

# 어닐링 알고리즘을 이용한 CCD 카메라 초점 제어

## Focus Control for CCD Camera using Annealing Algorithm

이관용 · 임신영 · 조성원\*

Kwanyong Lee, Shinyoung Lim and Seongwon Cho\*

한국전자통신연구원 컴퓨터·소프트웨어기술연구소 전자상거래연구부  
\* 홍익대학교 공과대학 전자전기공학부

### 요 약

본 논문에서는 CCD 카메라에서 나오는 NTSC 신호를 분석하여 근거리에서 초점을 맞출 수 있도록 렌즈의 동작을 제어하는 방법을 제안한다. 카메라와 물체의 거리가 약 1미터 이하로 가까워지면 자동 초점 기능을 갖춘 카메라는 영상의 전체적인 초점보다는 가장 근접한 미세 부분을 기준으로 초점을 맞추어서 영상을 획득한다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 어닐링 알고리즘을 이용하여 CCD 카메라 렌즈에 내장된 모터를 영상의 전체적인 신호에 따라 제어하여 근거리에서 처리대상에 가장 적합한 영상을 획득하는 방법을 제안한다. 이러한 CCD 카메라 초점 제어 기술은 눈의 홍채를 이용한 인식 시스템에서 사용될 목적으로 개발되었다.

### ABSTRACT

In this paper, we propose a method for controlling camera focus in the short distance by analyzing NTSC signal of a CCD camera. When the distance between a camera and an object is less than about 1 meter, the existing CCD cameras with auto-focusing function are hard to acquire the proper images because they focus on the protruding minute parts of the object without taking into account the whole state of the object. To solve such a problem, we use an annealing algorithm to control the motor of a camera by analyzing the overall signal obtained from the camera. By doing so, we can acquire the adequate images at the near distance. The proposed method will be used for a personal identification system by human iris patterns.

## 1. 서 론

일반적인 CCD 카메라의 경우에는, 물체가 최소 2미터 정도의 거리에 떨어져 있는 경우 자동 확대/축소 기능으로 영상을 획득하는데는 별 문제가 발생하지 않는다. 왜냐하면 카메라가 비추고 있는 물체의 표면에 비록 굴곡이 있어도 카메라와의 거리가 멀기 때문에 충분히 초점을 제어할 수 있기 때문이다.

그러나, 1미터 이하의 근거리에서는 카메라 렌즈의 초점을 쉽게 잡을 수 없는 어려움이 존재한다. 예를 들어, 30센티미터 이내에서 자동 초점 기능을 가진 CCD 카메라로 사람의 홍채영상을 획득하려면 카메라는 홍채보다 앞으로 나와있는 속눈썹과 같이 가장 근접한 미세 부분을 기준으로 초점을 맞추게 된다. 이렇게 획득된 이미지를 살펴보면, 속눈썹의 앞부분만 선명하게 나오고 홍채를 비롯한 주위의 배경은 알아보기 어려울 정도로 흐리게 나오는 것을 알 수 있다. 홍채인식 시스템에서 발생할 수 있는 이와 같은 문제를 해결하기 위해, 기존의 고정된 사물에 대한 근거리

초점 기술을 이용하게 되면 사람의 미동에 의한 영상의 왜곡과 그에 따라 카메라 동작 시간이 길어지기 때문에 좋은 영상을 획득하기가 어렵다. 또한 영상 획득을 위한 시간이 길어지게 되므로 사용자에게 적지 않은 피로나 부담을 줄 수 있다.

자동 초점 제어는 물체와의 거리를 측정하기 위한 기준신호를 발생시키는지의 여부에 따라 액티브 방식과 패시브 방식으로 구별된다[5]. 액티브 방식은 거리측정용의 기준신호를 발생하는 방식이며, 이를 위한 거리측정센서로서는 일반적으로 적외선 센서가 사용된다. 한편, 패시브 방식은 거리측정용의 기준신호를 발생하지 않는 방식이기 때문에 거리측정용의 센서는 필요로 하지 않고, 카메라에서 출력되는 영상신호의 고주파 성분을 이용하여 초점을 맞춘다. 이러한 처리 방식의 차이로 인해 패시브 방식은 액티브 방식에 비하여 소형화나 렌즈의 고배율화에 유리하며, 따라서 카메라 일체형 VTR에서는 패시브 방식이 주류가 되어 있다.

본 논문에서는 근거리에서 자동 초점 기능을 갖춘

CCD 카메라를 사용하여 영상을 얻는 과정에서 발생하는 문제점을 개선하여, 홍채인식과 같은 문제에 적용하기 위해 근거리에서도 깨끗한 영상을 얻을 수 있도록 카메라의 초점을 제어하는 방법을 제안한다. 본 방법은 패시브 방식을 적용하여 카메라로부터 나오는 NTSC 신호와 Cauchy 어닐링 알고리즘[1,3]을 이용하여, 카메라의 렌즈에 부착된 모터의 회전속도와 방향을 영상신호의 변화에 따라 서서히 변화시키면서 적합한 영상을 획득한다. 영상의 고주파 성분을 분석하기 위해 80C196을 이용하였고, CCD 카메라의 동작을 위한 모터 제어는 80C196에 내장된 PWM 제어를 사용한다. 또한 홍채 영상 획득과정에서 발생할 수 있는 사람의 미동과 눈 깜박임의 영향을 줄이기 위해 각각의 영상 신호들을 비교하여 순간적으로 영상의 크기(magnitude)가 크게 변하는 부분을 고주파 계산시간과하도록 구성하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 카메라 장치 구성을 위한 기본 환경 설정과 초점 제어를 위한 하드웨어 구성에 대해서 설명한다. 그리고 3장에서는 카메라 초점 제어를 위해 적용한 어닐링 알고리즘을 제시한다. 4장에서는 간단한 실험 결과에 대해서 설명하고, 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 하드웨어 구성

### 2.1 영상 획득 장치의 구성

55 mm 접사 렌즈가 장착된 CCD 카메라로부터 영상을 획득한 후 가공되지 않은 데이터를 온라인 상태에서 직접적으로 처리하기 위하여 이미지 그래버(혹은 오버레이 카드, 모델명: 두인 PC Vision 97 Pro)를 사용하였다. 이 카드의 이점은 MFC 표준을 이용하여 응용프로그램을 용이하게 구현할 수 있어서, 실제 오버레이 프로그램 개발에 드는 시간과 비용을 절약할 수 있다는 것이다.

또한, 카메라 렌즈를 통해 얻어지는 영상은 훨씬 어두운 영상을 갖게 된다. 이러한 문제점의 해결을 위해서는 영상 획득 과정에서 보조적인 조명이 필요하다. 하지만, 백열등과 같은 일반적인 조명 대신에 사용자의 눈에 강한 빛에 의한 피로를 주지 않기 위해 적외선 조명을 사용하였다. 적외선 조명은 사람의 눈에 보이지 않지만 흑백 CCD 카메라에는 보이는 특징이 있다. 그러나, 이 경우 주변의 가시광선 조명이 어두우면, 사람의 눈의 경우에는 동공이 너무 크게 나타나서 홍채가 거의 보이지 않는 영상을 획득할 수 있다. 따라서, 본 실험에서는 적외선 LED 약 400개를 카메라 렌즈를 중심으로 주위에 장착하였으며, 주변조명으

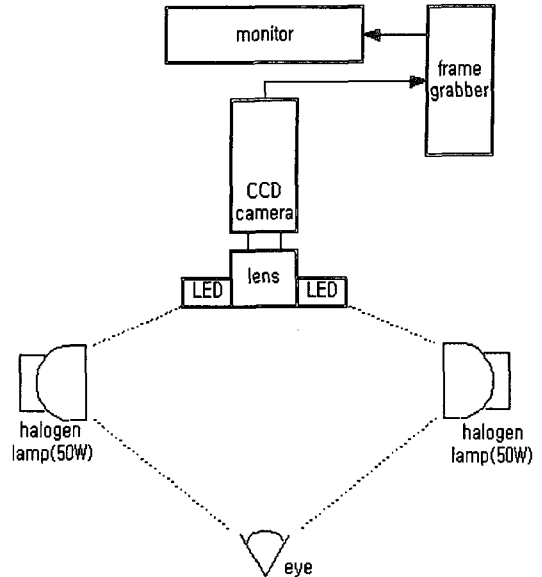


그림 1. 영상획득 장치의 구성도  
Fig. 1. Configuration of image acquisition device

로 50W 할로겐 램프 2개를 사용하여 그림 1과 같은 영상 획득 환경을 구성하였다.

### 2.2 카메라 초점 제어 장치의 구성

카메라 렌즈를 제어하기 위한 하드웨어는 크게 영상신호처리부와 모터제어부로 나눌 수 있다. 영상신호처리부는 CCD 카메라로부터 입력되는 영상신호를 A/D 컨버터와 Video Sync Separator를 이용하여 초점 제어에 필요한 신호를 만들어 주는 부분이다. 모터제어부는 영상신호처리부에서 발생하는 신호에 따라 카메라에 부착된 모터의 방향과 속도를 제어하는 모듈이다.

#### 2.2.1 영상신호처리부

CCD 카메라 초점 제어의 효과적인 동작을 위해서는 하드웨어가 많은 양의 영상신호 데이터를 신속히 처리할 수 있어야 한다. 영상 신호를 효과적으로 처리하기 위해서 영상신호처리부는 80C196을 중심으로 그림 2와 같이 제작하였다. 80C196에도 영상신호 처리를 위한 A/D 컨버터 기능을 가지고는 있지만, 영상신호의 처리를 좀 더 효과적으로 수행하고 이러한 신호에 따라 모터를 신속하게 제어하기 위해 주변 하드웨어를 추가하였다. 그러나, 이와 같이 장치를 구성해도 실제적으로는 데이터의 손실이 일부 발생하지만, 제어하는 과정에서는 각 영상신호가 전체적으로 명확해야 하기 때문에 데이터의 일부 손실이 어느 정도까지는 크게 문제가 되지 않는다고 가정을 하였다.

CCD 카메라로부터 입력되는 영상신호를 A/D 컨버터와 Video Sync Separator가 일체로 된 BT829에 비해 데이터 전송속도가 느린 80C196이 데이터를 안정적으로 받아들일 수 있도록 별도의 레지스터(74시리즈 부분)를 추가하였다. 이러한 속도의 차이로 인해 영상데이터가 손실되는 단점이 있지만 홍채인식에 적용할 경우 홍채의 미동과 사람의 눈깜박임을 보정하는 작업을 간접적으로 도울 수 있는 장점이 있다.

2.2.2 모터제어부

모터제어부는 그림 3과 같이 구성하였으며, 80C196에서 나오는 PWM 제어신호를 이용하여 모터의 속도와 방향을 제어하는 역할을 수행한다. STOP와 S/R신

호는 80C196의 ioport1으로 연결되어 STOP은 모터의 동작 그리고 S/R은 모터 방향을 제어한다.

모터의 속도제어는 S/R 신호가 들어가는 핀에 PWM 신호를 연결하여 어닐링 알고리즘에서 제어변수가 변함에 따라 모터의 속도를 감소시킨다. 이 경우 모터의 성능에 따라 움직일 수 있는 PWM값의 범위가 다르게 나온다. 본 실험에 쓰인 카메라 렌즈 구동 모터는 80C196의 PWM 신호를 최소 0에서 최대 100까지 변할 수 있도록 하였고, 신호값이 5이상이 되면 구동이 가능하도록 하였다.

3. 카메라 렌즈 초점 제어 알고리즘

카메라 렌즈의 초점 제어를 위해서는 우선 입력되는 영상신호를 분석하는 것이 중요하다. 잡영(noise)이 없는 신호가 들어온다면, 그림 4에서 보는 바와 같이 초점값(focusing value)이 가장 높은 곳에 렌즈를 위치시켜 원하는 영상을 획득하면 된다. 그러나 실제로는 잡영이 존재하기 때문에 그림 5와 같이 초점값의 분포가 많은 영향을 받게된다. 따라서, 실제로 입력을 받아야 될 정초점 위치가 아닌 벗어난 곳에서 카메라 렌즈의 초점이 맞추어지게 되어 부적절한 영상을 획득하게 된다.

이를 위해 단순히 카메라 렌즈를 단지 초점값이 최대가 되는 지점에서 멈추게 한다면, 그림 5에서 보는 바와 같이 중앙부분의 최고치가 아닌 다른 곳의 최고치에서 멈추게 된다. 이렇게 되면 마찬가지로 원하는 깨끗한 영상을 얻을 수가 없다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 본 논문에서는 카메라의 모터를 최대한 줌아웃(zoom-out)한 상태에서 일정한 속도로 줄여

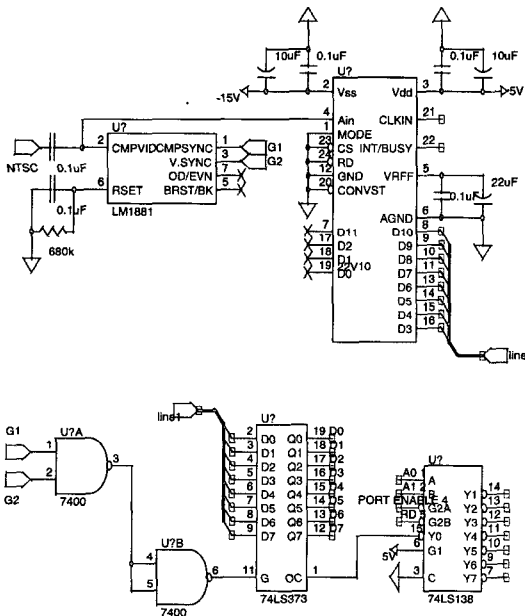


그림 2. 영상신호처리부  
Fig. 2. Image signal processing part

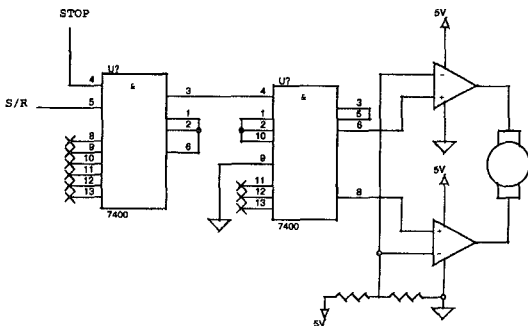


그림 3. 모터제어부  
Fig. 3. Motor control part

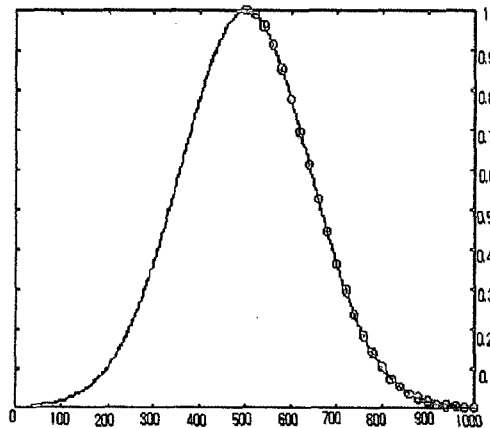


그림 4. 외란이 없는 경우의 초점값의 분포  
Fig. 4. Distribution of focusing values without noises

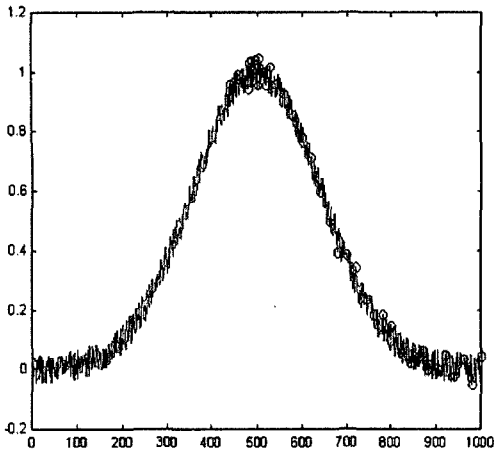


그림 5. 외란이 있는 경우의 초점값의 분포  
Fig. 5. Distribution of focusing values with noises

나가면서 초점이 맞기 시작하는 부분의 좌우부분에서 카메라의 속도를 조금씩 줄여가며 줌인(zoom-in)과 줌아웃을 반복하는 과정을 통해 가장 깨끗한 영상을 얻는 방법을 제안한다. 이와 같이 반복하는 과정에서 제어 변수  $T$ 를 점진적으로 변화시키는 Cauchy 어닐링 알고리즘을 사용한다[2,4].

어닐링이란 방법은 낮은 온도에서 원자구성의 평형 상태를 결정하기 위한 방법으로서, 일단 높은 온도에서 평형 상태를 찾은 다음 서서히 온도를 낮추면서 그 평형 상태를 보존해 나가는 방법이다. 어닐링에서 온도를 낮추는 효과를 모방하기 위해, 제한된 온도의 감소 순서  $T_0, T_1, \dots, T_k$ 가 사용된다. 먼저,  $T=T_0$ 로 놓고 일련의 과정을 수행한다. 수행이 끝난 후, 즉 온도  $T_0$ 에서 평형 상태에 도달한 후  $T$ 에  $T_1$ 을 대입해 앞의 과정에서 얻어진 결과를 출발점으로 하여 두 번째 수행을 한다. 이런 식으로  $k$ 번 수행한 후 가장 우수한 결과를 최적해에 가까운 근사해로 받아들인다.

어닐링 알고리즘을 적용하면, 카메라 렌즈의 상태에 따라 고주파 성분이 나오는 경우 Optimal Control로 제어를 하면 국부적인 위치에서 초점이 잡히게 되는 문제를 해결할 수 있다. 그림 4와 그림 5에서와 같이 고주파가 가장 많이 나오는 곳을 찾기 위해 렌즈가 움직일 때 한쪽 끝 부분에서 출발하여 반대쪽 끝을 향해 진행된다면 렌즈가 동작할 때마다 현재상태의 고주파와 바로 전 고주파의 양을 비교할 수 있다. Optimal Control의 경우

$$x(t) - x(t - 1) > 0$$

$x(t)$  ; 현재상태의 고주파 양  
 $x(t - 1)$  ; 전 상태의 고주파 양

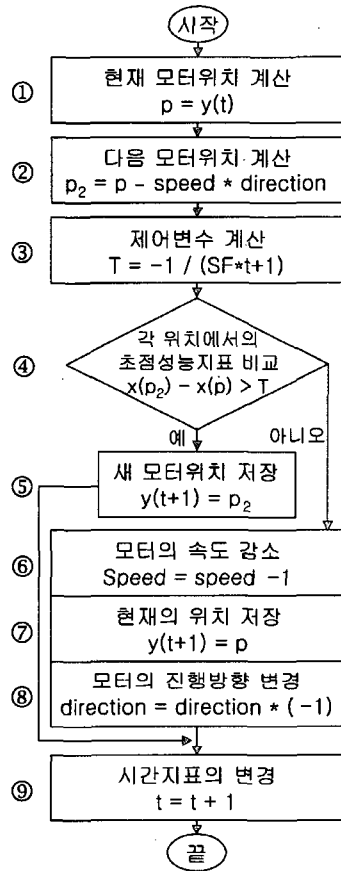


그림 6. 제안한 어닐링 알고리즘  
Fig. 6. Proposed annealing algorithm

일 때 계속 동작하다가 두 값이 같거나  $x(t-1)$ 이 커지는 곳에서 카메라 렌즈는 초점을 잡게 된다. 이러한 방법은 그림 4와 같이 외란의 영향이 없을 경우 최적의 초점을 잡을 수 있지만, 그림 5에서와 같이 외란이 존재할 경우 전혀 다른 부분에서 초점을 잡게 된다.

하지만, 어닐링 알고리즘은  $x(t)$ 와  $x(t-1)$ 을 비교할 때 0이 아닌 조건에 따라 값이 점진적으로 변하는 제어 변수  $T$ 를 사용한다.

$$x(t) - x(t - 1) > T$$

$$T = -1/(at + b) \quad (a \text{와 } b \text{는 상수})$$

이와 같은 어닐링 알고리즘의 제어 변수  $T$ 를 적용하여 카메라 렌즈의 동작을 제어하는 방법을 블록다이어그램으로 표현하면 그림 6과 같다.

앞에서 언급했듯이, 영상신호에는 실제로 외란이 존재하기 때문에 거기에 맞게 렌즈를 제어해야 한다. 따

라서, 먼저 카메라 렌즈가 최대로 줌아웃한 상태에서 일정 속도로 줌인해 간다. 이때, 현재의 모터위치  $p$ 와 다음 모터위치  $p_2$ 는 함수  $x(\cdot)$ 를 이용하여 ①과 ②로 나타낼 수 있다. 여기서 speed는 모터의 속도, 즉 DC 모터에 의해서 줌 되는 크기를 의미하고, direction은 모터의 진행방향을 나타낸다. 만약 외란이 없는 이상적인 영상신호가 들어온다면 두 위치에서의 초점성능지표를 비교하여 모터를 제어하면 된다. 하지만 실제로는 외란이 존재하기 때문에 모터 제어 여부를 판단하기 위해서 ④에서처럼 제어변수  $T$ 를 사용한다. 여기서  $x(\cdot)$ 는 카메라 렌즈의 모터위치에서 나오는 초점성능지표를 나타낸다.  $T$ 는 외란에 의해  $x(p)$ 가 실제로는  $x(p_2)$ 보다 작아져 크게 나왔을 경우를 위해 ③이 된다(SF는 스무딩 요소로서, 함수가 원만할수록 해당값이 증가한다).  $T$ 를 음수로 하고 분모쪽의 변수를 모터의 동작에 따라 변화시키면 외란의 영향을 개선시킬 수 있다.

그림 6에 나타난 것과 같이 제어변수  $T$ 를 사용하여 외란이 있는 신호가 들어올 경우 가장 초점이 맞는 카메라 렌즈의 위치를 찾기 위해  $x(t-1)$ 이 커도 제어변수보다  $x(t)-x(t-1)$ 의 절대값이 작으면 렌즈는 계속 진행을 한다. 그러나, 가장 주파수가 많이 나오는 곳에 도달하면  $x(t)-x(t-1) \leq T$ 가 된다. 이 때 카메라 렌즈 제어 모터는 역방향으로 회전하고 속도가 줄어든다. 또한 제어변수  $T$ 도 작아진다. 이러한 동작을 몇 차례 반복하면 모터의 속도가 0이 되고 카메라 렌즈는 최적의 위치에 놓이게 된다.

### 4. 실험

#### 4.1 고정된 영상에 대한 실험

본 논문에서 제안한 방법은 기본적으로 영상 신호에서 그림 7과 같은 필터를 이용하여 획득한 고주파 성분에 의해 초점을 잡는다.

그림 7의 필터에 영상 신호를 통과시켜서 초점의

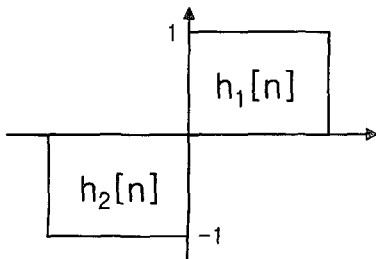


그림 7. 고주파 성분 획득 필터  
Fig. 7. Filter for acquiring high frequency components

판단 기준이 되는 값을 얻는다.

$$focus = \sum_{n=0}^k |h_1[n] + h_2[n]|$$

focus : 고주파 신호의 판별 기준이 되는 값  
k : 한 화면에서 나오는 영상신호의 수

영상이 정초점에서 벗어나 흐린 상태가 되면 위의 focus값은 정초점일 때보다 상대적으로 작은 값이 나온다. 따라서 focus값이 클수록 보다 정초점에 가까운 영상으로 판단하여 해당하는 값이 최고치가 될 때 영상을 획득한다.

우선적으로 정지된 영상에 대해서 실험을 수행하였다. 실험 방법은 CCD 카메라가 초점을 잡을 수 있는 범위 안에 영상을 위치시키고 초기  $T$ 값과 초기 모터 속도, 그리고 영상데이터에 따라 모터의 역변화가 발생할 때  $T$ 의 변화량을 바꾸면서 수행하였다.

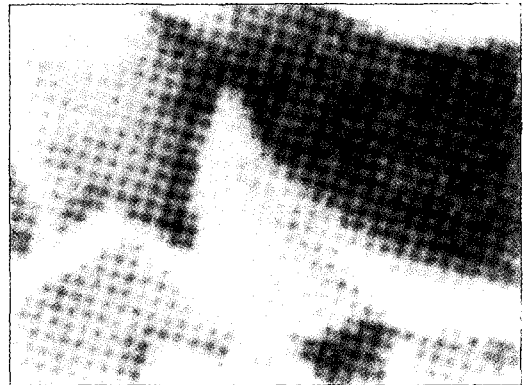


그림 8. 정지영상에 대한 실험 (I)  
Fig. 8. Experiment on a static image (I)

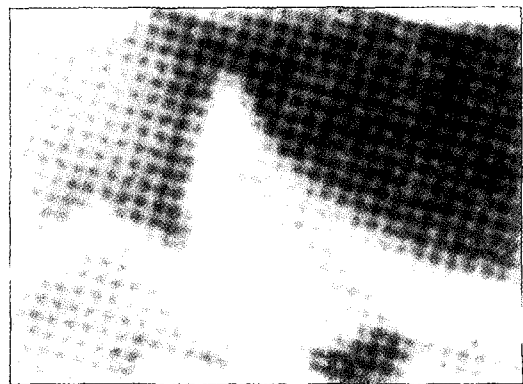


그림 9. 정지영상에 대한 실험 (II)  
Fig. 9. Experiment on a static image (II)

그림 8과 그림 9는 모터의 속도와  $T$ 의 변화량에 상관없이 각각 초기  $T$ 값을 70과 80으로 설정한 경우에 획득한 영상이다. 초기값을 70으로 설정한 영상(그림 8)의 경우에, 실험상 가장 초점이 잘 잡힌 영상을 얻을 수 있었다. 그림 9와 그림 11과 같이 초기값을 80으로 설정하여 획득한 영상에 비해 크게 초점이 떨어지는 영상이 아니지만, 제어변수의 초기값이 70인 경우 초점을 정확하게 잡기 위한 시간이 20초 정도가 걸렸다. 동작 시간을 줄이는 방법은 초기 모터속도를 작게 하여 역방향 회전수를 작게 하거나 시간에 따른  $T$ 의 변화량을 크게 하여 10초 이내로 영상의 초점을 맞추도록 하면 된다.

그림 10은  $T$ 가 70일 경우 CCD 카메라 렌즈의 초기화 시간을 4초로 하고 시간에 따른  $T$ 의 변화량을 영상 프레임 50회에 1씩 감소하도록 하였다. 그림 11은  $T$ 를 80으로 하고 렌즈의 초기화시간과  $T$ 의 변화량을 그림 10에서와 같이 동일하게 하였다. 이 경우

동작 시간은 크게 줄어들지만, 정확한 초점을 잡을 때까지  $T$ 가 빠르게 줄어들게 되어 그림 8과 그림 9에 비해 영상의 선명도가 떨어지게 된다.

#### 4.2 홍채 영상에 대한 실험

사람의 홍채를 대상으로 초점을 획득하기 위해서는 고정영상에서와 같은 알고리즘을 그대로 적용하기가 힘들다. 왜냐하면 CCD 카메라가 동작하는 동안 눈의 깜박임에 의해 초점을 잡는데 필요한 영상 신호가 심하게 변하기 때문이다.

눈이 감기는 경우 처리되는 디지털 신호가 순간적으로 커지게 된다. 이러한 경우 그림 7의 필터를 통과시켜 나온  $h_1$ 와  $h_2$ 가 각각 2배로 커졌다면,

$$focus = 2 \sum_{n=0}^k |h_1[n] + h_2[n]|$$

처럼 고주파 신호 판별의 기준이 되는  $focus$ 값 또한

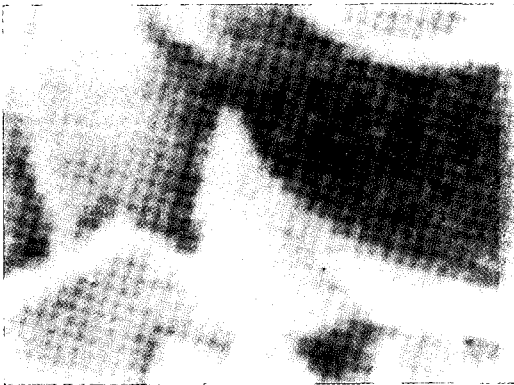


그림 10. 정지영상에 대한 실험 (III)  
Fig. 10. Experiment on a static image (III)

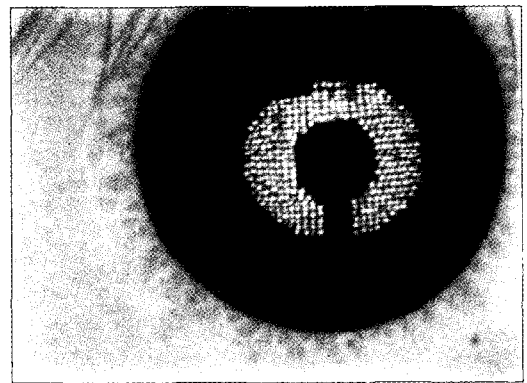


그림 12. 홍채에 대해 획득한 영상 (I)  
Fig. 12. Human iris image (I)



그림 11. 정지영상에 대한 실험 (IV)  
Fig. 11. Experiment on a static image (IV)

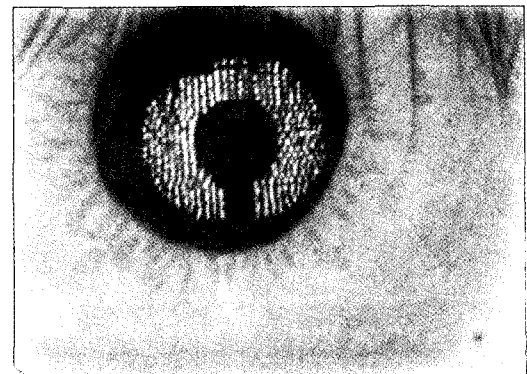


그림 13. 홍채에 대해 획득한 영상 (II)  
Fig. 13. Human iris image (II)

2배로 커지게 된다. 실제 실험에서는 고주파 성분을 획득하기 위해 사용한 필터에 의한 focus값이 눈이 감기는 순간 약 2배까지 커지게 되었다. 이러한 문제를 해결하기 위해

$$w = \sum \text{영상신호값}$$

을 이용하여  $w$ 가 순간적으로 커지는 부분은 정초점을 잡기 위해 고주파 계산시 간과하고 지나가도록 수정하였다. 그림 12와 그림 13은 홍채에 대해 적용하여 획득한 영상의 예이다.

### 5. 결 론

본 논문에서는 홍채인식 시스템에서 고배율의 영상 획득을 위한 패시브 방식의 CCD 카메라 초점 제어 방법을 제안하였다. 영상의 고주파 성분을 분석하기 위해 80C196을 사용하였고, CCD 카메라의 동작을 위한 모터 제어는 80C196에 내장된 PWM 제어를 이용했으며, 영상신호처리를 위해 BT829를 사용하였다. 또한 영상신호를 이용하여 카메라 렌즈의 초점 제어를 위해 어닐링 알고리즘을 이용하였다.

홍채영상을 얻기 위해 렌즈를 제어한다면 사용자에게 부담을 주지 않기 위해서 줌인과 줌아웃이 반복되는 부분에 적용되는 어닐링 알고리즘을 간단하고도 효율적으로 만들어야 한다. 이를 위해 기존 연구에서는 Hill-Climbing 탐색 알고리즘[6]을 적용하였지만, 이는 처리 시간이 증가하는 단점을 가진다. 또한 기존의 고주파 성분 계산 방법들은 연산을 수행하는데 많은 시간이 걸리게 된다. 제안한 방법은 이러한 처리가 짧은 시간에 이루어 질 수 있어서, 영상획득 과정에서 발생할 수 있는 사용자의 거부감을 최소화하였다. 제안한 어닐링 알고리즘과 사람의 미동을 고려한 알고리즘을 사용한 실험을 통해 제안한 방법이 고배율의 홍채영상 획득에 효과적임을 확인하였다.

### 참고문헌

[1] Laurene Fausett, *Fundamentals of Neural Networks*, Prentice Hall, 1994.  
 [2] R.H.J.M Otten, L.P.P.P. van Ginneken, *The Annealing Algorithm*, Kluwer Academic Publishers, 1989.  
 [3] Simon Haykin, *Neural Network*, IEEE Press, 1994.

[4] T. Poggio and F. Girosi, "Networks for Approximation and Learning", *Proceeding of IEEE*, Vol. 78, No. 9, pp. 1481-1497, 1990.  
 [5] 일본계측자동제어 학회편, *뉴로, 퍼지, A. I. 핸드북*, 도서출판 기다리, 1998.  
 [6] 이준석, 최강선, 고성제, "비디오 카메라의 효과적인 자동 초점 조절", *대한전자공학회 추계논문집*, pp. 617-620, 1999.



**이 관 용 (Kwan-Yong Lee)**

1989년 : 연세대 전산과학과 졸업(학사)  
 1991년 : 동 대학원 컴퓨터과학과 졸업(석사)  
 1994년 : 동 대학원 컴퓨터과학과 박사  
 1991년~1999년 : 연세대 자연과학연구소 연구원  
 1997년~1999년 : 일본 동경대학 방문연구원

1999년~현재 : 한국전자통신연구원 전자상거래연구부 선임연구원  
 관심분야 : 패턴인식, 컴퓨터비전, 생체인식, 정보보호 기술, 인공지능, 기계학습



**임 신 영 (Shin-Young Lim)**

1983년 : 건국대학교 공업화학과 졸업(학사)  
 1985년 : 동 대학원 화학공학과 졸업(석사)  
 1992년 : 동 대학원 전자계산학과 졸업(석사)  
 1995년~1998년 : 고려대 컴퓨터학과 박사수료

1987년~현재 : 한국전자통신연구원 전자상거래연구부 전자지불연구팀 팀장  
 관심분야 : 인터넷 보안, 공개키 인증기관, 전자 지불, 홍채 인식, 디지털 콘텐츠 정보보호기



**조 성 원 (Seong-Won Cho)**

제9권 4호 참조