

論文95-32B-11-10

환자 감시장치를 위한 눈의 개폐(開閉)상태 인식에 관한 연구

(A Study on the Recognition of the State of Eye for the Patient Monitoring System)

金聖煥*, 韓永煥**, 朴昇煥**, 張永建***, 洪勝弘**

(S.W. Kim, Y.H. Han, S.H. Park, Y.G. Jang, and S.H. Hong)

요 약

본 논문에서는 연속 얼굴영상에서 눈의 자동추적 및 개폐(開閉) 상태 인식 장치인 ATRS (Automatic Tracking & Recognition System)의 구현을 목적으로 하였다. ATRS는 영상처리의 기본장비인 카메라와 이미지 그래픽을 제외한 S/W 만을 사용하여, 얼굴영상에서의 눈블럭의 인식, 자동추적, 눈의 개폐상태 판정 등의 일련의 과정을 실시간으로 처리하고자 하였다. 본 논문에서는 얼굴영상의 특징과 기하학적 고찰을 통한 사전지식을 바탕으로 배경에 크게 영향받지 않는 투영법을 사용하여 눈블럭의 위치를 인식하였다. 또한 눈과 같이 시간적으로 모양이 급변하는 비강체에의 자동 추적을 위해 눈블럭의 새로운 특징점 추출과 대상체의 등속 및 가속 운동에도 모두 실시간 추적이 가능한 가속보상식을 제시하여, 기존의 물체 추적방식인 블록정합 방법과 정확도와 처리시간을 비교하였다. 이상의 연구 결과는 환자와의 의사소통 및 감시장치 등의 응용 시스템에 이용될 수 있을 것이다.

Abstract

A new automatic tracking & recognition algorithm which decides the opening & the closing states of subject's eye and isn't affected by the subject's background is proposed. And it was tested in circumstances in which subject's background was not restricted using the developed system, ATRS(Automatic Tracking & Recognition System). The significant characteristic of the ATRS is new movement detection of object that is a body in motion with accelerated velocity and it doesn't need any extra hardware except a formal CCD camera and an image grabber but it works so well and so fast. The ATRS would be particularly well suited to a way of communications of patients in a hospital, who can not communicate otherwise.

I. 서 론

움직이는 물체를 자동 추적하여 정보를 획득하고 처

리하는 문제는 최근 산업, 군사, 로봇트 비전, 의료, 화상회의 시스템, 자동 감시장치, 영상압축등에까지 그 응용범위가 확대 되어지고 있으며, 영상 처리기술의 발달과 더불어 이에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 현재까지 영상에 대한 연구들은 정지영상을 대상으로 한 연구들이 주를 이루고 있으나, 실제 응용을 위해서는 동영상의 실시간으로 처리 되어야 한다. 이렇게 되기 위해서는 처리시간을 효과적으로 줄일 수 있는 방법의 발견과 함께 인식 및 판단 알고리즘의 정확도를 높이는 것도 동시에 고려 되어야 한다.

움직이는 물체로 부터 이동 정보를 검출하는 추적

* 正會員, LG電子 미디어 通信 研究所
(Media Comm. nes. Lab., LG Elec. Inc.)

** 正會員, 仁荷大學校 大學院 電子工學科
(Dept. of Elec., Inha Univ.)

*** 正會員, 高等技術院
(Institute of Advanced Engineering)

接受日字: 1994년9월16일, 수정완료일: 1995년11월14일

방법은 물체의 이동으로 생기는 밝기(intensity)의 시간적 변화와 공간적 변화의 상호관계로부터 이동변위를 계산해내는 시공간경사법과 (Spatio-Temporal Gradient Method)^[11], 대상화면에서 하나의 틀영상(template image)을 가지고 예상변위를 이동하면서 유사성이 가장 큰 변위를 찾아내어 이동변위를 계산하는 BMA(Block Matching Algorithm)^[12-14] 및 각 화면에서 물체 자체 또는 특징부분의 무게중심을 추출하여 그 무게중심의 변위로 부터 이동정보를 계산하는 무게중심법^[15] 등으로 분류 할 수 있다. 이상의 방법들은 물체가 시간에 따른 모양변화가 없는 강체(rigid body)에서는 우수한 성능을 보이나, 눈과 같이 시간에 따른 모양변화가 급변하는 물체에는 부적합하다. 물체의 병진운동(translational motion), 회전, 접근, 후퇴 등에 적용가능한 무게중심법은 각 화면에서 물체 자체 또는 특징부분의 무게중심을 추출하여 그 무게중심의 변위로 부터 이동정보를 계산하는 방법으로, 물체와 배경이 복잡하거나 배경에 물체와 같은 밝기를 갖는 부분이 있을 경우에는 영상분할(image segmentation)이 쉽지 않다. 또한 정확한 분할을 위해서는 복잡한 사전 분할 알고리즘이 필요하고^[15], 인체의 눈블럭에 적용할때 시간에 따른 눈블럭 내의 눈동자의 위치 이동에 따른 무게중심 변화로 오차가 발생되어 부적합하다.

본 논문의 대상인 인간의 얼굴영상은 복잡하고 다차원적이며 보는 각도 및 조명 등에 따라 수시로 변하기 때문에 처리가 매우 까다롭다. 이에 얼굴인식 시스템 구현을 위해서는 주어진 영상에서 얼굴영역을 추출한 후 이를 처리하는 방식을 주로 사용하고 있다. 일반적으로 많이 사용되어지는 방법은 다음과 같다. Harmon^[16], Kay & Kobayashi^[17], Tusi^[18] 등은 얼굴모양에서 기하학적 특징을 추출한 후 이미 알고 있는 사전정보들과 비교하여 인식하는 방법을 제안하였다. Baron^[9]은 우선 얼굴전체를 영상 자체의 특징과 비교한 후 필요에 따라 특정영역만을 사용하는 계층적 템플릿(hierarchical templet)법을 사용하였다. 또한 Shackleton과 Welsh^[10]는 얼굴영상에서 눈의 고정된 변형 템플릿를 사용하여 눈의 모양을 추출한 후 정규화 과정을 거쳐 이미 구한 비슷한 영상의 대표 집합값들과 비교 분류하였다. 그러나 이상의 방법들은 많은 계산량이 요구되어, 처리시간의 감소를 위해 DSP(Digital Signal Processor)를 기반으로한 별도

의 하드웨어적인 장치가 필요한 단점이 있으며 얼굴영상의 인식자체에 목적을 둔 연구들이다.

본 논문에서는 연속 얼굴영상에서 눈의 자동추적 및 개폐(開閉)상태 인식 장치인 ATRS (Automatic Tracking & Recognition System)의 구현을 목적으로 하였다. ATRS는 영상처리의 기본장비인 카메라와 이미지 그레버를 제외한 S/W 만을 사용하여, 얼굴영상에서의 눈블럭의 인식, 자동추적, 눈의 개폐상태 판정 등의 일련의 과정을 실시간으로 처리함으로써, 환자감시장치, 언어로 의사소통이 불가능한 환자와의 의사소통 등과 같은 응용 시스템에 적용 가능성을 알아보기 위한 장치이다.

ATRS의 구현을 위해 본 논문에서는 다음 사항을 고찰, 수행하여 보았다. 우선 얼굴영상에서의 얼굴영상의 특징과 기하학적 고찰을 통한 사전지식을 바탕으로 배경에 크게 영향받지 않는 투영법을 사용한 눈블럭의 위치를 인식하였다. 이후, 눈과 같은 시간적으로 모양이 급변하는 비강체체의 자동 추적을 위해 눈블럭의 새로운 특징점 추출과 대상체의 등속 및 가속 운동에도 모두 실시간 추적이 가능한 가속 보상식을 제시하여, 기존의 물체 추적방식인 블럭정합 방법과 정확도와 처리시간을 비교하였다. 또한, 눈의 블럭의 개폐상태 판단을 위해 개폐에 따른 눈블럭 상태의 특징을 이용한 인식방법을 제시하였다.

II. 눈의 위치 결정

눈의 영역 분할을 위해 얼굴영상의 특징을 관찰하여 보면 다음과 같다. 얼굴영상의 특징(그림1)을 관찰하면 얼굴 영상의 주된 특징인 눈, 눈썹, 입, 머리와 얼굴경계부분이 수평성분이고, 이들이 좌우 대칭임을 쉽게 알 수 있다. 이에 수평성분 강조마스크를 적용하면 눈의 성분이 큰 손실없이, 배경성분이 단지 수평성분으로 줄어들어서 눈의 영역 분할을 위한 처리량과 처리조건이 보다 간결하여 질 수 있음을 알 수 있었다. 또한 그림1을 통해 얼굴 영상의 주된 특징인 눈, 눈썹, 입, 머리와 얼굴경계부분 등의 성분은 수평성분이고, 이들은 좌우 대칭을 이루고 있음을 쉽게 발견 할 수 있었다.

얼굴영상의 기하학적 고찰을 위해 얼굴모양을 타원으로 근사화하면 실험을 통하여 개인에 따라 차이는 있으나, 장축과 단축의 비가 약 7 : 5인 타원의 형태

로 근사화 될 수 있다.

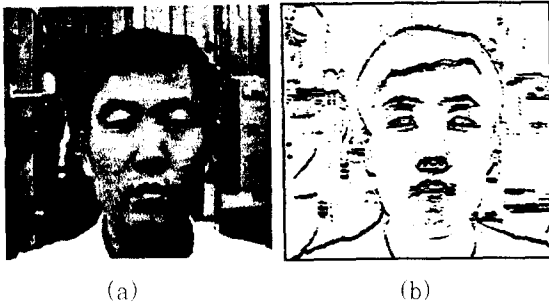


그림 1. 눈 위치의 특징
 (a) 원화상 (b) 이치화 영상 (수평 윤곽과 투영성분)
 Fig. 1. Characteristic of eye's position.
 (a) original image (b) binary image (horizontal edge & projection)

입력화면의 크기를 $7x * 7x$ 인 정사각형이라고 할 때, 수평화면의 크기에 대한 상대적인 눈블럭의 수평크기는

$$\text{눈블럭의 수평크기} \leq 0.25 * \text{수평 화면크기} \quad (1)$$

이 되었다. 또한 본 시스템에서는 인식할 수 있는 얼굴 크기를 전체 화면에 약 45%로 가정후, P-타일법을 사용하면 면적비가 45%인 gray level이 문턱치로 설정된다. 이 문턱치를 가지고 입력된 첫영상에 수평경계선 마스크를 적용한 후, 이치화된 영상을 그림 1(b)와 같이 X축상에 투영하고, 그림 2와 같이 각 수평성분의 투영성분(Pro[X]) 그룹의 각 누적 합 (Sum)과 수평 성분길이 (Count)를 조사한 후, 누적합 (Sum)이 전체 투영성분의 누적치의 0.3 ~ 0.8배 내에 있고, 예상 눈블럭의 수평성분길이 (Count)가 전체화면 크기의 0.25배를 초과하지 않으면, 다시 두번째 눈을 동일한 방법으로 검색한다. 이때 두번째 눈의 블럭 누적합과 첫번째 눈의 누적합 (Sum)간의 차이 (sum_diff)와 좌우 눈블럭의 간격 (leng)이 동시내 기준치 안에 있을때 이를 눈의 수평성분의 위치로 간주하였다. 정확성과 계산량의 절감을 위해 Y축의 투영은 X축 투영에서 얻어진 영역에 대해서만 X축 투영과 유사한 알고리즘을 적용하여 Y좌표를 구함으로써 최종적인 눈의 위치를 구한다.

III. 눈의 이동영역 자동추적

물체를 추적할때 정확하고, 빠른 추적이 무엇보다 중

요하다. 첫영상에서 얻어진 눈의 영역에서의 특징점을 추출하여 이특징점의 이동변위와 이동 가속도 변수를 사용하여, 각 영상 프레임에 대해 위치보정을 수행하고, 다음영상에서의 눈의 위치를 사전 예측함으로써, 추적시간을 줄이고 정확성을 높였다.

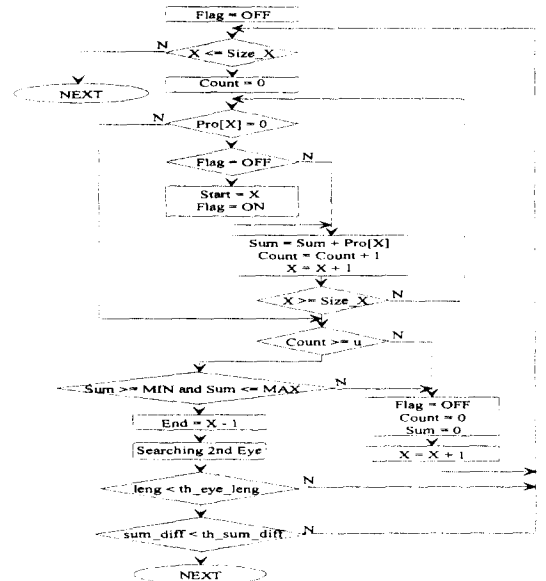


그림 2. 수평투영에서 눈의 위치 결정 알고리즘
 Fig. 2. Decision algorithm of eye position at horizontal projection.

1. 블럭정합알고리즘

물체의 추적방법인 블럭정합법은 시간적으로 중복되는 영역을 블럭단위로 처리하기 때문에 기타의 방법보다 계산량이 적어 널리 사용된다. 블럭정합 알고리즘은 시간적으로 이웃한 두장의 프레임에서 각각의 프레임을 일정한 크기의 블럭으로 구분한후 해당블럭의 움직임 탐색하는 알고리즘으로 동화상의 영상에서 이전 프레임에서의 물체는 현재프레임에서 물체의 변형이 많지 않고 단지 물체의 이동으로 근사화 할 수 있다는 가정하에 사용되어지는 추정방식이다. 이때 영상간의 유사성을 측정하는 평가함수로는 MAD(Mean Absolute Difference)^[2]와 MSE (Mean Square Error)^[3] 등이 주로 사용되어 지는데 각각 식 (2)와 식 (3)으로 나타낼수 있다.

$$MSE(i, j) = \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [S_i(m, n) - S_{k-1}(m+i, n+j)]^2 \quad (2)$$

$$MAD(i, j) = \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N |S_i(i, j) - S_{k-1}(m+i, n+j)| \quad (3)$$

(M:가로크기, N:세로크기, S_k :현영상, S_{k-1} :이전 영상)

대표적인 블럭정합방식으로는 탐색영역내의 모든 점들에 오차를 계산하여 오차가 가장 작은 점을 찾는 방식으로 가장 우수한 성능을 보이나 계산량이 많은 Brute force방식이 있고, Koga등이 제안한 방식으로 처음에 큰 스텝간격으로 9개의 점들에 대해 최소오차점을 찾고 이점을 중심으로 스텝간격을 줄여서 다시 한 점을 찾는 과정을 반복하는 TSS(Three Step Search)방식¹²⁾, Srinivasan과 Rao가 제안한 방식으로 우선 한 축을 따라서 원점을 중심으로 3개의 위치에 대해 MAD를 계산하여 MAD가 감소하는 방향으로 계속 탐색한후 최소가 되는 점이 가운데 점이면 처음 탐색한 방향의 Conjugate방향으로 앞의 탐색과정을 반복하여 목표물을 찾아내는 OTS(One at a Time Search)방식¹⁴⁾, Jain이 제안한 방식으로 원점을 중심으로 스텝간격이 2인 마름모 형태의 꼭지점에 해당하는 점들을 포함하는 5개의 점들 중에서 최소 오차점을 찾아내고 이 점에 대해 다시 같은 과정을 탐색영역의 경계점에 도달하거나 최소점이 중심에 나타날때까지 반복하여 최종적으로 스텝간격이 1인 9개의 점에 대해 찾는 DMD(Direction of the Minimum Distortion) 방식¹³⁾ 등이 있다.

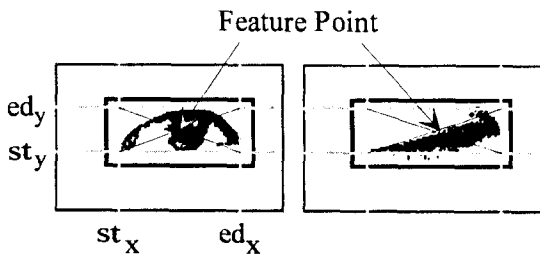


그림 3. 눈의 특징점
Fig. 3. Feature point of eye.

2. 현영상에서 눈의 이동변위 검출

MSE, MAD를 이용한 BMA방법은 물체가 강체(rigid body : 시간적 변화에 모양의 변화가 없는 물체)이고 2차원적 운동 수행시, 추적에 매우 우수한 결과를 보여주나, 눈의 깜박임등과 같은 대상의 모양변화가 매우 다양하고 순간적인 비강체에서는 표.1에서와 같이 나쁜 결과를 보여주었다. 물체의 병진운동뿐만 아니라 회전,접근 및 후퇴 등에 적용가능한 무게중심점 방법은 각 눈영역내의 시간에 따른 눈동자의 위치 변

화에 의한 중심점이 이동하므로써 발생하는 오차로 인해 효율적이 아님을 알 수 있었다.

이에 본 논문에서는 눈영역의 눈동자 위치의 시간적 변화를 무시할 수 있는 방법으로 그림 3과 같이 이치화된 현영상 블럭에서 눈영역의 각 X, Y축방향의 시작점(st)과 끝점(ed)의 중간점을 물체의 특징점 Obj ,으로 식 (4)를 이용하여 구하였다. 이 새로운 특징점은 그림 3에서와 같이 눈의 개폐상태의 모양변화와 눈동자의 위치변화에 거의 변화가 없음을 알 수 있다. 이에 이 새로운 특징점을 각 프레임의 기준점으로 사용하여, 연속되는 영상 사이의 현 프레임과 이전 프레임들 사이에 이동변위를 이용, 다음에 입력되어질 영상에서의 눈의 블럭을 이동에측변위를 사전 예측함으로써, 정확성과 탐색영역의 감소로 인한 계산량의 절약을 얻을 수 있었다. 이때 현프레임과 전 프레임사이의 눈블럭의 이동변위 $Eye_{s,n}$ 는 식 (5)를 사용하여 구하였다.

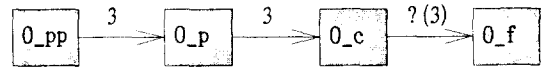
$$Obj = (ed + st)/2 \tag{4}$$

$$Eye_{s,n}(x, y) = Obj_n(x, y) - Obj_s(x, y) \tag{5}$$

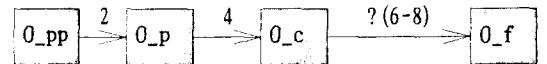
(Obj_s 는 현영상에서의 대상의 특징점위치, Obj_n 는 전영상의 대상의 특징점 위치)

3. 가속도에 의한 이동변위 보상

물체가 그림 4(a)와 같이 등속도 운동과 그림 4(b)와 같이 가속도 운동을 한다고 가정하면 BMA와 무게중심법 등과 같은 기존의 방법들은 그 다음 영상에서 물체의 이동변위를 그림 4(a)에서 3과 그림 4(b)에서 4로 예상할 수 있다.



(a)



(b)

(O_f :다음영상의 대상체, O_c :현영상의 대상체, O_p :전영상의 대상체, O_{pp} :전전영상의 대상체)

그림 4. 물체운동의 예

(a) 등속 운동 (b) 가속 운동

Fig. 4. Example of object movement.

(a) Uniform motion

(b) Accelerated motion

그러나 실제로 물체가 가속도 운동중인 그림 4(b)에서의 이동변위는 가속도 성분의 영향으로 4이상이므로 오차가 발생된다.

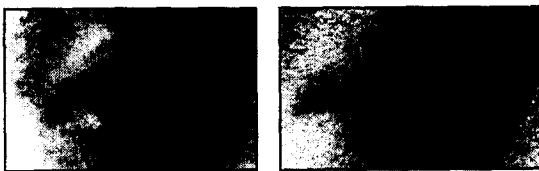
본 논문에서는 이를 보상하기 위하여 가속변위보상식 (Acceleration Displacement Compensation Equation)인 식(6)을 변위예측에 적용하였다. 그림 4와 같은 운동에 식(6)을 적용할때, 가속변위(Acceleration Displacement) W_{sp} 는 그림 4(a)(등속도 운동)에서는 0이고, 그림 4(b) (가속도 운동)에서는 2이다. 이에 식(7)을 사용한 최종예상변위 Obj_f 는 그림 4(a)에서는 3, 그림 4(b)에서는 6을 얻게 된다. 이로 인해 기타 방법들에 비해 빠르게 변화하는 가속이동물체를 검출할때, 복잡한 수식이 아닌 더하기와 빼기연산만으로 빠르고, 더욱 정확한 예상변위를 얻을 수 있음을 알 수 있다. 이를 이용, 본 논문에서는 다음영상 프레임의 눈블럭의 이동변위를 예측하는데 사용하였다.

$$W_{of}(x, y) = (Obj_f(x, y) - Obj_p(x, y)) - (Obj_p(x, y) - Obj_{pp}(x, y)) \quad (6)$$

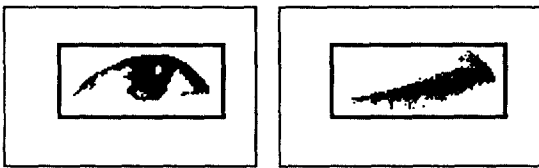
$$Obj_f(x, y) = Eye_{of}(x, y) + W_{of}(x, y) \quad (7)$$

(Obj_f 는 현영상에서의 대상의 특징점위치, Obj_p 는 전영상의 대상의 특징점 위치, Obj_{pp} 는 전전영상의 대상의 특징점 위치)

IV. 눈의 개폐(開閉)의 인식



(a)



(b)

그림 5. 눈의 개폐(개폐)상태에 따른 특징
(a) 눈의 개폐 상태 모습 (b) 이치화 영상
Fig. 5. Characteristic of eye's opening & closing state (a) eye's opening & closing state (b) binary image

그림 5는 눈의 개방과 폐쇄시의 모습으로, 눈영역의 창의 크기는 그림 6의 검출정보창에서와 같이 약 30 x 15(pixel)가 된다. 그림 5(b)와 같이 눈의 개폐모습을 이치화 시켰을때, 개폐모습에서 수평방향의 길이의 차이는 없었고, 수직방향 높이의 변화는 그 변화가 약 5 픽셀이하로 좋은 특징이 되지 못함을 알 수 있다. 이에 반해 눈영역의 X축 중심의 수직길이는 개방상태가 폐쇄상태보다 더욱 크다는 것과 눈영역의 백색(white)영역은 폐쇄시보다 더 많은 영역을 차지한다는 것을 알 수 있었다. 이들 성질을 이용하여 눈의 상태는 식(8)에서 면적비 $Ratio_{Area}$ 가 35%이하이고, 눈영역의 X축 중심의 수직길이 $Leng_{ver}$ 가 눈영역 창높이의 70%미만 일때만 폐쇄상태로, 그밖에는 개방상태로 인식하였다.

$$Ratio_{Area} = \frac{Eye_{Area}}{Box_{Area}} \quad (8)$$

(Box_{Area} 는 사각형의 면적(눈영역의 윈도우 크기)이고, Eye_{Area} 는 Box_{Area} 에서의 검정색영역의 면적이다.)

V. 실험결과

1. 실제 시스템 실험

그림 6은 실제 모니터의 표시 화면으로, 눈의 폐쇄시의 모습이다. ATRS는 입력 (input image) 창, 처리 (processed image) 창, 정보 (information) 창, 눈의 상태 (eye's state) 창, 히스토그램(histogram) 창으로 구성되어 입력창에서는 입력된 영상의 모습을, 처리창에서는 입력된 첫영상의 각 축 투영정보를, 정보창에서는 영상의 문턱치와 눈의 위치정보를, 눈의 상태창에서는 눈의 개폐 유무와 최근 개폐상태 유지시간을 표시하였다. ATRS의 실제의 실험에서는 눈이 한번 깜박이는데 소요되는 시간은 약 200msec 정도이고, ATRS의 개폐인식에서의 초당 처리량은 약 15 프레임이므로 프레임당 처리시간은 약 67msec 되어, 1회 깜박임 시간동안 약 3프레임의 처리능력 (IBM-486DX 33MHz)으로 눈의 변위와 상태를 충분히 인식할 수 있었다. 눈의 개폐인식에 있어서 피검자마다 약 20회 정도의 눈의 깜박임(개방-) 폐쇄 (-)개방)을 수행하였을 때의 인식율은 약 80% 정도로서 다소 인식율이 떨어졌다. 이는 영상획득시 피검자의 위치 이동에 따른 눈영역의 미세한 그레이(gray) 값의 변화와 실시간 처리를 위해 개폐인식 알고리즘을 보다 엄격히 하지 못

했기 때문이다. 이의 해결을 위해서는 눈의 개폐 인식 조건의 강화에 따른 처리시간량 증가를 해결하기 위한 DSP 칩을 사용한 H/W 시스템의 구성이 필요하다.

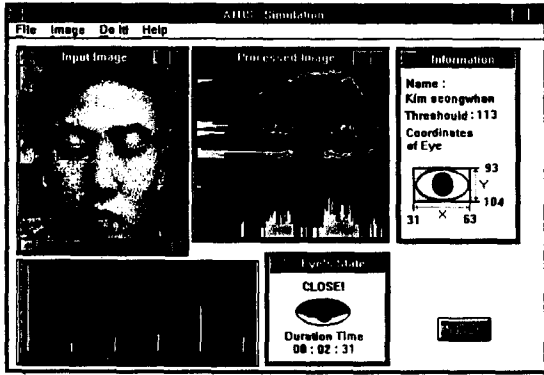


그림 6. 모니터에 표시된 실험 결과
Fig. 6. Experimental result displayed on monitor.

2. 눈의 위치 검출 및 개폐 판정

ATRS (Automatic Tracking & Recognition System)을 사용한 눈의 위치판정에는 엄격한 조명, 얼굴크기, 배경 등의 조건을 고려치 않은 6명 * 25 = 150개의 영상들 (256 * 256 * 256 gray)을 대상으로 하여 실험 하였다. 위치판정은 14회 실패가 발생되어 91%의 성공률을 보여 주었다. 이때 위치 판정에 성공한 136개의 영상(눈이 개방상태 84개, 폐쇄상태 52개)에서의 개폐인식율은 약 92%를 얻었다. 위치 판정의 주된 오류의 원인은 다음과 같다.

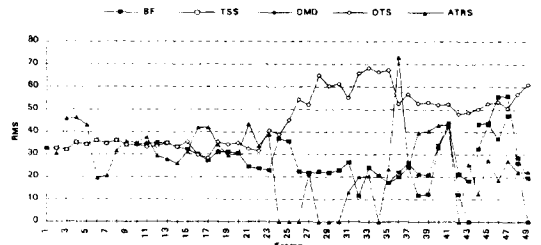
- 얼굴이 오른쪽 혹은 반대쪽으로 너무 기울어진 경우 (약 30°)
- 얼굴크기가 인식하기에 너무 작은 경우
- 배경에 눈의 모양과 흡사한 영역이 있을 때

3. 눈의 추적

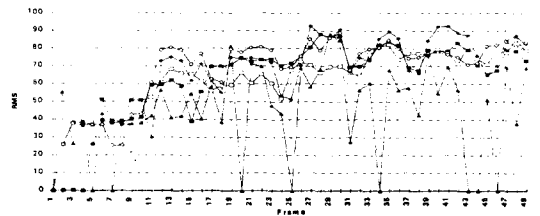
눈의 자동 추적실험에서는 확장메모리 (expanded memory)를 이용하여 각각 환경이 틀린 10개의 150 * 150 * 256 (gray)의 50프레임의 연속영상(약 15 frame/sec)을 획득한 후, 이를 BMA 방법 - BF (Brute force), TSS (Three Step Search), OTS (One at a Time Search), DMD (Direction of the Minimum Distortion) - 와 비교 분석 하였다.

그림 7은 각 추적방법의 RMS (Root Mean Square error)를 비교한 것으로 그림(a)는 시간의 변화

에 따라 눈의 모양의 변화없이 거의 일정속도로 이동하는 경우(표본4)를 나타낸 것이다. 이때는 모든 방법이 모두 추적에 성공하였으나, 그림(b)와 같이 눈의 상태가 수시로 변하고 속도가 일정치 않은 경우(표본 8)에서는 눈의 감박임이 시작되는 11프레임에서 기존의 움직임 추적방법들은 커다란 오차가 발생되고 추적이 진행되어 갈수록 오차가 누적되어 추적에 실패했다. 그러나 본 논문에서 제안한 ATRS는 추적에 성공하였다. ATRS는 눈과 같이 모양변화가 급변하는 물체를 추적할 때, 새로운 눈의 특징점을 이용하여 매 프레임에서 눈의 위치를 보정하고 예측함으로써 눈의 영역을 끝까지 추적해 갈 수 있었다.



(a)



(b)

(BF:Brute force, TSS:Three Step Search, DMD:Direction of the Minimum Distortion, OTS:One at a Time Search, ATRS:proposed Method)

그림 7. 각 추적방법들의 비교

- (a) 변형이 없는 경우
- (b) 변형이 있을 경우

Fig. 7. Comparing of each detection methods.

- (a) case of deformless
- (b) case of deform

표 1에 여러 실험 대상자 표본에 따른 RMS의 비교를 나타내었다. 표본 1과 표본4를 제외하고는 특별한 제한을 두지 않았다. 여기서 크기는 눈의 추적에 사용한 창의 크기로, 임의의 고정된 크기가 아니라 첫번째

입력영상의 눈의 크기에 따라 결정되는 값이다. ATRS의 전체 RMS는 49.7448로서, 그림 7에서와 같이 기타의 방법들보다 더욱 정확하게 추적되어짐을 알 수 있다.

표 1. 각 방법들의 RMS의 비교
Table 1. Comparing of RMS of each methods.

	크기	BF	TSS	DMD	OTS	ARTS
표 본1	17x11	85.0861	89.4025	85.7751	86.3883	69.0855
표 본2	27x15	72.4635	91.1263	89.2738	69.9315	59.6763
표 본3	35x13	66.753	64.079	57.633	62.886	58.9543
표 본4	27x19	27.7686	30.0701	30.0701	45.3875	26.6379
표 본5	31x14	62.2325	63.0486	67.1796	67.6025	44.6015
표 본6	24x14	64.3945	60.9916	57.1743	63.1154	38.3826
표 본7	28x11	65.583	62.1401	57.2364	64.2171	48.9547
표 본8	29x14	73.3832	64.2537	79.2635	78.7635	48.5493
표 본9	29x13	63.4205	78.7652	64.0543	73.8649	50.3865
표 본10	34x19	74.8446	67.6729	84.306	71.3846	52.2175
평 균	411	65.5929	67.155	67.1968	68.3541	49.7448

표 2. 각 방법의 추적 결과
Table 2. Final tracking result of each methods.

	BF	TSS	DMD	OTS	ARTS
표 본1	실패	실패	실패	실패	실패
표 본2	실패	실패	실패	실패	성공
표 본3	실패	실패	실패	실패	성공
표 본4	성공	성공	성공	성공	성공
표 본5	실패	실패	실패	실패	성공
표 본6	실패	실패	실패	실패	성공
표 본7	실패	실패	실패	실패	성공
표 본8	실패	실패	실패	실패	성공
표 본9	실패	실패	실패	실패	성공
표 본10	실패	실패	실패	실패	성공
성공한 수	1	1	1	1	9

물체를 추적할때 정확한 추적이 가장 중요하다. 순간적인 잠음이나, 입력조건 등에 영향받지 않는 안정성도 매우 중요하다. 표2는 실험에 사용된 표본데이터의 눈 추적에 대한 최종 성공유무 표이다. 눈의 영역의 크기 (27 x 11 pixel)가 너무 작은 표본1의 경우는 모든 추적 방법이 중도에 추적에 실패하였고, 시간의 변화에 따라 눈의 모양의 변화없이 거의 일정속도로 이동하는

경우 표본4에서는 모든 방법들이 성공하였으나, 눈의 깜박임이 있는 나머지 표본들에서는 유일하게 ATRS 방법만이 매 프레임에서 눈의 위치를 예상/보정함으로써 안정성 있게 추정에 성공함을 보여 주었다.

VI. 결 론

본 논문에서는 일반 카메라에 입력되어지는 얼굴영 상에서 눈의 위치 좌표를 자동 인식한 후, 눈의 영역을 연속 추적하여 눈의 개폐상태 유무를 실시간으로 판단 하는 시스템을 구현하였다. 본 논문의 연구결과를 요약 하면 다음과 같다.

1. 일반적으로 실시간 처리를 기초로 한 자동추적 시스템들은 처리시간을 해결하기 위한 방법으로 별도의 H/W를 사용하나, 본 ATRS 시스템은 이미지 처리의 기본 장치인 이미지 그레버 (image grabber), CCD 카메라, PC만을 사용하여 S/W적으로 이를 실현 하였으며, 새로운 눈의 추적방법 및 개폐상태 인식방법 을 제시하였다.

2. 기존의 얼굴인식 방법은 배경, 조명, 대상의 크기에 많은 제약을 두었으나, 실제 응용에 있어서는 이들의 영향을 무시할 수 없다. 이를 해결하기 위한 방법으로 본 논문에서는 얼굴영상의 특징과 기하학적 고찰을 통한 사전지식을 기반으로한 프로젝션 방법을 사용하여, 배경 등에 크게 영향을 받지 않고 눈의 위치를 획득하는 방법을 제시함으로써 약 80%의 눈의 위치 인 식율을 보여주었다.

3. 물체의 움직임 추적방법에서 기존의 방법은 눈과 같이 시간에 따라 모양이 급변하는 비강체 대상물에서 의 추적이 불가능하였으나, 본 ATRS에서는 눈의 새로운 특징점을 사용하여 등속 및 가속도로 운동하는 물 체에도 사용할 수 있는 가속변위 보상식을 사용하였다. 처리량에서는 비교회수 767회, 덧셈회수 8, 곱셈회수 4로서 초당 약 15프레임 (IBM-486DX2)을 처리능력 으로서, 기존의 방법보다 빠르고 우수한 성능으로 추적 할 수 있었다.

4. 각 프레임에서의 눈에 개폐 판정에서는 눈의 개 폐상태의 특징을 고려한 새로운 개폐판정 알고리즘을 사용하여 약 80%의 인식율을 얻었다.

추후 연구 과제로서는 보다 나은 추적 및 인식을 위 한 연구와, 환자와의 의사소통 및 감시장치 등의 응용 시스템에 대한 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] J.O.Limb & J.A.Murphy, "Measuring the speed of moving object from television signals", IEEE Trans. Commun., vol. COM-23, pp. 474-478, 1975.
- [2] T.Koga et al., "Motion-compensated interframe coding for video conferencing", in Proc. Nat. Telecom. Conf., pp. G5.3. 1.-G5.3. 5. Nov, 1981.
- [3] J.R.Jain & A.K.Jain, "Displacement measurement & its application in interframe image coding", IEEE Trans. Commun., vol. COM-29, pp. 1799-1808, Dec. 1981.
- [4] R.Srinivasan & K.R.Rao, "Predictive coding based on efficient motion estimation", IEEE Trans. Commun., vol. COM-30, pp. 888-896, Aug. 1985.
- [5] 배정효, "이동경계의 무게중심에 의한 실시간 자동목표추적", 전자공학회 논문지, 제 25권 10호, pp. 94-103, 1988
- [6] L.D.Harmon, "Machine identification of human face", Pattern Recognition, vol. 13, no. 2, pp. 97-110, 1981.
- [7] Y.Kaya and K.Kobayashi, "A basic study on human face recognition", Int.Conf.on Frontiers of Pattern Recognition, pp. 265-289, 1971.
- [8] K.K.Tsui, "Computer recognition of human faces", PhD Thesis, University of Sydney, 1989.
- [9] R.Baron, "Mechanisms of human facial recognition", Int.J.Man-Machine Studies, 15, pp. 137-178, 1981.
- [10] M.A.Shackleton and W.J. Welsh, "Classification of Facial Features for Recognition", IEEE, pp. 573-579.
- [11] 신 성호, 이 인순, 김 상호, "얼굴영상의 특징 추출 및 계층화에 관한 연구(A)", 대한전자공학회 추계학술 대회 논문집, 제15권 2호, pp 755-758, 1992
- [12] I. Craw, H. Ellis and J. R. Lishman, "Automatic extraction of face-feature", Pattern Recognition Letters 5, pp. 183-187, 1987.
- [13] 坂井 利之, "計算器による顔寫眞の解析", 電子情報通信學會 論文誌, Vol.56-D, No.4, pp. 226-233, 1973

— 저 자 소 개 —

金 聖 煥(正會員)

1968년 4월 15일생. 1993년 2월 인하대학교 전자공학과 졸업(학사). 1995년 2월 인하대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1995년 3월 ~ 현재 LG전자 미디어 통신 연구소 연구원. 주 관심분야는 영상처리, 컴퓨터 비전 등



朴 昇 煥(正會員)

1960년 4월 21일생. 1984년 2월 인하대학교 전자공학과 졸업(학사). 1990년 2월 인하대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1992년 3월 ~ 현재 인하대학교 대학원 박사과정 재학중. 주 관심분야는

생체 신호 계측 및 신호처리, 센서 및 재료 등임



韓 永 煥(正會員)

1965년 5월 20일생. 1989년 2월 인하대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1991년 2월 인하대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1995년 8월 인하대학교 대학원 전자공학과 졸업

(공학박사). 주 관심분야는 영상처리, 패턴인식, 디지털신호처리, 컴퓨터 응용 등임.

張 永 建(正會員) 第 32卷 B編 第 7號 參照

洪 勝 弘(正會員) 第 32卷 B編 第 7號 參照

현재 인하대학교 전자공학과 교수