit Hyperactivity Disorder, 주의력결핍 과잉행동장애)' 아동들은 더욱 가만히 있지 못하고 소리지르며, 심지어 기자재 위로 올라가기도 한다. 학부모와 교사는 누구보다 가까이서 ADHD 아동을 관찰하기 때문에, ADHD 진단의 필요성을 가장 먼저 느낄 수 있는 사람들이다. '한 반에 한 두명 정도는 ADHD 아동이다'는 확률을 감안하면, 담임 교사들은 자기반 아동 가운데 혹시 ADHD 아동이 있는지를 항상 관심을 갖고 관찰하고, 의심이 드는 경우는 부모와의 상담을 통해 조기에 전문의의 도움을 받을 수 있도록 권유하는 것이 바람직하다[1].

그러나 현실적으로 교사가 일일이 학급 아동 전체를 관찰하기 힘들 뿐 아니라, ADHD로 의심되는 아동에 대한 관찰 일지를 날마다 모두 기록하기도 쉽지 않다. 교사가 관찰한 자료를 부모에게 알려서 치료를 받도록 하려고 해도 부모들은 쉽게 받아들이려 하지 않는 것이 현실이다. 아동에 대한 관찰 일지는 교사의 주관적 관찰이어서 객관적 자료가 부족하기 때문에, 교사가 ADHD로 의심되는 증상을 학부모에게 제공했을 때, 경우에 따라 학부모와의 마찰이 야기되기도 하며, 부모에게 그 사실을 말하기조차 부담스럽기도 하다.

ADHD로 의심되는 아동에 대하여 과학적 방법에 기반하여 객관적이고 정량적인 데이터를 추출 분류하여 학부모에게 제시할 수 있고, ADHD 추정 아동이 병원 등의 전문 기관에 조기에 진찰을 받을 수 있는 시스템이 필요하다. 근래에는 병원이나 전문 기관에서 ADHD아동의 행동을 측정하기 위해 특정물체를 직접 몸에 부착한다. 그러나 ADHD 아동의 특성상 몸에 이물질을 부착하고는 잠시도 가만히 있지를 못하며, 거센 거부 반응을 보이기도 한다. 따라서 아동의 몸에 특정물체를 직·간접적으로 부착하지 않고 ADHD 아동에 대하여 행동 패턴을 연구할 필요성이 있으며, 이에 영상처리를 통한 특징점 추출 및 추적 기법을 제안하게 되었다.

본 논문에서는 ADHD 아동을 진단하는 방법에 있어서 기존의 진단 방법과는 달리 Matthew 등[2]이 제안한 AAM(Active Appearance Model) 영상처리기법을 통하여 얼굴 영역을 인식하고, 얼굴 움직임을 추적한 특징점을 입력벡터로해서 ADHD로 의심되는 아동을 조기에 분류할 수 있는 측정도구를 제안하고자 하였다. 따라서 아동행동을 측정하는 지수를 제안하였고, 이 행동 측정지수에 의거하여 ADHD 행동패턴분류 시스템을 설계 및 구현하였다. 또한 실험을 통해 구현된 시스템이 아직 밝혀지지 않은 ADHD 아동에 대해서도 효과적으로 분류해 내고 있음을 증명하였다. 아울러, 지금까지 검사받은 적이 없는 아동의 행동 패턴을 정량적으로 분석하여 ADHD 아동인지 아닌지를 분류할 수 있는 방법을 제공하였다.

2. 이론적 배경

2.1 ADHD의 진단

ADHD를 진단하는 방법에는 교사와 부모의 관찰에 의한 방법과 대상 아동에 대하여 CPT (Continuous Performance Task, 연속수행과제)를 통하여 주의력 지속을 측정하는 방법 등 두가지 방향에서 이루어진다. 그리고 ADHD 환자의 움직임을 관찰하는 방법에는 EMG(Electromyogram, 근전도측정기), EEG(Electroencephalogram, 뇌파측정기), ECG(Electrocardiogram, 심전도측정기) 신호 센서를 얼굴과 팔꿈치, 발등 등에 부착하는 방법이 있다. 인간의 몸에 센서를 부착하는 것 자체가 특징점을 추출하기 위한 것이다.

위의 방법들은 아동이 컴퓨터를 보면서 CPT 수행평가를 칠 때 아동들의 행동의 변화를 분류한다는 점에서는 본 논문에서 제안하는 방식과 유사하지만 데이터를 얻어내는 방법에 있어서 아주 큰 차이가 있다. 또 위에 열거한 방법은 정신과 병원과 같은 수준의 시설, 칸막이, 센서 분류장치 등을 설치해야 하는 번거로움과 비용이 많이 들어간다. 뿐만 아니라 현재의 학교 현장에는 이런 시설이 설치되어 있지도 않다. 그렇기 때문에 학교의 보건실, 상담실에서 아동의 행동 신호를 바로 얻어내는 방법으로 상기와 같은 방법을 사용하는 것은 어려우며 비용이 많이 들어 적절치 않다.

2.2 AAM 기반 얼굴 검출

최근 스마트폰의 열풍속에서 안드로이드 기기에서 지원되는 “포토관상”[3]이라는 Application은 AAM 영상처리기법을 응용한 것이다. 영상으로부터 얼굴을 검출해 낸 후 검출된 얼굴 및 표정을 인식하는 기술로 신경망을 이용한 방법, 피부색기반 얼굴 검출, 지식기반얼굴검출, 특징불변 얼굴검출, SVM 을 이용한 방법, Adaboost를 이용한 방법들이 있지만[4][5][6][7], 최근에는 AAM이 많이 연구되고 있다.

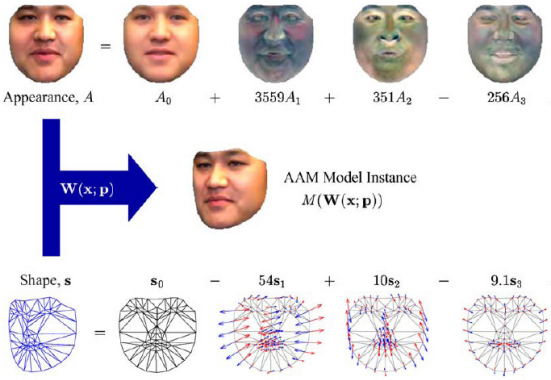
이미지 분석에 다양하게 활용되고 있는 AAM은 컴퓨터 비전을 이용하여 의학 이미지 분석에 관해 주로 연구했던 Edwards, Taylor, Cootes에 의해 처음 제안되었다. AAM은 변형 가능한 2D 물체의 검출에 가장 효과적인 대안 중 하나로 제시되었다. 이 기법은 기존 ASM(Active Shape Model)의 물체의 형태 정보와 물체의 텍스쳐 정보를 이용하여 이미지내의 물체를 찾는 방법이다.

이 방법은 물체의 형태 정보와 텍스쳐 정보를 이용하여 물체의 형태를 유지하면서 학습된 텍스쳐 정보를 기반으로 가장 유사한 텍스쳐를 가지는 부분을 검색하여 보다 정확하게 물체의 형태 및 위치를 찾을 수 있지만 찾고자 하는 물체의 이미지 크기에 따라 연산속도에 영향을 미치게 된다. 2차원 얼굴 이미지에 대하여 n개 이하의 특징점을 정의하고 얼굴 이미지 데이터베이스로부터 얼굴의 형상과 텍스쳐의 변화를 수집하고, 통계적 학습기법인 Principal Component Analysis (PCA)를 이용하여 저차원의 선형 모델로 학습한다.

이는 기존의 모델 기반 얼굴 이미지 분석 방법과, 통계적 학습 기법을 결합한 방법으로, 새로운 이미지가 주어졌을 경우 AAM 모델 정합 파라미터를 자동으로 추출하여 각 응용에 맞도록 활용화 되고, 이 과정에서 얼굴의 특징점이 추출된다.

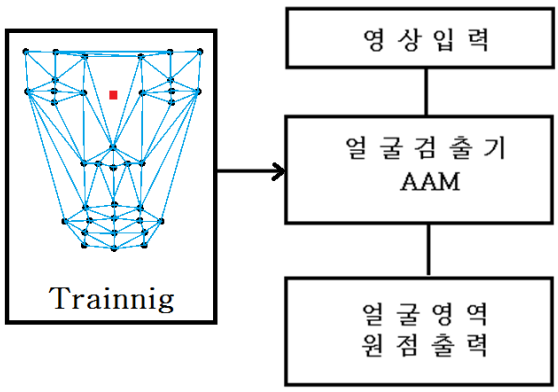
초기의 AAM 모델은 모델 정합의 낮은 정확성과 많은 처리 시간이라는 문제점이 있었으며, 오프라인에서 연구가 이루어져 왔으며, 다양한 연구가 이루어진 현재에는 실시간 정합이 가능한 모델로 개선 발전시키고 있다. 또 AAM 기반 탐색 이전 과정인 초기화 단계가 매우 중요한 주제로 인식되어 많은 연구가 이루어지고 있다[2][8].

AAM의 shape parameter $P=(p_1,p_2,p_3,\ldots,p_n)^T$ 를 통해서 shape s를 생성할 수 있고, appearance parameter $\lambda=(\lambda_1,\lambda_2,\lambda_3,\ldots,\lambda_m)^T$ 를 통해서 AAM의 appearance A가 생성되면, shape parameter p와 appearance parameter λ를 통한 AAM model instance는 기본적인 shape s_0로부터 shape s에 appearance A를 warping하여 생성할 수 있다. AAM model instance의 생성과정은 <그림 1>과 같다.



<그림 1> AAM Model Instance[2]

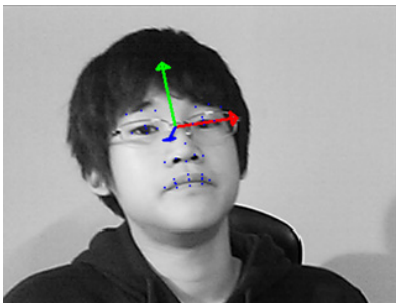
제안하는 AAM을 이용한 ADHD아동 분류시스템에는 Combined AAM 보다 Fitting 속도가 빠르고 최근에 많이 사용하는 Independent AAM 알고리즘[2][8]을 사용하였으며, 본 논문에서는 Shape에 전체 36개의 특징점을 이용하여 AAM을 구현하였다.



<그림 2> AAM기반 얼굴검출

2.3 AAM 기반 얼굴 특징점 추적

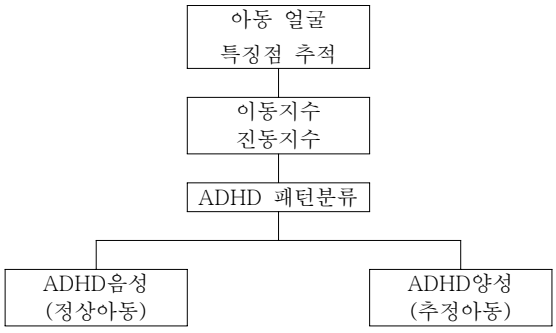
AAM기반으로 검출된 얼굴영역에는 <그림 3>에서 보는 것과 같은 적색, 녹색, 청색의 미리 설정된 원점좌표(x, y, z축의 영점)를 가지고 있다. 따라서 특별한 추적 작업이 필요하지 않고 매 프레임마다 출력되는 얼굴영역의 원점좌표를 특징점 측정도구의 입력값으로 사용할 수 있다는 장점이 있다.



<그림 3> AAM 얼굴검출 및 추적영상

3. 제안하는 ADHD 측정도구

본 논문에서 제안하는 정상 아동과 ADHD 아동 패턴 분류 알고리즘은 <그림 4>와 같다. 정상아동과 ADHD 아동의 행동패턴을 정량적으로 분류하기 위하여 '이동지수(Moving Exponent)', '진동지수(Frequency Exponent)' 라는 개념의 측정도구를 사용한다.



<그림 4> 제안된 ADHD 분류 알고리즘

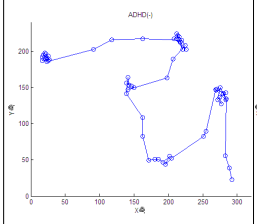
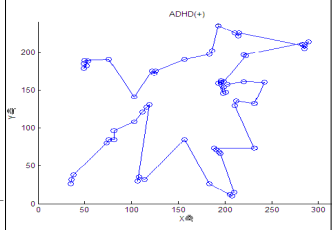
3.1 이동지수(Moving Exponent)

이동지수는 화면내에서 각 특징점이 1초당 이동한 평균거리(pixel/sec)로 정의한다.

즉, CPT 수행 중 총이동거리를 시간(초)으로 환산한 평균이동거리로써 평균속도와 같다. 이동 지수는 이동 총거리/측정시간으로써 (식 1)과 같다.

$$ME = \frac{\sum_{t=0}^{time}\sqrt{(p_{x_t}-p_{x_{t-1}})^2+(p_{y_t}-p_{y_{t-1}})^2}}{time} \quad \text{(식 1)}$$

- $\sum_{t=0}^{time}\sqrt{(p_{x_t}-p_{x_{t-1}})^2+(p_{y_t}-p_{y_{t-1}})^2}$: 이동한 총거리
- $p_{(x_t\,y_t)}$: 시간 t 에서의 점의 위치
- $time$: 측정 시간

(a) pattern A	(b) pattern B
	
예시) 특징점이 이동한 거리: 21312(pixel) 측정시간 : 300(sec) 이동지수: $\frac{21312}{300}=71.4$ (pixel/sec)	예시) 특징점이 이동한 거리: 60624(pixel) 측정시간 : 300(sec) 이동지수: $\frac{60624}{300}=202.8$ (pixel/sec)

<그림 5> 정상아동과 ADHD의 이동지수(설명을 위해 가공된 예시)

<그림 5>의 예를 보면 pattern B가 A보다 이동지수가 더 높다. 따라서 pattern B의 아동은 A보다 평균이동거리가 상대적으로 많다는 것을 의미한다.

3.2 진동지수(Frequency Exponent)

진동지수는 측정시간 동안 비정상적 행동구역에서 발생한 이동방향전환횟수(turning point count)를 1초로 환산한 수(회/sec)로 정의하며 (식 5)와 같다.

X(또는 Y축)축을 중심으로 골과 산 사이의 높이가 경계값을 초과하면 특징점이 움직인 것(진동)으로 본다. 미세한 진동에 강인하도록 하기 위해 먼저 원 데이터를 평활화하여 진행한다. 평활화는 의미있는 큰 진동만을 계산하기 위한 전처리과정이다.

<표 1>에서는 평활화 계산의 예로써, 본 연구에서는 각 프레임에 대해 3, 5, 또는 15프레임으로 평활화해 보았다. 실험 결과 경험적으로 앞·뒤 2 frame씩 총 5개의 점을 평균하여 표현하는 것이 아동의 움직임을 전체적 패턴으로 그려내는데 적당했다. 이렇게 평활화시킨 경로값은 평활화된 중심값이라고 한다.

<표 1> 평활화 계산의 예

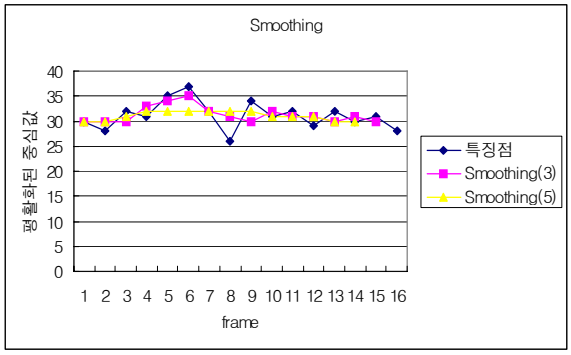
frame	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
특징점	30	28	32	31	35	37	32	26	34	31	32	29	32	30	31	28
smoothing(3)	30	30	30	33	34	35	32	31	30	32	31	31	30	31	30	
비고 I	A	B	C	D												
smoothing(5)	30	30	31	32	32	32	32	32	32	31	31	31	30	30		
비고 II	A'	B'	C'	D'												

A: 30(frame=1) , A′: 30(frame=1),

B: $\frac{(30+28+32)}{3}$=30, B′: $\frac{(30+28+32)}{3}$=30

C: $\frac{(28+32+31)}{3}$=30, C′: $\frac{(30+28+32+31+35)}{5}$ = 31

D: $\frac{(32+31+35)}{3}$=33, D′: $\frac{(28+32+31+35+37)}{5}$ = 32



<그림 6> 평활화된 중심값
(Blue : 특징점, Red: 앞·뒤 1frame씩 총 3개의 점을 평활화, Yellow : 앞·뒤 2frame씩 총 5개의 점을 평활화)

$$X_c \mathrel{+}= \begin{cases} 1 & |Xs_t - Temp_x| > \theta \\ 0 & |Xs_t - Temp_x| \le \theta \end{cases} \quad \text{(식 2)}$$

$$Y_c \mathrel{+}= \begin{cases} 1 & |Ys_t - Temp_y| > \theta \\ 0 & |Ys_t - Temp_y| \le \theta \end{cases} \quad \text{(식 3)}$$

- X_c: X축 진동수 , Y_c: Y축 진동수
- Xs_t, Ys_t : 현재의 골 또는 산
- $Temp_x$, $Temp_y$: 이전의 산 또는 골

$$T_c = X_c + Y_c \quad \text{(식 4)}$$

$$FE = \frac{T_c}{time} \quad \text{(식 5)}$$

- $time$: 측정 시간

4. 실험 결과 및 분석

4.1 실험 환경

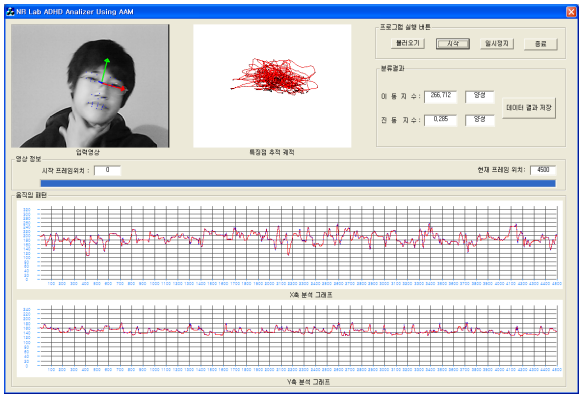
실험 환경은 Intel® Core(TM)2 Duo CPU P8600 2.4GHz, RAM 2GB, Windows XP에서 Visual C++ 6.0을 이용하여 알고리즘을 구현하였다. 또한 1.3 Mega Pixels CMOS Image Sensor를 통하여 1초당 15 frame인 해상도 320*240의 동영상을 획득하여 제안한 알고리즘의 추적 성능을 확인하였다. 동영상 촬영에 응한 학생들을 전체적으로 분류하면 다음과 같다. 실험을 위하여 정상아동군(ADHD추정아동포함) 43명과 ADHD 환자군 5명을 실험대상으로 하였다. 정상아동은 울산소재의 초등학교, 중학교, 고등학교에서 선별하였으며, ADHD 환자는 경북 소재 정신과 전문병원의 도움으로 진료실에서 촬영한 아동들이다. 주어진 수행과제(CPT)는 5분 분량이다.

4.2 제안한 ADHD행동패턴분류 분석

AAM을 적용하여 구현한 얼굴검출기법은 얼굴검출 평균 성공률이 99.2%로써 정상아동에 비해 ADHD아동의 검출 성공률이 다소 낮았지만 특별한 가중치 조절이 없이 적응적으로 잘 검출했다.

CPT 과제를 수행하면서 촬영된 동영상은 아동별로 각각 아래 그림과 같은 ADHD Analyzer를 통해 분석 및 분류된다.

<그림 7>는 제안한 ADHD분류시스템의 인터페이스이며, AAM을 이용한 ADHD 아동 분류 시스템으로 입력되는 동영상에서 각 프레임마다 AAM기법의 얼굴검출을 시행하고, 얼굴검출 시 함께 찾아낸 얼굴영역의 원점정보를 가공하여 아동의 움직임 궤적, 이동거리, 진동수 등을 구하여 아동의 움직임패턴을 구한다.

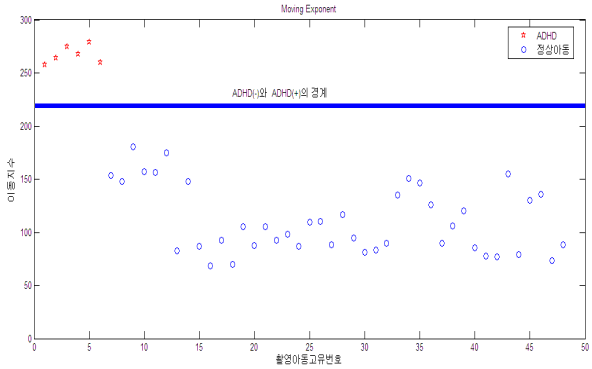


<그림 7> AAM을 이용한 ADHD Analyzer

아동의 움직임패턴은 이동지수, 진동지수로 정량화한 후 ADHD에 대한 음성(- : 정상) 및 양성(+ : ADHD)으로 분류될 수 있도록 하였다.

4.2.1 이동지수 분석

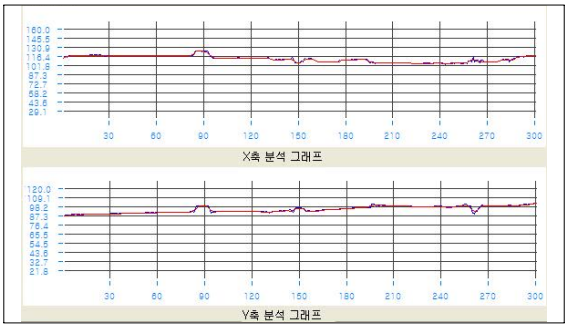
실험에 참여한 아동의 전체적 이동지수의 실험결과는 <그림 8>에서 보는 바와 같이 정상아동의 경우에는 180.3(pixel/sec) 이하의 측정값을 보여주었고, ADHD 아동의 경우에는 257.5 (pixel/sec) 이상의 측정값을 보여주었다. 본 연구에서는 정상아동의 이동지수 최대값과 ADHD 아동의 이동지수 최소값의 산술평균((180.3+257.5)/2)인 218.9 (pixel/sec)을 ADHD 아동 구분 경계기준으로 제시하였으며, 정상아동과 ADHD 아동의 행동패턴을 정량적으로 정확하게 구분할 수 있어, 유효한 측정도구임을 확인할 수 있었다.



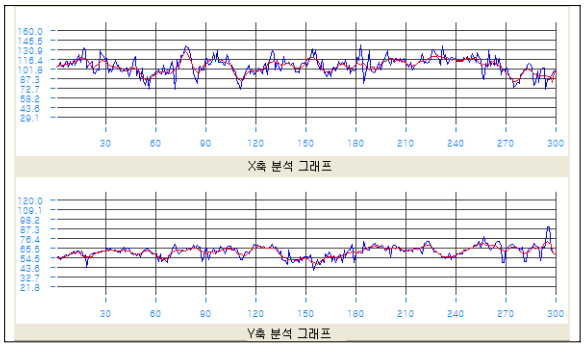
<그림 8> ADHD(-), (+)의 이동지수 분포

4.2.2 진동지수 분석

K양(정상아동)과 P군(ADHD 아동)의 시간축에 대한 특징점 진동지수 결과는 <그림 9>, <그림 10>과 같고 원래의 데이터와 평활화된 중심값의 표현을 위해 20초간에 대해서만 나타내었다. 결과를 보면 정상아동에 비해 ADHD 아동의 경우 진폭의 변화가 시간축에 대해 매우 빠름을 알 수 있다. 그림의 빨간색은 원래 특징점을 의미하며, 푸른색은 평활화된 중심값을 표현한다.

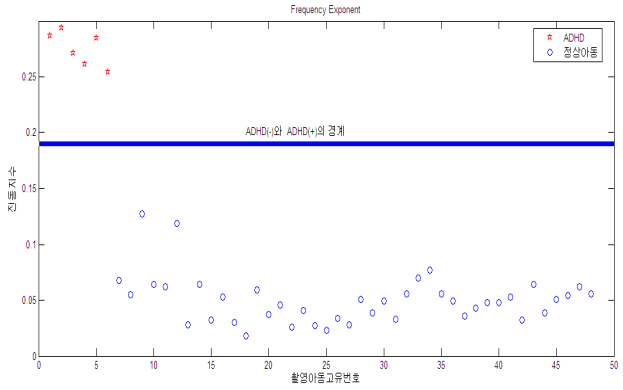


<그림 9> 시간축에 대한 특징점의 진동지수(정상아동, K양)



<그림 10> 시간축에 대한 특징점의 진동지수(ADHD 아동, P군)

실험에 참여한 아동의 전체적 진동지수는 <그림 11>에서 보는 바와 같이 실험 결과는 정상아동의 경우에는 0.127(회/sec) 이하의 측정값을 보여주었고, ADHD 아동의 경우에는 0.254(회/sec) 이상의 측정값을 보여주었다. 본 연구에서는 정상아동의 진동지수 최대값과 ADHD아동의 진동지수 최소값의 산술평균((0.127+0.254)/2)인 0.190(회/sec)을 ADHD 아동 구분 경계기준으로 제시하였으며, 정상아동과 ADHD 아동의 행동패턴을 정량적으로 정확하게 구분할 수 있어, 유효한 측정도구임을 확인할 수 있었다.



<그림 11> ADHD(-), (+)의 진동지수 분포

5. 결론 및 제한점

본 논문에서는 ADHD로 추정되는 아동을 제안한 측정도구에 의거하여 조기에 분류할 수 있는 알고리즘을 구현하고자 하였다. 주어진 수행과제(CPT)를 행하는 아동에 대해 동영상을 획득하고 AAM 영상처리기법을 이용하여 얼굴 영역을 추출한 후, 매 프레임마다 출력되는 얼굴영역의 원점좌표를 특징점으로 구성한 움직임 경로에 따른 신호를 제안된 '이동지수', '진동지수'라는 측정도구를 통하여 정상아동과 ADHD 추정아동으로 패턴 분류하였다.

수행과제를 행하는 동안 ADHD 아동은 정상아동군에 비해 머리를 상하 좌우로 심하게 움직이는 것을 볼 수 있으며 이것을 주의력결핍 과잉행동장애지수로 수치화하였다. 이 수치에 의한 분류결과는 기존의 정신과 의사의 분류와 합치됨을 확인하였다.

각 학교에서 ADHD 추정 아동이 전문 정신과 병원을 찾아 전문의와 상담하기 전단계로 학교의 보건실 또는 상담실에서 카메라가 달린 노트북 또는 PC에서 ADHD를 판별할 수 있음을 확인하였다. 더욱 효율적인 ADHD 진단 프로그램이 개발되어 학교의 보건실 또는 상담실에 설치되게 된다면, 교사 및 학부모가 아동에 대하여 오랜 시간의 관찰과 면담을 하기 전에 본 프로그램의 검사·진단을 수행하여 ADHD 추정 아동을 미리 선별하여 상담자와 더욱 차별화된 면담 및 질문을 통한 상담을 수행할 수 있다.

본 논문의 제한점으로는 ADHD에 대한 최종적인 진단은 전문의사와의 상담에 통하여 이루어지는 것임으로, 본 연구의 결과는 정상아동과 ADHD 추정아동으로 분류하여 조기에 정신과 의사의 진찰 및 치료를 받도록 하는데 있으며, ADHD(+),(-)에 대한 최종적인 판단은 정신과 의사의 진단에 따라야 한다는 점이다.

참 고 문 헌

[1] http://ADHD.or.kr

[2] Iain Matthews, Simon Baker. (2004). *Active Appearance Models Revisited*, International journal of computer vision 60(2), 135-164.

[3] http://appaware.org/app.php?packagename=com.inforus.kwansang

[4] H.A. Rowley, S. Baluja, T.Kanade. (1998). *Neural network-based face detection*. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 20(1), 23-38.

[5] Y. Manian & R. Vasquez. (2002). *Approaches to color and texture based images classification*, SPIE JOE, 1480-1490.

[6] Kah Kay Sung. (1996). *Learning and Example Selection for Object and Pattern Detection* PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology.

[7] E. Osuna. (1998). *Support Vector Machines: Traning and Applications*, PhD thesis, MIT, EE/CS Dept., Cambridge, MA.

[8] S.Z. Li, S.C. Yan, H.J. Zhang, Q.S. Cheng. (2002). *Multi-View Face Alignment using Direct Appearance Models*, In Proceedings of the 5th International Conference on Automaic Face and Gesture Recognition, 324-329.

이 정 희

1990 부산대학교 상업교육과(상학사)
1997 부산대학교 상업정보교육학과 (교육학석사)
2002 부산대학교 멀티미디어협동과정 (이학박사수료)
1993～1999 양산여자고등학교 교사
1999～2007 양산제일고등학교 교사
2007～2009 울산인터넷고등학교 교사
2009～현재 울산미래정보고등학교 교사
2005 EBS 수능고득점실전모의고사 출제위원
2009～현재 울산정보영재교육원 지도교사
관심분야: 신경회로망, 얼굴추적, 정보보안, 영재교육, 특수아동교육, ADHD
E-Mail: ljh4multi@naver.com

이 영 희

1997 경상대학교 전자재료공학과(공학사)
2003 부산대학교 영상정보공학과(공학석사)
2005 부산대학교 컴퓨터공학과(공학박사수료)
1997～2000 공군기술고등학교 정보통신과 교사
2000～2006 울산정보통신고등학교 자동화시스템과 교사
2006～2009 울산삼호중학교 교사
2009～현재 울산서생중학교 교사
관심분야: 로봇비전, 신경회로망, 멀티미디어, ADHD, 영재교육, 정보보안
E-Mail: goto202@mail.use.go.kr

차 의 영

1979 경북대학교 전자공학과(이학사)
1982 서울대학교 계산통계학과(이학석사)
1998 서울대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
1980～1985 한국전자기술연구소 시스템부 연구원
1995～1996 University of London 방문교수
1985～현재 부산대학교 공과대학 정보컴퓨터공학부 교수
관심분야: 로봇비전, 신경회로망, 신호처리, 정보보안 및 워터마킹
E-Mail: eycha@pnu.edu