

임베디드 시스템 기반 실시간 얼굴 검출 및 인식

論 文

11-1-4

Real Time Face Detection and Recognition based on Embedded System

이 아 름, 서 용 호*, 양 태 규

A-Reum Lee, Yong-Ho Seo, and Tae-Kyu Yang

Abstract

In this paper, we proposed and developed a fast and efficient real time face detection and recognition which can be run on embedded system instead of high performance desktop. In the face detection process, we detect a face by finding eye part which is one of the most salient facial features after applying various image processing methods, then in the face recognition, we finally recognize the face by comparing the current face with the prepared face database using a template matching algorithm. Also we optimized the algorithm in our system to be successfully used in the embedded system, and performed the face detection and recognition experiments on the embedded board to verify the performance. The developed method can be applied to automatic door, mobile computing environment and various robot.

Keywords : embedded system, face detection, face recognition, real time image processing

I. 서 론

생체 인식 기술은 사용자가 알고 있는 것이나 가지고 있는 물건이 아닌, 홍채, 지문, 얼굴 및 목소리와 같이 사용자 그 자신이 가진 물리적 혹은 행동적 특징 인식에 사용한다. 이러한 특징들은 비밀번호처럼 잊어버리거나 스마트카드처럼 잃어버리지도 않고, 다른 사용자가 도용하기 어려움으로 기존방법들보다 더욱 안전하고 확실한 인식 방법이라고 할 수 있다.

생체 인식의 여러 특징들 가운데에서도 얼굴 인식은 특정한 장치를 이용하여 직접 입력을 받아야 하는 다른 특징들에 비해서, 사용자의 직접 입력 없이 카메라의 입력 영상만을 이용하여 좀더 친숙하고 편안한 방법을 제공하므로 여러 분야에 적용하고 있다 [1].

휴대폰 단말기가 스마트 폰으로 발전하면서 내부에는 개인 정보 관리, 신용카드 등 다양한 기능이 들어가게 되었고, 이에 따라 단말기의 보안 기능에 대한 소비자들의 요구가 늘고 있다. 최근 스마트 기기들에는 기본적으로 카메라가 탑재되어 있어 추가적인 장비가 없이 이러한 보안관련 요구를 충족하기 위한 기술로 얼굴 인식이 대두되고 있다 [2]. 하지만 이러한 얼굴 인식은 실시간 처리를 위해서 고사양의 컴퓨터 시스템이 필요하기 때문에 가정용 출입 통제 시스템이나, 모바일 환경, 또는 로봇과 같은 고사양이 아니며 처리속도가 느리고 크기가 작은 임베디드 시스템에 적용되는 경우가 매우 제한적이다 [3-4].

따라서 본 논문에서는 고사양의 PC기반 시스템에서 동작하던 기존의 얼굴 검출 및 인식 기술을 임베디드 시스템에 적용하기 위해 빠르고 효율적인 실시간 얼굴 검출 및 인식기술을 제안한다 [5-7]. 개발된 시스템은 임베디드 시스템이 탑재된 자동문이나, 모바일 환경, 또는 다양한 로봇에 응용될 수 있다.

접수일자 : 2012년 02월 15일

심사일자 : 2012년 02월 20일

최종완료 : 2012년 03월 24일

*교신저자, E-mail : yhseo@mokwon.ac.kr

II. 영상 인식과 임베디드 시스템

영상 인식 시스템은 영상을 구분해서 알아보는 시스템을 말한다. 영상 인식과정에서는 주어진 환경에서 인식하고자하는 영상을 카메라로 받아 그것을 적절히 처리하여 영상속의 여러 가지 물체에서 원하는 범위를 검출한다. 이와 같이 검출된 영상에서 기하학적 특징들을 찾아내고 그것들의 관계를 파악하고 얻어진 특징 및 관계 자료와 시스템이 가지고 있는 자료들을 비교하여 그 물체가 무엇인지를 판단해 낸다.

본 논문에서는 영상인식에서 활용도가 매우 높은 얼굴 검출 및 인식 시스템을 임베디드 시스템에서 구현하고자 한다.

임베디드 시스템은 마이크로프로세서 혹은 마이크로컨트롤러를 내장하여 일정한 기능만을 수행하도록 제작된 장치이며, 단일 보드 마이크로 컴퓨터이다. 임베디드 시스템은 전원이 켜져 있는 동안 연속해서 특수한 목적의 응용 프로그램이 멈추지 않고 동작하기 위한 임베디드 운영체제를 포함하고 있다. 이때 구동되는 영상 인식 어플리케이션은 실시간에 동작이 가능해야 하므로 단순하고 최적화된 알고리즘을 통해 구현되어야 하는 제약조건이 존재한다.

III. 실시간 얼굴 검출 및 인식 알고리즘

1. 실시간 얼굴 검출

사람의 얼굴을 카메라로 입력받아 영상을 캡처를 한다. 캡처한 영상의 각 픽셀을 0~255의 Gray 값으로 변환 시킨 후, 각 픽셀의 밝기를 일정한 기준치에 의해, 흑색과 백색의 2개의 값으로 출력하는 처리를 한다. (1)식을 이용하여 픽셀 (x,y)의 밝기 f(x,y)에 대해 기준이 되는 T값을 구할 수 있다.

$$(x,y) = \begin{cases} Black & (f(x,y) > T) \\ White & (f(x,y) \leq T) \end{cases} \quad (1)$$

픽셀의 밝기를 산출한 후, 픽셀의 밝기가 지정된 T값 이하라면 하얀색 픽셀을 찍는다. 그리고 그 이외의 경우에는 픽셀에 검은색을 찍는다.

이진화 과정을 거친 후, 노이즈 처리 알고리즘을 적용시켜 영상을 깨끗하게 만들어준다. 본 논

문에서는 노이즈 처리 알고리즘 중, 영상의 잡음만을 뽑아서 윤곽선이 부드럽게 표현할 수 있는 방법인 미디언 필터 알고리즘을 사용하였다. 이미지 처리 순서는 어느 픽셀의 주변 값을 소트해 그 중앙치를 값으로 설정한다. 아래 그림 1은 미디언 필터에 의한 노이즈 처리 과정을 나타낸다.

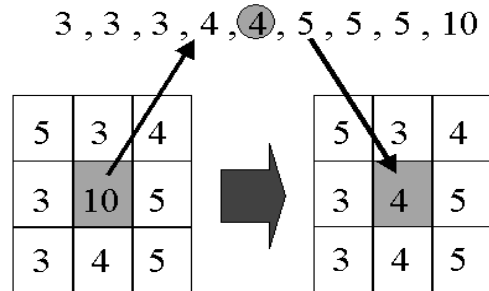


그림 1. 미디언 필터에 의한 노이즈 제거 과정
Fig. 1. Noise Deleting Process by Median Filter

그림 2는 개발 환경에서의 미디언 필터에 의한 노이즈 처리 과정을 보여준다.



그림 2. 노이즈 처리 과정 (a) 처리 전 (b) 처리 후
Fig. 2. Noise Deleting Process (a) Before (b) After

이진화 과정과 노이즈 처리 과정을 수행한 후 이진화된 이미지에서 얼굴형상의 오브젝트를 구분하고 최종 얼굴 후보군을 선정하기 위해, 그림 3과 같이 라벨링(Labeling) 과정을 수행한다. 라벨링 과정을 적용한 후 얼굴 후보군 영역내에 얼굴의 특징 점(눈 영역)이 있는지 유무를 판단하여 최종적으로 얼굴 검출로 판정한다.

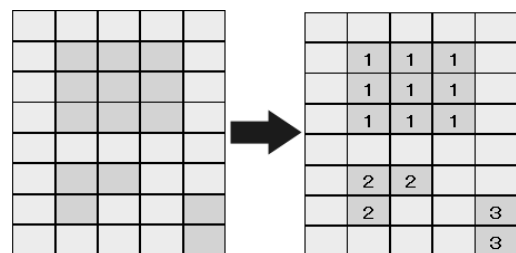


그림 3. 라벨링 과정
Fig. 3. Labeling Process

2. 얼굴 인식 시스템

본 논문에서는 템플릿 매칭(Template Matching)을 이용한 방법을 사용한다. 템플릿 매칭에서는 얼굴 검출된 이미지를, 미리 축소되어 데이터베이스에 저장된 이미지와 비교하여 유사한 이미지를 찾아낸다.

검사할 영상이 주어 졌을 때 미리 주어진 템플릿 영상을 이용하여 검사할 영상 내부에 있는 유사한 영상 패턴을 찾아낸다. (2)식은 유사한 영상 패턴을 찾아내는 수식을 나타내며, 여기서 T는 영상에서 입력받은 후 얼굴 검출하여 축소한 이미지를 나타내고, I는 미리 저장해둔 이미지를 나타낸다.

$$\frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N |T(x_i, y_j) - I(x_i, y_j)| \quad (2)$$

(2)식을 이용하여 데이터베이스에 저장된 이미지들과 새로 들어온 얼굴 축소 이미지의 픽셀마다의 오차를 구하고, 그 오차들의 합을 구한다. 구한 오차의 합이 제일 작은 이미지를 최종 인식된 얼굴로 판정하게 된다. 그림 4는 얼굴 인식 시스템의 구조를 보여준다.

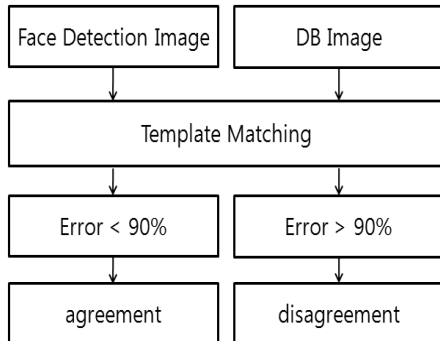


그림 4. 얼굴 인식 시스템 구조
Fig. 4. Structure of Face Recognition System

그림 5는 임베디드 시스템 환경에서 구동되는 전체 얼굴 검출 및 인식 알고리즘의 흐름을 보여준다.

IV. 구현 및 실험

1. 임베디드 시스템 개발환경

본 논문에서는 마이크로소프트사의 Window CE 6.0을 탑재한 임베디드 시스템 환경에서 얼굴 검출 및 인식 시스템을 통합하여 구현하였다. 또

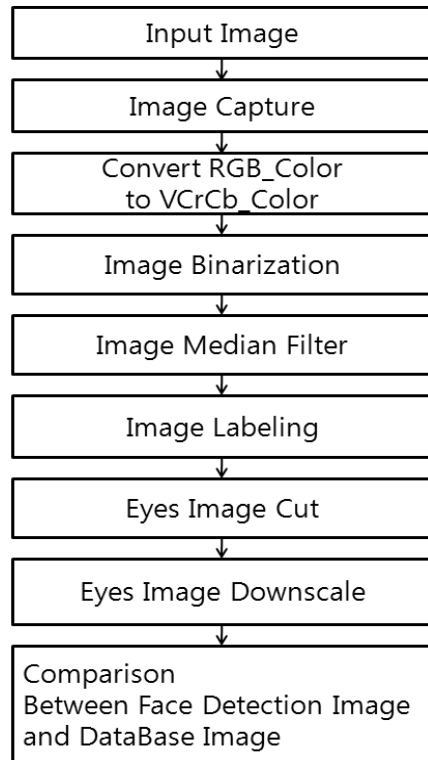


그림 5. 얼굴 검출 및 얼굴 인식 알고리즘
Fig. 5. Face Detection and Recognition Algorithm

한 제안하는 얼굴 검출 및 인식 기술이 PC와 임베디드 시스템 모두에서 동작할 수 있도록 구현하기 위해 닷넷프레임워크 기반의 기술을 이용하였다. 본 논문에서 사용된 Cortex-A8 Arm 프로세서 기반 임베디드 시스템을 사용하였다. 사용된 임베디드 시스템은 그림 6과 같으며, 표 1은 하드웨어 사양을 보여준다.

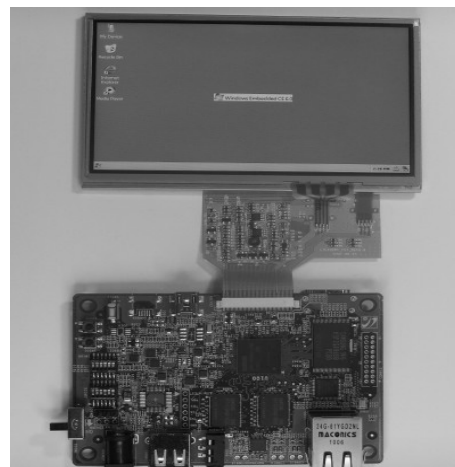


그림 6. 임베디드 시스템
Fig. 6. Embedded System

표 1. 임베디드 시스템 사양
Table 1. Specifications of Embedded System

CPU	Samsung S5PC100(Cortex-A8) CPU 667/833Mhz AP
Memory	256Mbytes Mobile DDR2 , 256Mbytes SLC NAND Flash
Ethernet	SMSC LAN9220 10/100Mbps
USB	USB 1.1 Host, USB 2.0 OTG
Power	5V/2A DC-JACK
Indicators	2 Indicator LED controllable from GPIO ports
LCD	4.8" LCD(800*480)
Camera	JPEG Serial Camera (VGA)

2. 임베디드 시스템 카메라 영상획득 실험

임베디드 시스템에서 얼굴영상을 획득하기 위하여 본 연구에서는 JPEG Serial 카메라를 이용하였다. 이 카메라는 임베디드 시스템의 UART를 통해 Serial 통신으로 연결하여 80*64, 160*128, 320*240, 640*480 총 4가지 중 원하는 해상도의 JPEG영상을 받아들 수 있다. 그림 7은 원하는 영상의 크기를 선택한 후 카메라를 이용해 획득한 영상을 임베디드 시스템 화면에 출력한 그림이다.



그림 7. 영상의 크기 선택 화면
Fig. 7. Screen of Image Size Selection

3. 얼굴 검출 및 저장 실험

출력된 영상에서 특정부분에 얼굴이 들어오면 정지영상으로 바꾸기 위하여 영상을 캡처한다. 캡처한 영상에서 눈 영역을 검출을 위하여 검은색과 비슷한 부분만 이진화 알고리즘을 적용시킨다. 그림 8은 이진화 알고리즘이 적용된 화면을 나타낸다.

이진화 과정을 거친 후, 미디언 필터에 의해 노이즈 처리과정과 라벨링 과정을 거쳐 눈 영역만 남기고 다른 부분은 흰색으로 출력한다. 이들 과정이 처리된 후 눈 영역부터 위, 아래, 왼쪽, 오른쪽으로 일정한 이미지를 자른다. 자른 이미지를

일정한 크기로 축소한 후 이를 템플릿으로 저장한다. 그림 9는 얼굴 검출 후 템플릿으로 저장하는 화면을 나타낸다.

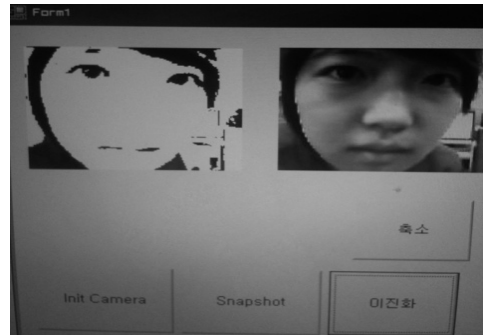


그림 8. 이진화 과정
Fig. 8. Binarization Process

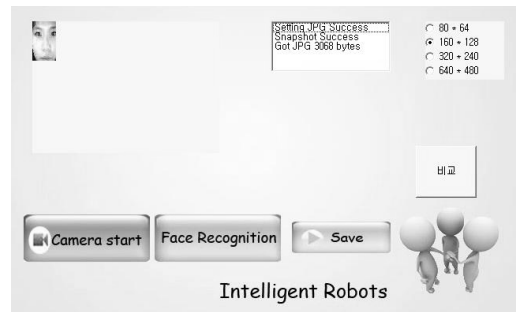


그림 9. 얼굴 검출 실행 화면
Fig. 9 Screen of Face Detection Execution

4. 얼굴 인식 실험

임베디드 시스템에서 검출된 얼굴영상은 미리 축소되어 데이터베이스에 저장된 템플릿 이미지와 비교하여 유사한 얼굴을 찾게 된다. 이때 미리 지정된 얼굴 템플릿과 유사도가 일정 수준 이상이 되면 최종 얼굴로 판단하게 된다. 그림 10은 템플릿에 존재하는 사용자 중 한 명이 카메라에 나타났을 때 인식된 결과를 화면에 보여준다. 그림 11은 실제 개발된 임베디드 시스템 기반 얼굴

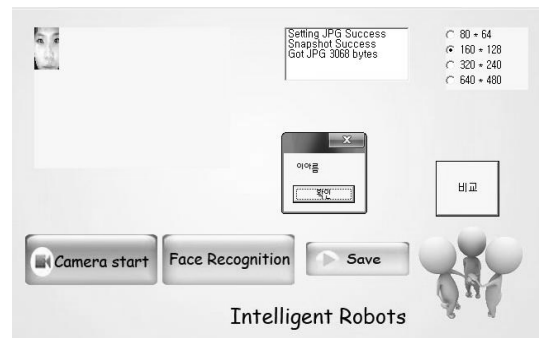


그림 10. 얼굴 인식 실행 화면
Fig. 10. Screen of Face Recognition Execution

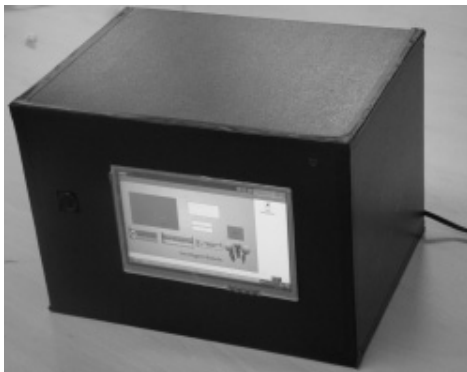


그림 11. 얼굴 검출 및 인식 시스템
Fig. 11. Face Detection and Recognition System

검출 및 인식 시스템의 외형을 보여준다.

표 2는 6명의 실험대상 얼굴에 대해 각각 30회씩 얼굴 검출 및 인식 실험을 하였다. 전체 180회 실험에서 검출 횟수는 154회, 인식 횟수는 147회를 나타내었으며, 인식률은 전체적으로 81.7%를 보였다. 여기서 얼굴 인식 실험은 얼굴 검출 실험이 완료된 영상을 가지고 실험하였다.

얼굴 검출 부분은 빛의 영향을 많이 받아 각각 실험 대상에 따라 얼굴 검출 횟수의 차이가 많았다. 하지만 얼굴 인식 부분은 얼굴 검출 실험이 완료된 영상 내에서 실험하였기에 횟수의 차이가 적었다. 검출 실험이 완료된 영상에서의 얼굴 인식 실험은 높은 인식률을 보여주고 있지만, 전체적인 실험 횟수에 따른 인식률은 검출 부분의 영향을 받아 81.7%의 인식률을 보여주고 있다.

표 2. 얼굴 검출 및 인식률
Table 2. Face Detection and Recognition Rate

실험 대상	실험 횟수	검출 횟수	인식 횟수	인식률(%)
Lee1	30	26	24	80.0
Lee2	30	24	24	80.0
Yoon	30	26	25	83.3
Sin	30	27	25	83.3
Oh	30	24	23	76.7
Kim	30	27	26	86.7
계	180	154	147	81.7

제안하는 얼굴 검출 및 인식 기술이 PC와 임베디드 시스템 모두에서 동작할 수 있도록 Visual Studio 2008 개발환경에서 C# 언어와 닷넷프레임워크 2.0을 개발해 어플리케이션을 개발하였다.

하지만 임베디드 시스템에서는 실험한 결과 PC와 달리 전체 얼굴 인식까지 전체 영상처리 수행

시간이 예상보다 많이 지연된 4초로 나타났다. 임베디드 시스템의 연산 처리 속도 문제는 불필요한 연산을 최소화 하고 동일한 작업을 묶어서 할 수 있도록 구현된 프로그램을 최적화 하여 해결이 가능할 것으로 기대된다.

V. 결 론

본 논문에서는 비교적 사양이 낮은 임베디드 시스템에 적용이 가능한 빠르고 효율적인 실시간 얼굴 검출 및 인식 시스템을 개발하였다.

빠른 인식을 위해 얼굴 부위 중 눈을 기점으로 얼굴을 검출하고, 템플릿 매칭 알고리즘을 통하여 미리 저장해 놓은 데이터베이스 이미지와 비교하여 얼굴 인식 알고리즘을 개발하였다.

6명의 실험대상 얼굴에 대해 실시간으로 검출 및 인식 실험을 통해 81.7%의 인식률을 보였다. 이와 같이 본 논문에서 제안한 얼굴 검출 및 인식 시스템은 임베디드 시스템에 적용 가능성을 보였으며, 자동문이나, 모바일 환경, 또는 다양한 로봇에 응용할 수 있다.

감사의 글

본 논문은 2012년도 목원대학교 교내학술연구비 지원에 의하여 수행된 것임.

[참고 문헌]

- [1] H. J. Lin, S. H. Yen, J. P. Yeh, and M. J. Lin, "Face detection based on skin color segmentation and SVM classification," in *Proceedings of SSIRI '08. Second International Conference*, pp. 230-231, Jul. 2008.
- [2] S. Z. Li and A.K. Jain, *Handbook of Face Recognition*, Springer-Verlag, 2005.
- [3] P. Viola, M. Jones, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features," in *Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 12-14, 2001.
- [4] Z. GuangWei and L. Xiang, "An efficient approach to custom instruction set generation," In *IEEE International Conference on Embedded and*

Real-Time Computing Systems and Applications, pp. 547-550, 2005.

[5] 채영남, 정지년, 양현승, “얼굴 색상과 에이디 부스트를 이용한 효율적인 얼굴 검출,” 정보과학회논문지, 소프트웨어 및 응용, 제36권, 제7호, pp.

548-559. 2009.

[6] 강동중, 하종은, Visual C++을 이용한 디지털 영상 처리, 사이텍미디어, 2000.

[7] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Prentice Hall, 2002.

Biography



이 아 름

2012년 목원대학교 지능로봇공학과(공학사)
2012년~현재 고려대학교 일반대학원 뇌공학과 석사과정
<관심분야> 로봇비전, 인공지능, 기계학습
<e-mail> lareum613@naver.com



양 태 규

1982년 광운대학교 전자공학과(공학사)
1984년 광운대학교 전자공학과(공학석사)
1989년 광운대학교 전자공학과(공학박사)
1991년~2007년 목원대학교 전지공학과 교수
2007년~현재 목원대학교 지능로봇공학과 교수
<관심분야> 지능제어, 로봇비전, 지능로봇, 센서네트워크
<e-mail> tkyang@mokwon.ac.kr



서 용 호

1999년 KAIST 전산학과(공학사)
2001년 KAIST 전자전산학과(공학석사)
2007년 KAIST 전자전산학과(공학박사)
2007년 미국 MS 로보틱스그룹 인턴연구원
2008년 미국 쉐콤 과장

2009년~2010년 남서울대학교 컴퓨터학과 전임강사

2010년~현재 목원대학교 지능로봇공학과 전임강사

<관심분야> 지능로봇, 휴머노이드, 임베디드시스템

<e-mail> yhseo@mokwon.ac.kr