

---

# DSP프로세서를 이용한 홍채영상인식 시스템구현에 관한 연구

김자환\* · 정은숙\* · 성 경\*\* · 류광렬\*

## A Realization for the Iris Image Recognition System Using the DSP Processor

Ja-Hwan Kim\* · Eun-Suk Jung\* · Kyeong Sung\*\* · Kwang-Ryol Ryu\*

### 요 약

본 논문은 홍채영상 인식시스템의 처리 속도를 향상시키기 위하여 고성능 DSP 프로세서를 이용한 실시간 처리 시스템의 구현에 관한 연구이다. 시스템은 CCD 카메라, DSP 처리부, 네트워크와 연동을 위해 통신부로 구성된다. 시스템 구현 결과 홍채 영상의 인식 처리 속도가 0.9초 이하 정도 개선되었다.

### ABSTRACT

The iris image recognition system realization using DSP processor for the faster real-time processing is presented in this paper. The system is composed of CCD camera, DSP processing and network part to link the communication. The system based on high speed DSP processor leads the iris recognition processing time to be faster. The simulation results in 0.9sec below approximately.

### 1. 서 론

홍채인식 기술의 실용성 증대와 이용분야가 확대됨에 발 및 알고리즘 개선을 위한 지속적 연구가 요구되고 있다.

홍채 인식 기술은 1936년 프랭크 버취(Frank Burch), MD에 의해서 처음 제안이 되었으며, 1987년 미국의 플롬(Flom)과 애런 싸피어(Aran Safir)가 홍채의 패턴이 사람마다 고유하다는 것을 발견하였고, 영국 캠브리지 대학의 존 다그남(John G. Daugman)교수가 1994년에 홍채 패턴을 256 비트로 코드화 할 수 있는 개버변환(Gabor Transform)을 기반으로 한 영상 신호 처리 알고리즘을 제안하여 홍채 인식 기술이 실용화 되었다. 현재의 홍채 인식 기술은 이 알고리즘에 기반을 두고 있다.[1-3]

대부분의 생체 인식 시술은 사용자와 입력 장치

간의 접속이 불가피하다는 단점이 있으며, 또한 접속으로 인한 입력 장치가 손상을 입는 단점들을 가지고 있다. 따라서 간단하며, 빠르고, 신뢰성이 있는 검증된 시스템의 개발이 필요하게 되었다. 이러한 문제점의 해결책으로써 영상을 이용해 사용자와 입력 장치간의 접속을 피할 수 있는 방법들이 등장 하였으며, 그 중 홍채를 이용하는 인식 기술이다. 홍채 인식은 사람 눈의 중앙에 검은 동공과 공막 사이에 존재하는 도넛 모양의 홍채 무늬 패턴을 이용하여 인식하는 기술로써 다른 생체 인식 기술보다도 개인간의 변별력이 매우 높으며 평생 동안 특징이 거의 변화 하지 않는 점이 있다. [4-5]

홍채 인식 기술은 크게 입력 장치, 알고리즘을 처리하여 데이터베이스화하고 이를 저장된 데이터 베이스와 매칭시키는 부분으로 구분된다. 이를 제품화 하는 과정에서 기존의 시스템들은 일반적으로 영상 입력 장치로부터 들어온 데이터를 중간에

---

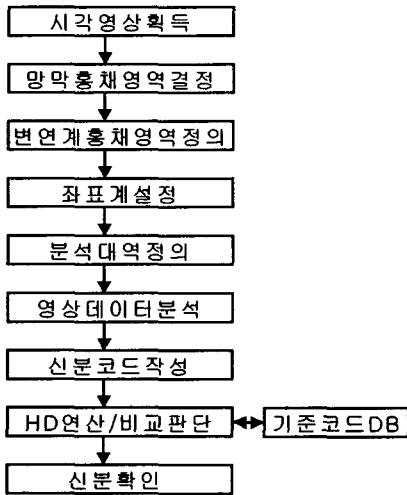
\*목원대학교, IT공학부

\*\*컴퓨터교육과

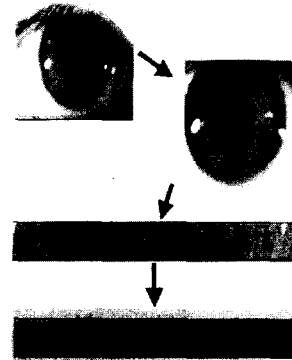
메모리 등의 버퍼 층에 저장하고, 이 데이터를 프로세서가 읽어서 처리하는 형태로 하드웨어를 구성되므로 프로세서가 입력된 영상 데이터를 메모리로부터 읽어드릴 때 지연 시간이 발생하게 된다. 이러한 문제점으로 인해 기존 구성에서 인식 처리 속도의 한계점이 발생이 되었다. 따라서 본 연구에서는 이를 개선하기 위해 고성능DSP프로세서를 기반으로 처리속도를 향상시키기 위한 알고리즘과 시스템을 구현하고자 한다.

### II. 홍채인식 알고리즘

홍채인식 알고리즘은 그림1-a의 순서도와 같이 입력된 영상 데이터로부터 홍채 영역 검출, 특징코드 추출과 비교 판단 부분으로 구현된다. 실제 단계별 처리 영상은 그림1-b와 같다.



(a)홍채인식과정 순서도



(b)홍채인식 단계별 영상

그림 1 홍채 인식과정 순서도 및 단계별 영상

홍채의 특징 추출은 홍채 영역에 나타나는 무늬 패턴의 특징을 추출하는 것으로 홍채 무늬 패턴을 그레이 값으로 표현한다. 홍채 특징 추출은 2차원적인 방법과 홍채 영역 중 일부분의 1 차원 신호를 이용하는 방법으로 구분된다. 일반적으로 홍채는 원형의 형태를 가지고 있으므로 홍채 영역 검출은 식(1)과 같이 표현된다. 즉 중심  $(x_0, y_0)$ 와 반지름  $r$ 을 변화 시키면서 각 중심과 반지름에 의해 만들어지는 원의 둘레에 따라 픽셀들의 그레이 레벨 값을 더한 뒤, 반지름  $r$ 의 변화에 따라 그 차이가 최대 값을 갖는 위치를 홍채의 경계 위치로 추출한다.

$$\max(r, x_0, y_0) \left[ G_s(r) * \oint_{r_0, y_0} \frac{I(x, y)}{2\pi r} ds \right] \quad (1)$$

식(1)을 영상 처리하기 위해 식(2)와 같이 이산 형태로 변형시킨다.

$$\max(n\Delta r, x_0, y_0) \left| \frac{1}{\Delta r} \sum_k (G_s((n-k)\Delta r) - G_s((n-k-1)\Delta r)) \sum_k I(k\Delta r \cos(m\Delta\theta) + x_0, k\Delta r \sin(m\Delta\theta) + y_0) \right| \quad (2)$$

그림 2는 홍채 영역 검출에 의해서 구해진 홍채의 밝기 변화를 나타낸다. 그림에서 볼 수 있듯이 홍채와 동공간의 경계를 명확히 구분하기가 어렵다, 따라서 가우시안 필터를 이용하여 홍채와 동공간의 경계지점을 구분한다.

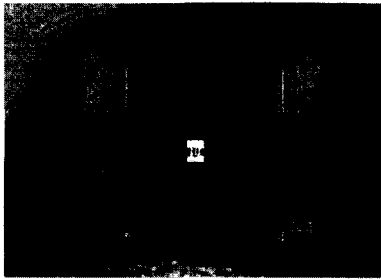


그림 2 홍채 영역 검출

추출된 영상으로부터 코드를 생성하기 위해 개버(Gabor)필터를 일반적으로 이용을 한다. 개버필터는 방향 선택성과 주파수 선택성을 가진 필터로써 특정 주파수 성분과 방향성을 가지는 영상 구조가 어디에 있는지의 지역적인 정보를 효과적으로 표현할 수 있다. 개버필터는  $(x,y)$  좌표계에서 식(3)과 같이 표현한다. 여기서  $(x_0, y_0)$ 는 홍채 영상의 위치를 나타내며,  $(\sigma_0, \beta_0)$ 는 가우시안 경계를 나타낸다.  $(u_0, v_0)$ 는 변조 주파수 성분을 나타낸다.

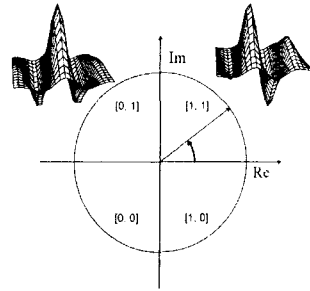
$$G(x,y) = e^{-\frac{\pi}{2}((x-x_0)^2/\sigma^2 + (y-y_0)^2/\beta^2)} \cdot e^{-2\pi i(u_0(x-x_0) + v_0(y-y_0))} \quad (3)$$

식(3)을 홍채인식에 사용하기 위해 식(4)와 같이 변화 시킨다.

$$G(r,\theta) = e^{-i\omega(\theta-\theta_0)} \cdot e^{-(r-r_0)^2/\alpha^2} \cdot e^{-(\theta-\theta_0)^2/\beta^2} \quad (4)$$

여기서 조명에 따라 생성되는 코드가 달라지는 것을 방지하기 위해 실수부는 0이 되도록 한다. 홍채 영역 추출을 통하여 획득되어진 데이터를 코드화하기 위하여 다음과 같이 필터링된 신호의 실수부와 허수부 각각의 부호에 따라 복소평면의 한 점으로 결정된다.

$$\begin{aligned} h_{Re} &= 1 \quad \text{if} \quad \text{Re} \int_{\theta_0}^{\theta_0+\Delta\theta} \int_{r_0}^{r_0+\Delta r} e^{-i\omega(\theta-\theta_0)} e^{-(r-r_0)^2/\alpha^2} e^{-(\theta-\theta_0)^2/\beta^2} R(\rho, \phi) \rho d\rho d\theta \geq 0 \\ h_{Re} &= 0 \quad \text{if} \quad \text{Re} \int_{\theta_0}^{\theta_0+\Delta\theta} \int_{r_0}^{r_0+\Delta r} e^{-i\omega(\theta-\theta_0)} e^{-(r-r_0)^2/\alpha^2} e^{-(\theta-\theta_0)^2/\beta^2} R(\rho, \phi) \rho d\rho d\theta < 0 \\ h_{Im} &= 1 \quad \text{if} \quad \text{Im} \int_{\theta_0}^{\theta_0+\Delta\theta} \int_{r_0}^{r_0+\Delta r} e^{-i\omega(\theta-\theta_0)} e^{-(r-r_0)^2/\alpha^2} e^{-(\theta-\theta_0)^2/\beta^2} R(\rho, \phi) \rho d\rho d\theta \geq 0 \\ h_{Im} &= 0 \quad \text{if} \quad \text{Im} \int_{\theta_0}^{\theta_0+\Delta\theta} \int_{r_0}^{r_0+\Delta r} e^{-i\omega(\theta-\theta_0)} e^{-(r-r_0)^2/\alpha^2} e^{-(\theta-\theta_0)^2/\beta^2} R(\rho, \phi) \rho d\rho d\theta < 0 \end{aligned} \quad (5)$$



여기서  $(r, \theta)$ 의 홍채 영역에서  $(r_0, \theta_0 : \alpha, \beta, \omega)$ 의 특정 크기와 위치 계수들을 가지는 하나의 이차원 개버필터는 홍채를 정량화시키는 역할을 하게 된다. 이 와 같은 과정에서 생성된 홍채 코드는 일정 길이의 시퀀스이다. 하나의 홍채 영상에 대한 이러한 시퀀스들이 하나씩 생성 되고, 이 시퀀스들의 비교를 통해 개개의 특징을 결정하게 된다. 이때 쓰이는 비교 방법으로 식(6)과 같이 해밍거리 HD(HD: Hamming Distance)를 사용한다.

$$HD = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} A_i \oplus B_i \quad (6)$$

여기서 HD의 임계치보다 작으면 동일한 것으로 인식하고 임계치보다 크면 동일하지 않다고 판단한다.

### III. 시스템 구현

시스템 구성은 일반적으로 홍채 영상을 획득하기 위해 입력 장치를 CCD 카메라 모듈, 이 모듈로부터 획득된 영상데이터를 FPGA를 이용하여 메모리에 저장하는 모듈과 저장된 데이터를 이용하여 홍채 영역 추출 및 코드화하는 신호처리 모듈, 결과를 상위에 보고하는 통신 모듈로 구성된다. 그림 3은 기존 제품들이 일반적인 하드웨어 구성도이다. 그림3과 같이 입력 장치로부터 획득된 데이터를 로직을 통하여 메모리에 저장하고 저장된 데이터를 MPU가 읽어서 처리하는 구성으로 되어 있다. 이와 같은 구성으로 인해 인식 처리 속도를 개선시키는데 단점을 가지고 있었다. 따라서 본 논문에서는 카메라로부터 입력된 데이터를 MPU와 직접 연결하여 중간에 발생할 수 있는 지연 시간을 줄이고자 한다. 그림 4는 제안한 하드웨어 구성도이다.

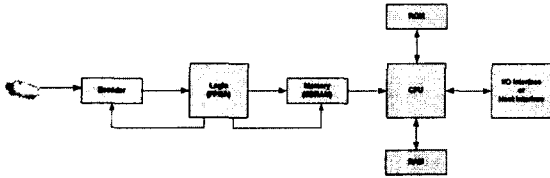


그림 3 기존 하드웨어 구성

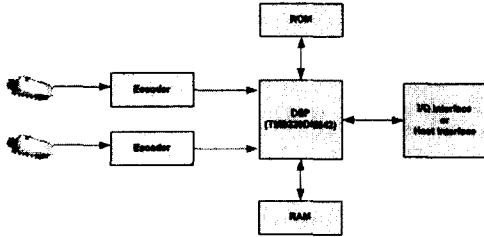


그림 4 제안 하드웨어 구성

그림 4의 하드웨어 구현에서 DSP프로세서는 TMS 320DM642를 사용한다. 그림 5는 프로세서의 구조이며, 영상 입력 Port가 3개사 존재하며 총 6개의 영상을 입력할 수 있어 향후 여러 방향에서 홍채를 인식 시킬 수 있는 시스템을 구성하는데 적합한 프로세서이다. 또한 처리 속도가 600MHz 클럭으로 동작이 되며 최고 4800MIPS이므로 홍채 인식 처리 속도를 실시간으로 연산 할 수 있다. 또한 DSP 코어(core)는 8개의 유닛으로 구성 되어졌으며 아래의 예와 같이 Serial한 코드를 Parallel하게 구성하여 1 사이클에 8개의 명령을 실행 할 수 있는 구조이다.

Serial	Parallel
B .S1	B .S1
MVK .S1	MVK .S2
ADD .L1	ADD .L1
ADD .L1	ADD .L2
MPY .M1	MPY .M1
MPY .M1	MPY .M2
LDW .D1	LDW .D1
LDB .D1	LDB .D2

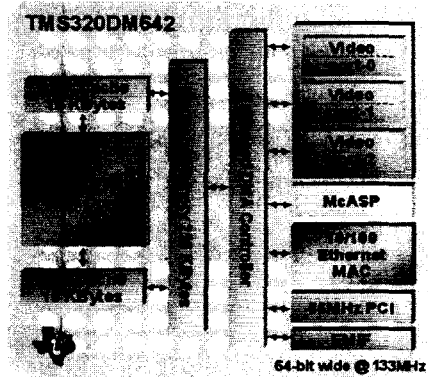


그림 5 DSP 프로세서 구조

#### IV. 실험 및 결과

실험은 시스템 디자인 전 단계로 상용 EVM 보드로 시뮬레이션을 하였다. 알고리즘은 기존 하드웨어에 적용한 것을 사용하였다.

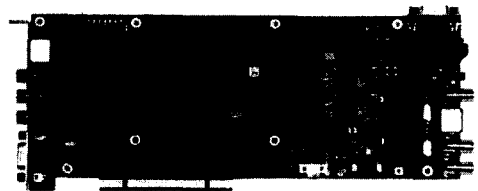


그림 6 EVM 보드

그림 6은 본 논문에 적용한 EVM 보드이며, 그림 7은 CCD 카메라로부터 획득된 영상 중의 1 프레임 데이터, 그림 8은 홍채 영역을 추출 및 코드화한 데이터이다. 실험 결과 CCD 카메라 입력부터 홍채 인식 처리 시간이 기존의 하드웨어 구성보다 홍채인식 처리시간이 개선되었다.

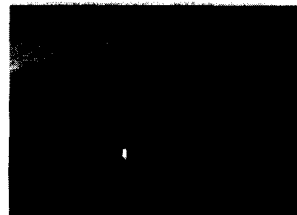


그림 7 획득한 1프레임 영상 데이터



그림 8 홍채인식 코드

### V. 결 론

본 연구에서는 기존 하드웨어 구성에서 실시간 처리 시 발생하는 지연시간을 개선하고자 고성능 DSP 프로세서를 사용하여 홍채 인식 처리 속도를 개선시킨 결과 0.9초 이하로 향상되었다. 현재 홍채 영상을 획득하기 위해 입력 장치로부터 30-50cm 이내의 한정된 거리만 적용이 되었으나 향후 거리의 제한을 해결하기 위한 연구와 여러 방향으로부터 영상 데이터를 획득할 수 있는 연구가 필요하다.

### 참고문헌

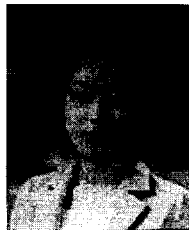
- [1] Daugman J. "High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence," IEEE PAMI, Vol. 15, 1993
- [2] Liu, S., Silverman, M., "A Practical Guide to Biometric Security Technology", IT Professional, Volume 3, pp27-32, 2000
- [3] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Digital Image Processing, Prentice Hall, 2001
- [4] Anil K. Jain, et al., BIOMETRICS: Personal Identification in Networked Society", Kluwer Academic Publishers
- [5] Daugman J., "Biometric Personal Identification System Based on Iris Analysis," U. S. Patent 5,291,560. 1993

### 저자소개



김 자 환(Ja-hwan Kim)

2000년 목원대학교 공학사  
2002년 목원대학교 공학석사  
현재: 목원대학교 IT공학과  
박사과정  
※관심분야::영상 및 비디오통신



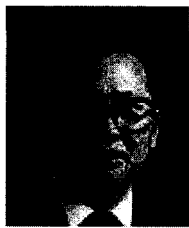
정 은 숙(Eun-suk Jung)

2002년 목원대학교 이/공학사  
2004년 목원대학교 공학석사  
현재: 목원대학교 IT공학과  
박사과정  
※관심분야:: 영화영상신호처리



성 경(Kyeong Sung)

1988년 목원대학교 공학사  
1993년 경희대학교 공학석사  
2003년 한남대학교 공학박사  
현재 : 목원대학교 컴퓨터교육  
과 전임강사  
※관심분야:: 컴퓨터보안



류광렬(Kwang-ryol Ryu)

1975년 광운대학교 공학사  
1980년 경희대학교 공학석사  
1988년 경희대학교 공학박사  
1996-1997년 University of Pittsburgh 객원교수  
현재 목원대학교 IT공학부 정교수  
※관심분야: 디지털신호처리(음성, 영상 및 비디오, 생체)