

# 실시간 얼굴인식 시스템 구현을 위한 비올라존스 알고리즘 개선

논 문
61-1-24

## Improvement in Viola-Jones method for Real-Time Face Recognition System

홍영민\* · 이인성\*\* · 박종순\*\* · 조용성\*\*\* · 김창범\*\*\*  
(Young-Min Hong · In-Sung Lee · Jong-Sun Park · Yong-Sung Jo · Chang-Beom Kim)

**Abstract** - The rapid growth of camera technology can provide various types of information which was not previously provided. Furthermore, IP camera which has rapid data transfer rate and high resolution particularly provide a lot of useful functions beyond the existing simple surveillance capabilities. We are developing Real-Time Face Recognition Access Control System based on the camera technology, and improvement of face detection and recognition algorithms are vitally needed to realize that system. In this paper, we propose a method to improve the computing speed and detection rate by adding new features to the existing Viola-Jones detection algorithm.

**Key Words** : Viola-Jones, Haar-like feature, Face recognition system, Rectangular, Dispersion feature

### 1. 서 론

보행자 출입속도에 맞는 실시간 출입통제 시스템을 구현하기 위하여 출입영상에서의 일반적 물체검출 방법인 비올라 존스 알고리즘을 적용한다. 비올라 존스 알고리즘은 물체 검출의 성능이 높은 장점을 가지며, 얼굴 검출 실행속도가 매우 빨라 실시간 얼굴검출에 적합하고 검출 배경의 픽셀이 거의 동일한 값일 때에는 매우 높은 검출률을 보이는 장점이 있다. 그러나 다양한 배경과 물체가 복합적으로 이루어져 있는 이미지에서는 물체 검출 시 오인식 할 가능성이 매우 높은 단점이 있어 실시간 얼굴인식 출입통제 시스템을 개발함에 있어서는 매우 큰 어려움으로 작용한다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 보완하기 위해 기존 비올라 존스 알고리즘에서 사용하고 있는 하-모양 특징(Harr-like feature)에 '사각특징' 및 '분산특징'과 같은 새로운 형태의 특징들을 추가함으로써 얼굴 영역에 대한 검출 성능을 향상시킬 수 있는 방안을 제안하였다.

### 2. 본 론

#### 2.1 실시간 얼굴인식 시스템 개요

실시간 얼굴인식 출입통제시스템은 건물 출입구의 IP카메라로부터 얼굴영상을 입력받아 기존 출입자에 대한 얼굴을 등록하고, 등록된 DB의 인물 정보와 일치하는 보행자만 출

입 가능토록 하는 시스템으로, 기존 시스템과 비교하여 별도의 얼굴정보를 입력하는 시간 지연 없이 자연스러운 보행 중 실시간으로 출입이 가능한 진보된 성능을 가진다.

실시간 얼굴인식 출입통제시스템을 도식화하여 나타내면 그림 1과 같다.



그림 1 실시간 얼굴인식 출입통제시스템

Fig. 1 Security Control System using Real-Time Face Recognition

본 얼굴인식 출입통제시스템 개발에 사용된 비올라 존스 알고리즘은 얼굴 검출 실행속도가 빠르고, 물체의 검출률도 다른 방법에 비해 성능이 우수하기 때문에 실시간으로 물체를 검출하는데 있어서 가장 선호되는 방법 중 하나이다.

#### 2.1.1 비올라 존스 알고리즘의 검출 수행 과정

본 연구에서 사용한 비올라 존스 물체 검출 방법은 얼굴 이미지와 얼굴이 아닌 이미지를 학습하는 '학습 단계'와 실제 이미지에서 얼굴 이미지만을 추출해 내는 '테스트 단계'로 나뉘어진다.

학습 단계에서는 다수의 하-모양 특징을 이용하여 각각의 특징 중 얼굴 이미지를 검출함에 있어 중요하게 적용될 수 있는 정도를 측정하고 아다부스트(AdaBoost) 방법을 이

\* 정 회 원 : K-water 대리  
\*\* 정 회 원 : K-water 차장  
\*\*\* 비 회 원 : K-water 팀장  
접수일자 : 2011년 9월 23일  
최종완료 : 2011년 12월 23일

용하여 이 중 최상위 특징들만을 골라내는 작업을 수행한다. 즉, 비올라 존스 알고리즘에서는 계산량이 적은 수많은 하-모양 특징을 약분류기로 사용하고 이를 아다부스트 방법으로 조합하여 하나의 강분류기를 만들어서 사용하게 된다.

하-모양 특징을 이용하여 물체를 검출하기 위해서는 일반적으로 다음과 같은 작업들이 필요하며 도식화 하면 그림 2와 같이 나타낼 수 있다.

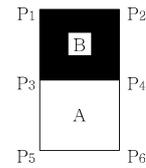


그림 3 하-모양 특징의 영역 예  
Fig. 3 An example of Harr-like features

- (1) 학습 데이터 수집 및 가공
  - 물체의 영상과 그 외의 부분을 일정한 비율로 하여 수집하고 각각의 영상을 일정한 크기(예를 들면, 24x24)로 정규화.
- (2) 하-모양 특징의 특징값 계산
  - (1)에서 생성된 학습 데이터에 대해서 특정한 하-모양 특징들의 특징값들 계산
- (3) 물체 검출에 유용한 하-모양 특징 선택
  - 아다부스트를 이용하여 수많은 약분류기 중 물체 검출에 강력하게 작용할 수 있는 강분류기를 만들
  - 다수개의 강분류기를 캐스케이드 구조로 구성
- (4) 물체 검출
  - 양(Positive) 영상과 음(Negative) 영상을 분류하는 캐스케이드 구조에 새로운 영상을 입력하여 음 영상은 버리고 양 영상을 최종적으로 선택함으로써 원하는 물체 검출

$$\sum(B) = ii(p_1) + ii(p_4) - ii(p_2) - ii(p_3) \quad (1)$$

이렇게 구해진 인접한 영역 각각의 픽셀값의 합을 차를 이용하여 특징값을 나타내며 <식 2>와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} Haar\ Feat\ Value &= \sum_{(x,y) \in A} i(x,y) - \sum_{(x,y) \in B} i(x,y) \\ &= (ii(p_6) + ii(p_3) - ii(p_4) - ii(p_5)) - (ii(p_4) + i(p_1) - ii(p_2) - ii(p_3)) \\ &= ii(p_6) + 2ii(p_3) - ii(p_5) - 2ii(p_4) - ii(p_1) + ii(p_2) \end{aligned} \quad (2)$$

### 2.1.3 기존 알고리즘의 문제점

실생활에서 주로 사용되는 이미지는 다양한 배경과 물체가 복합적으로 이루어져 있는데, 종래의 비올라 존스 방법은 이러한 이미지에서의 오인식 가능성이 높다. 그림 4는 이와 같은 문제점을 잘 보여주는 예로, 다수의 박스는 시스템이 사람의 얼굴로 오인식한 부분으로서 그림과 같은 복잡한 이미지에서의 오인식 비율이 매우 높게 나타남을 알 수 있다.

즉, 기존 하-모양 특징을 이용할 경우 검출하고자 하는 물체의 영상에서 양의 영역과 음의 영역의 차이가 큰 부분에 놓여 있는 하-모양 특징이 물체 검출에 좋은 특징으로 선택되지만 복잡한 이미지에서는 이러한 영상의 변이가 큰 경계선 영역이 많아지므로 물체 검출에 혼란을 줄 수 있다.

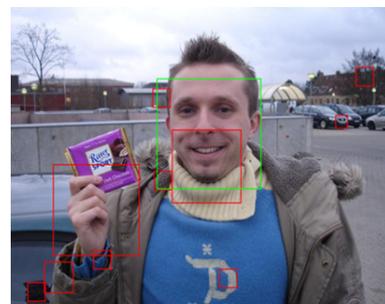


그림 4 비올라 존스 방법의 오류 검출 사례  
Fig. 4 An Error of Viola-Jones Method

### 2.2 기존 알고리즘의 문제점 개선 방안

우리는 일반적인 물체 검출에서 영상의 변이가 큰 경계선 영역뿐만 아니라 영상의 변이가 크지 않은 평평한 부분도

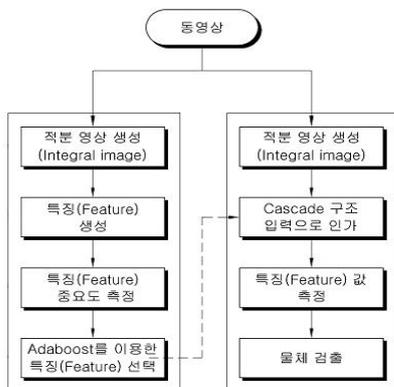


그림 2 물체 검출 과정의 흐름도  
Fig. 2 Face Detection Procedure

### 2.1.3 기존 알고리즘의 특징값 추출 방법

이러한 비올라 존스 방법의 학습 단계에서 사용되는 하-모양 특징은 동일한 크기와 모양을 가진 두개 또는 그 이상의 사각형의 조합으로 구성되는데, 그림 5에서 종래의 하-모양 특징 형태를 확인할 수 있다.

비올라 존스 방법에서는 입력 영상을 적분 영상으로 변환하여 계산량을 줄임으로써 검출 속도를 빠르게 하는 방법을 사용하는데 그림 3의 B 영역 내의 픽셀 값들의 합도 적분 영상의 6개의 점을 참조함으로써 <식 1>과 같이 나타낼 수 있다.

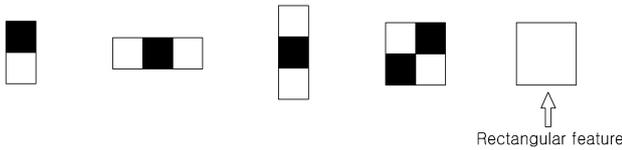
물체를 인식하는 데 중요하게 작용할 수 있다는 사실을 시스템에 적용하였다. 본 연구의 목적이 되는 얼굴 영역 검출에 있어서도 불, 이마와 같은 균등한 픽셀값을 가지는 부분은 사람의 얼굴을 검출하는데 있어 중요한 특징으로 구분되며 이러한 특징을 이용할 경우 얼굴 검출이 좀 더 용이해질 수 있다.

**2.2.1 사각특징 및 분산특징 알고리즘 추가**

기존 알고리즘의 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 다음과 같은 두 가지 특징을 추가하는 방법을 제안하였다.

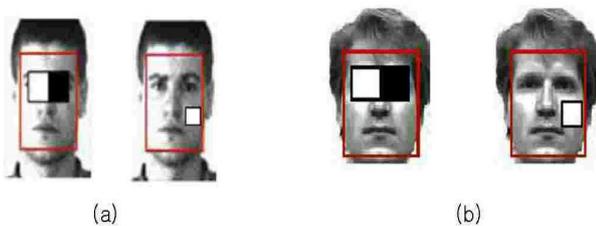
(1) 사각특징

본 발명에서 새롭게 추가된 형태인 사각 특징은 종래의 하-모양 특징과는 달리 하나의 사각 영역으로 구성되어 이 영역 내의 픽셀 값들의 합을 특징값으로 이용한다. 그림 5는 기존의 하-모양 특징과 사각 특징의 형태를 비교하여 나타낸 것이다.



**그림 5** 기존 하-모양 특징 및 사각특징 형태  
**Fig. 5** The Forms of Harr-like features and Rectangular feature

그림 6은 기존의 하-모양 특징과 본 연구에 따른 사각 특징이 적용된 얼굴 검출 예를 나타낸 것이다. 불 및 이마 등의 위치에서 사람의 얼굴이 가질 수 있는 색상 정보를 이용하면 Negative(배경)영역에 대한 캐스케이드 연산 속도를 월등히 향상시킬 수 있다.



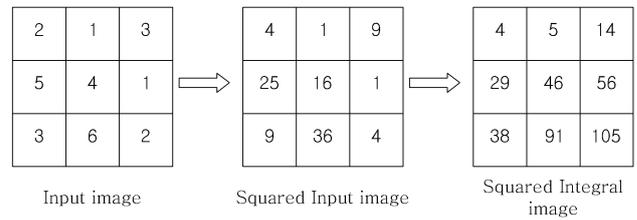
**그림 6** 사각 특징이 적용된 얼굴 검출의 예  
**Fig. 6** Application of The Rectangular feature

(2) 분산특징

추가된 또 다른 특징인 분산 특징은 입력 영상을 입력 영상의 제곱 영상에 대한 적분 영상으로 변환한 뒤 그 영역 내의 분산을 계산함으로써 구해진다.

‘분산특징’은 단일 색상 영역의 표준편차가 ‘0’에 가깝다는 사실을 이용한 특징으로 단일 영역에 대한 Negative 혹은 Positive 영상을 적은 연산 과정으로 한꺼번에 구분할 수 있다.

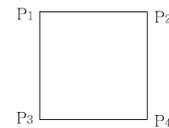
그림 7은 입력 영상을 제곱 적분 영상으로 변환하는 과정을 나타낸 것이다.



**그림 7** 입력 영상을 제곱 적분 영상으로 변환하는 과정  
**Fig. 7** Procedure to transform into Squared Integral image

본 연구에서 명칭되는 분산 특징은 하-모양 특징이나 사각 특징과 같이 특정한 형태를 의미하는 것이 아니라, 다양한 하-모양 특징 및 사각 특징의 분산 특징을 이용하는 것을 의미한다.

그 중 사각특징에 적용된 분산특징은 가장 효과적인 검출 성능을 보이며 사각 특징의 네 점이 그림 8과 같을 때, 이 사각 영역 내의 분산 특징값은 다음의 <식 3>을 통하여 계산된다.



**그림 8** 사각 특징  
**Fig. 8** Rectangular feature

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{n} \sum si(x,y) - \frac{1}{n} \sum i^2(x,y) \\
 &= \frac{1}{n} (sii(p_4) + sii(p_1) - sii(p_2) - sii(p_3)) \\
 &\quad - \left( \frac{1}{n} (ii(p_4) + i(P_1) - ii(p_2) - ii(p_3)) \right)^2
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

분산특징을 사각특징에 적용하면 영역 내 픽셀값의 표준편차 정보를 이용함으로써, 영상 내에서 고르게 분포하는 면적에 대한 정보를 획득할 수 있으며, 이 정보를 바탕으로 사람 얼굴에서의 단일 색상면에 대한 영상 정보를 더욱 빠르고 효과적으로 처리할 수 있게 된다.

**2.2.2 제안된 알고리즘의 장점**

(1) 사각특징이 가지는 장점

본 연구에서 새롭게 추가된 특징 형태인 사각 특징은 종래 하-모양 특징과는 달리 하나의 사각 영역으로 구성되어 이 영역 내의 픽셀 값들의 합을 특징값으로 이용한다. 이러한 사각특징을 이용할 경우 종래 하-모양 특징에서는 이용할 수 없었던 물체의 색조 정보를 물체 검출에 이용할 수 있다.

예를 들어, 사각 영역 내 픽셀값의 합에 대하여 레벨별 차등을 둔 값의 정보를 이용하면 영상 내에서 사람의 얼굴이 가질 수 있는 색 정보와 얼굴이 가질 수 없는 색 정보를 구분함으로써 캐스캐이드 적용 시 빠른 속도로 얼굴이 아닌 부분을 제거할 수 있다.

또한 이러한 색상정보의 이용이 가능해 짐에 따라, 향후 얼굴인식 시스템의 개발에 있어 다양한 얼굴정보의 활용이 가능해 질 것으로 기대된다.

(2) 분산특징이 가지는 장점

본 발명에서 새롭게 추가된 다른 하나의 특징 형태인 분산 특징은 종래 하-모양 특징이나 사각 특징과는 달리 일정 영역의 픽셀값에 대한 표준편차를 이용한다. 이러한 분산 특징은 다음과 같이 활용될 수 있다.

- 하-모양 특징과 같이 양(Positive)의 영역 및 음(negative)의 영역을 정해 놓고 두 영역의 픽셀 값들의 분산의 차를 특징값으로 이용
- 사각 특징처럼 하나의 영역만 정해 놓고 이 영역의 분산 값을 그대로 특징값으로 이용

이러한 분산 특징을 이용할 경우 일정 영역의 합만을 이용할 때보다 좀 더 다양한 표현이 가능하므로 종래의 방법들보다 오인식에 강인한 뛰어난 성능으로 이미지를 검출할 수 있게 된다.

(3) 추가된 특징의 강분류기 선택률

위와 같이 종래의 하-모양 특징과 본 연구에서 새롭게 추가된 사각 특징 및 분산 특징을 사용하면 종래 하-모양 특징만을 사용하였을 때보다 약분류기의 숫자가 늘어나며, 이 결과 물체 검출에 유용하게 적용될 수 있는 좋은 특징의 개수를 늘릴 수 있게 된다.

8	1 8 6 1 3 0 8 6 0 0 1 10868 1529
5	3 12 5 2 5 1 10 5 6 5 -1 3232 1368
3	3 9 20 9 2 1 9 18 9 6 -1 2817 1118
9	1 16 5 9 5 0 16 5 0 0 -1 20257 1091
8	1 18 10 7 15 0 18 10 0 0 1 366208 1127
7	9 6 11 3 4 1 3 7 9 12 -1 19010 1112
9	1 1 6 7 2 0 1 6 0 0 -1 9441 948
3	3 11 16 1 1 1 11 15 1 3 -1 168 1050
3	3 17 10 5 4 1 17 6 5 12 -1 4172 1007
9	1 3 22 22 3 0 3 22 0 0 -1 31661 1019
6	2 16 7 2 3 1 15 7 4 3 1 -543 880
9	1 14 1 5 23 0 14 1 0 0 1 40226 911
...	...

그림 9 강분류기로 선택된 하-모양 특징 리스트  
Fig. 9 Stron Harr-like features list

그림 9는 기존 7가지 하-모양 특징 외에 '사각특징'을 8번, '분산특징'을 9번으로 명명하고 아다부스트 알고리즘 과정을 거치면서 강분류기로 선택되는 비율에 대하여 테스트한 결과이다.

총 스무번의 아다부스트 과정을 거쳐 최종 200가지의 강분류기를 추출하였으며, 그림 9는 테스트 결과의 일부로서 왼쪽 적색박스의 숫자는 최종적으로 선택된 200가지의 강분

류기 중 각 하-모양 특징의 넘버를 기록한 것이며, 오른쪽 녹색 박스는 선택된 각 특징의 위치 및 크기 정보를 나타낸 것이다. 이 연구 결과 8번 '사각특징'과 9번 '분산특징'의 강분류기 선택률은 24.5%로 새로 추가된 이 두 가지 특징이 비올라존스 알고리즘으로 얼굴 검출을 함에 있어 뛰어난 성능의 특징으로 적용되었음을 알 수 있다.

3. 결 론

본 연구에 따른 비올라 존스 물체 검출 방법은 비올라 존스 알고리즘에 사용되는 기존 하-모양 특징과 더불어 새로운 형태의 사각 특징과 분산 특징을 추가하여 물체 검출에 이용되도록 함으로써, 물체 검출 성능을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

특히, 물체를 검출함에 있어 얼굴 영역에 대한 검출 속도 및 인식률이 중요시 되는 실시간 출입통제시스템의 경우, 본 연구에서 제시한 특징들을 통해 보다 빠른 연산 속도로 얼굴 영역을 검출할 수 있다.

향후 얼굴 인식 알고리즘 및 기타 얼굴인식 시스템에 적용되는 여러 기술들을 개선하고, 주위 환경 변화에 대해 둔감한 성능의 시스템으로 개선한다면 기존 출입통제시스템과 비교하여 월등한 성능을 가진 실시간 화상인식 출입통제시스템 구현이 가능할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 이근동 외, "A Fast and Accurate Detector Utilizing the Viola-Jones Rapid Object Detection Technique," 대한전자공학회 2010 하계종합학술대회 논문집, pp. 415-417, 2010.
- [2] 이인성 외, "Security control system using neural network and image recognition," 대한전기학회 2011하계학술대회 논문집, 제 41회, pp. 1864-1865, 2010.
- [3] 채영남 외, "Efficient Face Detection using Adaboost and Facial Color" 정보과학회논문지, 제 36권, 제 7호, pp. 548-559, 2009.
- [4] 이호근 외, "A Real-time Face Recognition System using Fast Face Detection", 정보과학회논문지, 제32권, 2005

저 자 소 개



홍 영 민 (洪 煥 珉)

1983년 09월생. 2007년. 강원대학교 전자통신공학과 학사과정 졸업. 2008년~현재 K-water 재직중.  
Tel : 042-629-3663  
E-mail : ssamtoc@kwater.or.kr



**이 인 성 (李仁成)**

1966년 09월생. 1991년 전남대학교 전기공학과 학사과정 졸업. 1994~현재 K-water 재직중.

Tel : 042-629-3667

E-mail : insungl@kwater.or.kr



**박 종 순 (朴琮淳)**

1966년 11월생. 1992년 충북대학교 전기공학과 학사과정 졸업. 1992~현재 K-water 재직중.

Tel : 042-629-3326

E-mail : pjs20@kwater.or.kr



**조 용 성 (趙鏞盛)**

1963년 11월생. 2010년 충북대학교 전기전자공학과 정보통신전공 석사과정 졸업. 1990년~현재 K-water 재직중.

Tel : 042-629-3325

E-mail : yesjo@kwater.or.kr



**김 창 범 (金昶範)**

1964년 09월생. 1988년 동아대학교 전기공학과 학사과정 졸업. 2011년~현재 KAIST EMBA과정 재학중. 1989년~현재 K-water 재직중.

Tel : 042-629-3621

E-mail : kcbalpha@kwater.or.kr