

얼굴 검증을 이용한 개선된 얼굴 검출

오정수*

Improved Face Detection Algorithm Using Face Verification

Jeong-su Oh*

Department of Display Engineering, Pukyong National University, Pusan, 48508, Korea

요 약

Viola & Jones의 얼굴 검출 알고리즘은 대표적인 얼굴 검출 알고리즘으로 매우 우수한 얼굴 검출 성능을 보인다. 그러나 많은 얼굴을 포함하는 영상들을 대상으로 한 Viola & Jones 알고리즘은 얼굴의 다양성으로 미검출 얼굴들, 가짜 얼굴들과 중복 검출된 얼굴들 같은 잘못 검출된 얼굴들을 발생시킨다. 본 논문은 Viola & Jones 알고리즘에서 생성된 잘못 검출된 얼굴들을 제거하는 얼굴 검증 알고리즘을 이용한 개선된 얼굴 검출 알고리즘을 제안한다. 제안된 얼굴 검증 알고리즘은 검출된 얼굴들에 대한 크기, 지정된 영역의 피부색, 눈과 입에서 발생한 에지, 중복 검출을 평가하여 얼굴이 유효한지를 확인한다. Viola & Jones 알고리즘에 의해 검출된 658개의 얼굴 영상들을 대상으로 한 얼굴 검증 실험에서 제안된 얼굴 검증 알고리즘은 실제 사람들에 의해 생성된 모든 얼굴 영상들을 검증하는 것을 보여준다.

ABSTRACT

Viola & Jones's face detection algorithm is a typical face detection algorithm and shows excellent face detection performance. However, the Viola & Jones's algorithm in images including many faces generates undetected faces and wrong detected faces, such as false faces and duplicate detected faces, due to face diversity. This paper proposes an improved face detection algorithm using a face verification algorithm that eliminates the false detected faces generated from the Viola & Jones's algorithm. The proposed face verification algorithm verifies whether the detected face is valid by evaluating its size, its skin color in the designated area, its edges generated from eyes and mouth, and its duplicate detection. In the face verification experiment of 658 face images detected by the Viola & Jones's algorithm, the proposed face verification algorithm shows that all the face images created in the real person are verified.

키워드 : Cascade-Adaboost 분류기, 얼굴 검출, 얼굴 특징, 얼굴 검증, 하르-유사 특징

Keywords : Cascade-Adaboost classifier, face detection, face feature, face verification, haar-like feature

Received 29 June 2018, Revised 9 July 2018, Accepted 13 August 2018

* Corresponding Author Jeong-su Oh(E-mail: ojs@pknu.ac.kr, Tel: +82-51-629-6414)

Department of Display Engineering, Pukyong National University, Pusan 48508, Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2018.22.10.1334>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

최근 IT 기술이 발전으로 얼굴 인식을 통한 검증/인증 시스템나 얼굴 표정 인식을 통한 IT 융합 시스템 등이 활용 빈도가 높아지면 영상에서 얼굴 영역을 검출하는 얼굴 검출의 중요성도 더 높아지고 있다. 얼굴 검출을 위해 색상에 기반한 알고리즘[1]이나 신경망에 기반한 알고리즘[2] 등이 있으나 현재 많이 사용되는 대표적인 알고리즘은 비올라와 존스(Viola & Jones, V&J)이 발표한 얼굴 검출 알고리즘[3]이다. V&J 얼굴 검출 알고리즘은 얼굴 검출을 위한 특징으로 하르-유사 특징들을 사용하고, 얼굴 영역 분류를 위해 하르-유사 특징을 이용한 약분류기들의 선형 조합인 강분류기를 계층적으로 구성한 Cascade-AdaBoost 분류기를 사용하고 있다. V&J 얼굴 검출 알고리즘은 매우 우수한 성능을 보이나 설정된 변수들의 영향[3,4]을 받는다. 그래서 많은 얼굴을 포함하는 영상에서 모든 얼굴을 만족하는 변수를 설정하는 것은 어렵고, 미검출 얼굴과 오검출 얼굴의 발생은 충분히 가능한 문제이다.

본 논문은 V&J 얼굴 검출 알고리즘의 오검출 얼굴들을 제거하는 얼굴 검출을 이용한 개선된 얼굴 검출 알고리즘을 제안한다. 제안된 얼굴 검출은 영상 내 평균 얼굴 크기를 근거로 유효한 얼굴 크기인가? 얼굴 영상의 중심부에 피부 화소가 유효하게 포함되어 있는가? 눈과 입의 위치에 유효한 에지가 발생되어 있는가? 중복 검출은 아닌가? 를 검출된 얼굴들을 대상으로 평가하여 유효 얼굴인지를 검증한다. 제안된 알고리즘의 성능 평가를 위해 4개의 단체 사진들에 4개의 배율로 크기 변환된 16개의 영상들을 대상으로 V&J 얼굴 검출 알고리즘을 수행하고 다시 검출된 영상을 대상으로 얼굴 검출을 수행한다.

II. V&J 얼굴 검출 알고리즘

V&J 얼굴 검출 알고리즘[3]은 Cascade-Adaboost 분류기로 얼굴을 검출하고 있다. 얼굴 검출을 위한 특징은 그림 1의 4개 하르-유사 특징 원형들을 기본으로 검색창(Sub-window)에 포함 가능한 모든 하르-유사 특징들로 구성되었고 이어 다양한 특징 원형들이 추가된 알고리즘들[5]도 발표되었다. 특징 값은 특징의 흰 영역과 검

은 영역에 대응되는 영상 영역 밝기 합이 차로 특징이 검색창 내에서 화소 단위로 이동하면서 생성된다. 특징들간과 특징 이동간에 영역 밝기 합 계산의 중복으로 방대한 계산량이 요구되어 적분 영상이 사용된다.

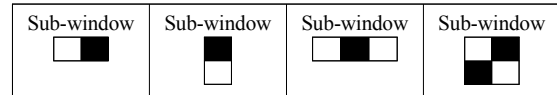


Fig. 1 Haar-like feature prototypes.

Cascade-Adaboost 분류기[3,6]는 하르-유사 특징을 이용한 유효 약분류기(h)들의 선형 조합으로 구성된 강분류기를 다단계로 구성하고 있다. 약분류기는 수식 (1)과 같이 구성된다.

$$h(x, f, p, \theta) = \begin{cases} 1, & \text{if } pf(x) < p\theta \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

여기서 x는 검색창의 영상, f는 하르-유사 특징 값, p는 부등식 방향을 위한 극성, θ 는 분류를 위한 임계값이다. 그리고 강분류기는 식 (2)와 같이 구성된다.

$$C(x) = \begin{cases} 1, & \sum_{t=1}^N \alpha_t h_t(x) \geq \frac{1}{2} \sum_{t=1}^N \alpha_t \\ 0, & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

여기서 N과 α 는 각각 약분류기의 수와 가중치이다. 분류 속도를 높이기 위해 강분류기는 그림 2처럼 다단계로 구성된다. 입력은 검색창 영역 영상(SWs)이고 각 단계 분류기는 소수의 약분류기(WC_x)로 구성된 작은 강분류기(SC_x)이다. 현 단계 분류기의 긍정적인 결과(T)에 대해서만 다음 단계 분류기를 동작시켜 검출 속도를 높이고 있고, 잘못된 긍정(false positive)은 이후 단계들에서 단계적으로 제거해 나가 최종 단계를 거치면 높

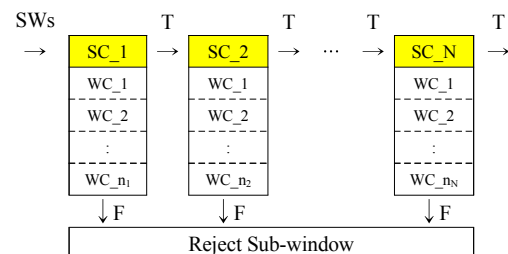


Fig. 2 Cascade-Adaboost classifier.

은 검출율의 고속 분류가 완성된다.

III. V&J 얼굴 검출 알고리즘의 변수

본 장에서는 V&J 얼굴 검출 알고리즘의 중요 변수들을 기술하고[4,7], 단체 사진 영상들(138개 얼굴 포함)을 대상으로 변수에 따른 얼굴 검출 성능을 확인한다.

변수 MinSize와 MaxSize는 각각 영상에서 검출할 수 있는 얼굴의 최소와 최대 크기를 지정한다. 크기는 학습 영상의 크기에서 입력 영상의 크기까지 가질 수 있다. 지정되지 않은 크기는 MinSize와 MaxSize에 각각 학습 영상과 입력 영상의 크기가 지정되고 MinSize는 MaxSize 이하이다. 이 변수는 얼굴 검출 성능에 영향은 주지 않고 실행 시간에 영향을 주고 있어 표 1에 크기 지정에 따른 평균 실행 시간을 비교하고 있다. MaxSize 보다 MinSize의 영향이 크고, 얼굴의 크기를 알고 있다면 56%정도의 평균 실행 시간을 줄일 수 있음을 보여준다. minX와 maxX는 각각 사전 조사된 얼굴의 최소와 최대 크기이고, []는 기본 값이다.

변수 ScaleFactor(SF)는 다양한 얼굴 크기를 고려해 영상 스케일을 조정하는 변수로 값은 1.0001 이상이고 기본 값으로 1.1이 지정된다. 변수에 의해 검색창 크기가 MinSize에서 MaxSize로 단계적으로 증가되도록 스케일이 변화된다. 표 2는 SF에 따른 얼굴 검출 성능을 비교하고 있다. 표에서 DF는 검출된 얼굴, RF는 DF에 포함된 실제 얼굴, MF는 미검출 얼굴, WF는 중복 검출과 가짜 얼굴에 의한 오검출 얼굴의 수를 의미하고, Time는 실행 시간이다. SF가 작을수록 고려되는 스케일이 많아져 다양한 크기의 얼굴들이 검출되나 계산량이 많아지고 중복 검출이 발생하고 있다. SF가 클수록 고려되는 스케일이 적어져 계산량이 적어지나 미검출 얼굴이 발생하고 있다.

변수 MergeThreshold(MT)는 유효 얼굴 인정을 위한 중복 검출의 횟수를 지정한다. 임의 스케일에서 얼굴은 지정된 값 이상으로 중복 검출될 때 유효 얼굴로 인정되고 하나의 얼굴로 병합된다. 변수 값은 0 이상이고 기본 값으로 4가 지정된다. 표 3은 MT에 따른 얼굴 검출 성능을 비교하고 있다. 값이 작을수록 미검출은 적으나 오검출이 많아지고, 변수 값이 클수록 오검출이 줄어드나 미검출 많아진다.

표 2와 3에서 MF와 WF는 발생해서는 안 되는 잘못된 검출이다. 본 논문은 얼굴 검증을 통해 WF의 수를 줄여 얼굴 검출 성능을 개선한다.

Table. 1 Average execution time by size setting.

[] []	[minX][]	[][maxX]	[minX][maxX]
100%	44%	12%	56%

Table. 2 Face detection according to SF.

SF	DF	RF	MF	WF	Time
1.001	987	137	1	850	1041
1.005	507	137	1	370	85
1.01	383	137	1	246	34
1.1	166	135	3	31	4
1.4	116	99	39	17	2

Table. 3 Face detection according to MT.

MT	DF	RF	MF	WF	Time
1	370	136	2	234	4
2	219	136	2	83	4
4	166	135	3	31	4
8	135	130	8	5	4
16	122	122	16	0	4

IV. 제안된 얼굴 검증

V&J 얼굴 검출 알고리즘에서 오검출된 얼굴을 검출하기 위해 그림 3의 얼굴 검증 알고리즘을 제안한다.

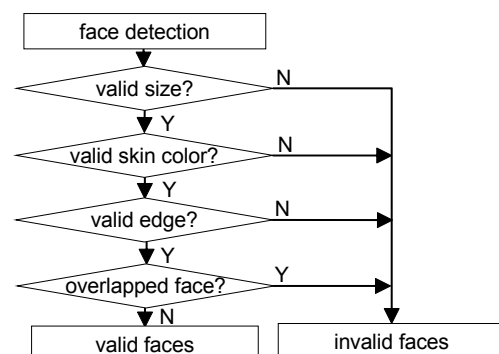


Fig. 3 Block diagram for the proposed algorithm

얼굴 검증은 그림 4에 주어진 얼굴 크기, 피부색, 얼굴 에지, 중복 검출을 근거로 수행된다. 그림 (b)와 (c)처럼 지정된 영역에서 정보를 추출하는 경우는 검출된 얼굴 영상은 100×100의 크기 변환이 선행된다.

얼굴 크기를 이용한 검증은 유효 얼굴 크기($vFsize$) 영역에 포함되는 얼굴을 유효 얼굴로 결정한다. 유효 얼굴 크기는 검출된 얼굴들의 평균 크기($mFsize$)를 근거로 식 (3)과 같이 지정된다.

$$(1-\alpha)mFsize < vFsize < (1+\alpha)mFsize \quad (3)$$

$$\alpha = 0.4 + 0.001 \times nFace$$

여기서 α 는 검출된 얼굴 수($nFace$)가 고려된 변수이다. 사람이 많아지면 얼굴과 카메라간 거리가 다양해지므로 얼굴 크기 영역이 넓어져야 한다.

얼굴 피부색을 이용한 검증은 검출된 얼굴 영상을 YCbCr 색공간으로 변환하여 그림 4(b)처럼 지정된 영역에 피부 화소가 50% 이상인 얼굴을 유효 얼굴로 결정한다. 피부 화소 기준[8]은 식 (4)와 같다.

$$(77 \leq Cb \leq 127) \text{ and } (133 \leq Cr \leq 173) \quad (4)$$

에지를 이용한 검증은 눈과 입에 에지가 많이 발생하는 것을 근거로 그림 4(c)에 표시된 영역별 에지 화소 수를 식 (5)처럼 비교하여 유효 얼굴($vFace$)을 결정한다.

$$vFace = ((E \equiv 2) \text{ or } (E + M \geq 3)) \text{ and } (fErate > 0.3) \quad (5)$$

$$E = (E_L > 0.8E_C) + (E_R > 0.8E_C)$$

$$M = (M_L < M_C) + (M_R < M_C)$$

여기서 E_L , E_C , E_R 와 M_L , M_C , M_R 은 각각 그림 4(c)에 표기된 눈과 입 영역의 에지 화소 수이고, E와 M은 영역 간 화소수의 대소 관계식에 대한 참의 수이다. 먼저 유효 에지 검증을 위해 중심부에 최대 사각형으로 표시된 에지 검출 영역에 에지 화소의 비율($fErate$)이 0.3(30%)보다 커야 하고, 두 눈이 구분($E \equiv 2$)되거나 한 눈과 입이 구분($E + M \geq 3$)될 때 유효 얼굴로 결정한다.

중복 검출은 그림 4(d)처럼 검출된 두 얼굴(F_1 , F_2)의 거리(d)를 작은 얼굴 크기(h_i)의 20%이상 겹침을 표현한 식 (6)을 이용해 얼굴의 겹침($ovFace$)을 결정한다.

$$ovFace = d < (0.8 \cdot \min(h_1, h_2)) \quad (6)$$

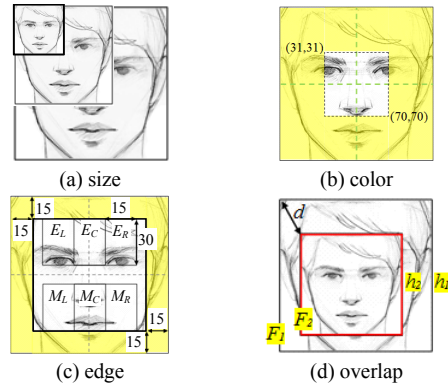


Fig. 4 Features for the face verification

V. 실험 결과 및 고찰

제안된 얼굴 검증 알고리즘을 평가하기 위해 그림 5의 단체 사진 영상들과 다양한 크기의 얼굴에 대한 평가를 위해 추가로 그림 5 영상들의 0.8, 1.2, 1.5배 크기 변환된 영상들이 사용되었다. 표에서 []와 N는 각각 영상 해상도와 얼굴 수이다. 결과적으로 실험 영상들은 552개의 얼굴들을 포함하고 있다.

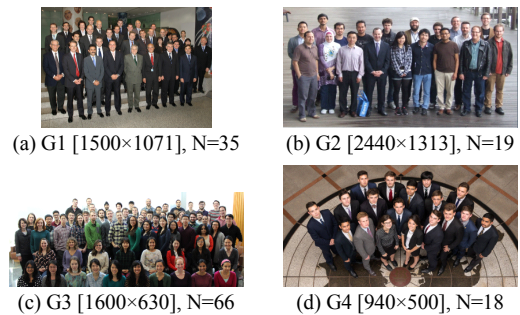


Fig. 5 Images for experiment

표 4는 G3 영상에서 얼굴 크기를 이용한 검증(FS) 예를 보주고 있다. 첫 번째 얼굴은 유효 얼굴로, 나머지 두 얼굴은 무효 얼굴로 검증되었다. 무효 얼굴 영상 속의 얼굴은 흰 박스의 얼굴로 이미 유효 얼굴로 검증되었다.

표 5는 피부색을 이용한 검증(FC) 예를 보여주고 있다. 두 번째 줄 영상에 박스는 피부 화소 검출 영역이고 세 번째 줄의 값은 피부 화소의 비율이다. 피부 화소 비

울에 의해 좌측 두 영상이 유효 얼굴로 검증되었다.

표 6은 에지를 이용한 검증(FE) 예를 보여주고 있다. 첫 번째 유효 얼굴의 경우 눈 영역과 입 영역에 강한 에지를 보이고 있고 그 결과 E 와 M 은 모두 2를 갖는다. 반면 무효 얼굴의 경우 입이 상단에 위치해 유효 얼굴과 다른 특성을 보여 E 와 M 은 모두 0을 갖는다.

표 7은 중복 검출 확인을 이용한 검증(FO) 예를 보여주고 있다. 두 얼굴사이 거리 d 가 작은 얼굴의 80%인 60.8보다 작아 중복 검출로 인정되고 있다.

Table. 4 Verification using face size




$mFsize=53$		$28 < vFsize < 85$	
Face size	56	85	103
Detected face image			

Table. 5 Verification using skin color







Detected face image			
Skin color image			
Skin rate	79.5%	58.4%	2.95%

Table. 6 Verification using edge



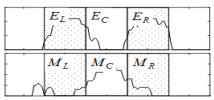
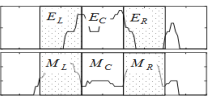
	Valid face	Invalid face
Edge image		
Vertical projection of edge		

Table. 7 Verification using face overlapping

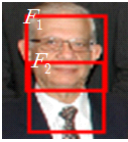


Detected faces($d=51.09$)	$F_1(h_1=81)$	$F_2(h_2=76)$
		

표 8의 좌측에 변수들에 기본 값이 지정된 V&J 얼굴 검출 알고리즘의 얼굴 검출 결과를 보여주고, 우측에 검출된 얼굴들에 대한 얼굴 검증 결과를 보여주고 있다. 미검출된 얼굴은 거의 가려진 얼굴(G1)이거나 심하게 기울어진 얼굴(G4)이다. 전자의 경우는 검출 불가능하고 후자의 경우 특징 추가가 필요하다. 얼굴 크기와 피부색을 이용한 단순한 검증만으로도 평균 88%의 오검출된 얼굴(WF)이 제거되고 나머지는 에지와 중복 검출 확인을 통해 제거되고 있다. WF가 118인데 무효 얼굴이 119인 것은 G1 영상의 그림 얼굴에 의해 발생되고 있다. 이는 그림 6의 좌측 상단에 보이는 얼굴로 일반 얼굴보다 커 최대 유효 얼굴 크기의 경계에 있다. 그래서 배율이 다른 4개의 G1 영상 중 1.5 배율에서 무효 얼굴로 분류되었다. 실제 얼굴 영상들에 대해서는 완벽하게 얼굴 검증을 수행하고 있다.

Table. 8 Face detection using the proposed algorithm.

	Face detection				Invalid faces				
	DF	RF	MF	WF	FS	FC	FE	FO	Total
G1	167	135	5	32	6	17	6	4	33
G2	144	76	0	68	35	33	0	0	68
G3	278	264	0	14	5	7	2	0	14
G4	69	60	12	4	0	1	3	0	4
Total	658	535	17	118	46	58	11	4	119

그림 6은 얼굴 검증 후 최종적으로 검출된 얼굴을 보여주고 있다. 그림에 흰 원 표시는 얼굴 검증을 통해 제거된 얼굴 영역이고 흰 화살표는 가려져 미검출된 얼굴이다. 그림 7은 V&J 얼굴 검출 알고리즘에 의해 검출된 얼굴들과 얼굴 검증을 통해 제거된 얼굴에 × 표시를 보여주고 있다. × 표시 얼굴의 s,c,e,o 표기는 각각 얼굴 크기, 피부색, 에지, 중복 검출의 검증에 의해 무효 얼굴로 검출된 것을 의미한다. 한 얼굴 영상이 배율에 따라 다른 검증 조건에 의해 무효 얼굴로 분류되기도 한다.

VI. 결론

V&J 얼굴 검출 알고리즘은 대표적인 얼굴 영역 검출 알고리즘으로 매우 우수한 성능을 보이거나 영상에 따라

설정된 변수들의 영향을 받는다. 그래서 많은 얼굴들이 포함된 영상들에서 얼굴의 다양성으로 검출되지 않는 얼굴들도 있고 가짜 얼굴이나 중복 검출된 오검출 얼굴들도 발생한다. 본 논문은 V&J 얼굴 검출 알고리즘에서 오검출된 얼굴들을 제거하는 얼굴 검증을 이용한 개선된 얼굴 검출 알고리즘을 제안한다. 제안된 얼굴 검증 알고리즘은 검출된 얼굴들을 대상으로 얼굴의 크기, 얼굴의 피부색, 눈과 입의 위치에서 발생하는 에지, 중복 검출을 평가하여 유효 얼굴인지를 검증한다. 다양한 단체 사진 영상들의 552개의 얼굴들을 대상으로 한 실험에서 V&J 얼굴 검출 알고리즘은 118 개의 오검출 얼굴을 포함한 658개의 얼굴들을 검출 하였으나 제안된 얼굴 검증 알고리즘은 모든 오검출된 얼굴들을 검증 해냈다. 단 검증 실패한 그림 얼굴처럼 실제 얼굴들에서 생성되지 않은 얼굴에 대해서는 검출의 필요성에 따라 유효 얼굴 크기에 대한 조정이 필요할 것이다.



Fig. 6 Improved face detection



Fig. 7 Verified faces

REFERENCES

- [1] D. Chai, and K. N. Ngan, "Face segmentation using skin-color map in videophone applications," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 9, no. 4, pp. 551-564, Jun. 1999.
- [2] H. Li, Z. Lin, X. Shen, J. Brandt, and G. Hua, "A convolutional neural network cascade for face detection," *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Boston, pp. 5325-5334, 2015.
- [3] P. Viola, and M. J. Jones, "Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features," *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Kauai, pp. 511 - 518, 2001.
- [4] J. S. Oh, and H. Hoon, "Performance Analysis of Viola & Jones Face Detection Algorithm," *Proceedings of Conference on Korea Information and Communication Engineering*, vol. 19, no. 9, pp. 238-241, 2018.
- [5] R. Lienhart, and J. Maydt, "An extended set of haar-like features for rapid object detection," *Proceedings of International Conference on Image Processing*, Rochester, pp. 900-903, 2002.
- [6] H. Y. Han, *Introduction to Pattern Recognition*, Hanbit Academy, Inc., Seoul, 2015.
- [7] MathWorks, vision.CascadeObjectDetector System object : Properties [Internet]. Available <https://kr.mathworks.com/help/vision/ref/vision.cascadeobjectdetector-system-object.html>.
- [8] W. Y. Kim, Y. H. Seo and D. W. Kim, "A Fast and Accurate Face Detection and Tracking Method by using Depth Information and color information," *Journal of The Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 16, no. 9, pp.1825-1838, Sep. 2012.



오정수(Jeong-su Oh)

중앙대학교 대학원 전자공학과 공학석사
 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과 공학박사
 현재 부경대학교 융합디스플레이공학과
 ※관심분야 : 디지털영상처리, 비디오영상처리,
 딥 러닝, 적외선 신호처리