

어안 렌즈 카메라 영상을 이용한 기절동작 인식

소인미*, 한대경*, 강선경*, 김영운*, 정성태**

Development of a Fall Detection System Using Fish-eye Lens Camera

In-Mi So*, Dae-Kyung Han*, Sun-Kyung Kang*, Young-Un Kim*, Sung-Tae Jung**

요약

이 논문은 응급상황을 인식하기 위하여 어안렌즈를 통해 획득된 영상을 이용하여 기절 동작을 인식하는 방법을 제안한다. 거실의 천장 중앙에 위치한 어안렌즈(fish-eye lens)를 장착한 카메라로부터 영상을 입력 받은 뒤, 가우시안 혼합 모델 기반의 적응적 배경 모델링 방법을 이용하여 전경 픽셀을 추출한다. 그리고 연결되어 있는 전경 픽셀 영역들의 외곽점들을 추적하여 타원으로 매핑한다. 이 타원을 추적하면서 어안 렌즈 영상을 투시 영상으로 변환한 다음 타원의 크기 변화, 위치 변화, 이동 속도 정보를 추출하여 이동과 정지 및 움직임이 기절동작과 유사한지를 판단한다. 실험 결과 어안 렌즈 영상을 그대로 사용하는 것보다 투시 영상으로 변환하여 타원의 크기변화, 위치 변화, 이동속도 정보를 추출하는 방법이 보다 높은 인식률을 보였다.

Abstract

This study is to present a fainting motion recognizing method by using fish-eye lens images to sense emergency situations. The camera with fish-eye lens located at the center of the ceiling of the living room sends images, and then the foreground pixels are extracted by means of the adaptive background modeling method based on the Gaussian complex model, which is followed by tracing of outer points in the foreground pixel area and the elliptical mapping. During the elliptical tracing, the fish-eye lens images are converted to fluoroscope images, the size and location changes, and moving speed information are extracted to judge whether the movement, pause, and motion are similar to fainting motion. The results show that compared to using fish-eye lens image, extraction of the size and location changes, and moving speed by means of the converted fluoroscope images has good recognition rates.

▶ Keyword : Activity Recognition(동작인식), Segmentation(객체추출), Detection(동작감지), Tracing(객체추적), Background Model(배경모델)

• 제1저자 : 소인미 교신저자 : 정성태

• 접수일 : 2008. 6. 2, 심사일 : 2008. 7. 5, 심사완료일 : 2008. 7. 25.

* 원광대학교 컴퓨터공학과 대학원 ** 원광대학교 전기전자및정보공학부 교수

※ 이 논문은 2008년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(지방연구중심 대학육성사업/헬스케어기술개발사업단)

I. 서론

기절은 고령자들에게서 흔히 일어날 수 있고 부상이나 사망으로 이어질 수 있어서, 독거인의 건강을 위협하는 중요한 요소로 지적되고 있다. 기절에 대한 의료 처리 결과는 기절을 감지하여 구조 요청을 하고 응급 처치를 받기까지의 시간에 큰 영향을 받는다. 이러한 이유로 가속도 센서와 기울기 센서 등을 이용하여 기절 동작을 자동으로 감지하여 응급 호출을 해주는 기절 동작 감지기들이 제안되었다[1, 2,]. 그러나 이 장치들도 사용자가 장치를 항상 휴대하고 다녀야 한다는 문제점을 가지고 있다. 사람이 장치를 항상 휴대해야 하는 문제를 해결하기 위한 방법으로 카메라 영상으로부터 실시간으로 사람을 검출하고 추적하여 기절동작을 감지하는 방법이 있다. 영상을 이용한 방법 중에는 시야각이 큰 어안렌즈(fish-eye lens) 카메라 또는 전방향(omni-directional) 카메라를 사용하여 필요한 카메라를 줄이는 방법이 제안되었다[3, 4, 5, 6]. 이들 논문에서는 어안 렌즈 영상 자체에서 사람을 검출하고 사람 영역의 크기 변화를 이용하여 기절동작을 인식한다.

본 논문에서는 사람 추적은 어안 렌즈 영상에서 수행하고 기절 동작 인식은 투시 영상에서 수행함으로써 기절 동작인식의 성능을 향상하는 방법을 제안한다. 투시 영상은 추적된 사람의 위치에 따라 어안 렌즈 영상으로부터 추출되는데, 그림 1에 나타나 있듯이 투시 영상에서 서 있을 때와 누워 있을 때의 차이가 더 분명하다. 이러한 특성에 따라 어안 렌즈 영상을 투시 영상으로 변환하여 기절동작을 인식함으로써 인식 성능을 향상시킬 수 있었다.

II. 움직임 검출과 추적

그림 2에는 어안 렌즈 영상으로부터 사람을 검출하고 추적하는 과정이 나타나 있다. 본 논문에서는 배경과 입력 영상과의 차이를 이용하여 움직이는 객체를 검출하는 방법을 사용한다. 배경 영상은 조명 변화나 물체의 이동에 따라 계속적으로 변화되므로 가우시안 혼합 모델 기반의 적응적 배경 모델링 방법을 이용하여 동적으로 배경 영상을 갱신한다. 배경 모델을 생성하기 위해 시스템 동작 초기에는 입력 영상 내에 움직이는 객체가 없을 때로 제한하며, 적어도 300 프레임의 영상을 입력 받도록 하였다.

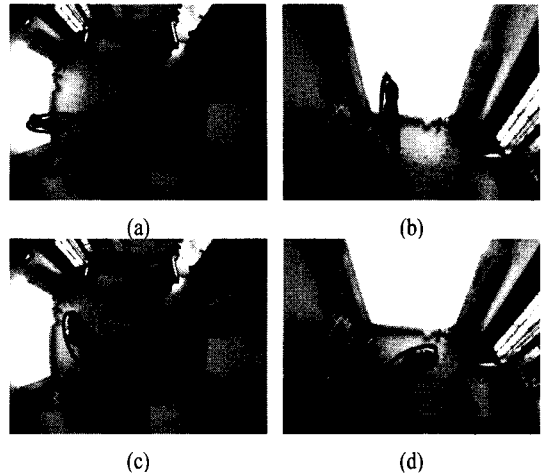


그림 1. 서 있는 장면 (a)어안 렌즈 영상 (b)투시 영상
누워 있는 장면 (c)어안 렌즈 영상 (d)투시 영상

Fig 1. standing (a) fish-eye lens image (b) perspective image
lying (c) fish-eye lens image (d) perspective image

2.1 영상의 전처리

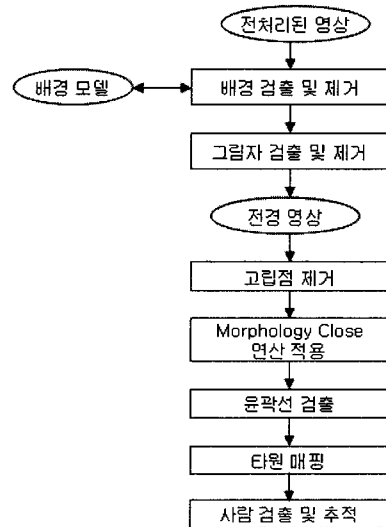


그림 2. 사람 검출과 추적 과정
Fig 2. The process of man detection and tracing images treated in advance

본 논문에서 제안된 시스템의 입력 영상은 RGB 컬러 모델의 영상이다. RGB 컬러 영상은 조명의 영향에 따라 변화가 크므로 본 논문에서는 입력 영상의 RGB 컬러 모델을 YCbCr 컬러 모델로 변환하여 조명과 색상을 분리함으로써 조명 변화로 인한 영상의 변화를 감소시켰다. 컬러를 변환한

다음에는 입력 영상의 평균 밝기를 구하고 이 값이 최근 10개의 프레임에 대한 평균 밝기에서 임계값 이상으로 변화하는 경우 영상 픽셀 값을 보정하여 평균 밝기가 급격하게 변화하지 않도록 만든다. 일반적으로 카메라들은 조명 변화에 따라 노출을 자동으로 조절하여 촬영된 영상의 밝기를 자동 조절하는데, 영상의 밝기가 급격하게 변화하는 경우에 그 영역이 움직이는 객체로 오인될 수 있기 때문에 전처리 과정에서 영상이 서서히 변화되도록 조정하는 것이다.

2.2 전경 영상 생성

움직이는 객체가 입력 영상 내에 나타나면 해당 픽셀은 배경과 차이가 나게 되어 전경 픽셀로 분류되도록 하고 이때, 전경 픽셀만 남기고 나머지 픽셀은 제거한다. 움직이는 객체의 그림자가 객체로 인식될 수 있기 때문에 이를 위해 그림자의 검출과 제거 단계가 필요하다. 그림자 영역에서는 밝기가 어두워지고 원래의 색상은 유지되는 성질이 있으므로 밝기 변화와 색상 변화량을 이용하여 그림자 영역인지를 판별한다. 그림 3에는 입력 영상과 그에 대한 전경 영상 예가 나타나 있다.



그림 3. (a) 입력 영상 (b) 전경 영상
Fig 3. (a) input image (b) foreground image

2.3 잡음 제거

움직이는 객체에 포함되지 않은 영역에서도 잡음에 의하여 픽셀들이 전경 픽셀로 분류될 수 있는데, 먼저 연결되어 있는 전경 픽셀 영역이 4개 이하의 픽셀로 구성된 영역은 제거하였다. 그 다음에 Morphology Close 연산을 적용하여 서로 떨어져 있는 영역들을 합병하도록 한다. 움직이는 객체의 일부가 배경과 비슷한 색상을 가질 경우에 객체의 일부가 배경으로 분류되어 객체가 분리될 수 있는데, 이 연산을 적용함으로써 분리되었던 객체의 부분들을 합병할 수 있다. 그림 4(a)에는 잡음이 제거된 영상이 나타나 있다.

2.4 타원 매핑

움직이는 객체를 타원으로 매핑하기 위해서 윤곽선 검출 기법을 이용하여 연결되어 있는 전경 픽셀 영역들의 외곽점들을 추적한다. 그 다음에는 외곽점들을 가장 잘 감싸는 타원으로 매핑하여 움직이는 객체 영역의 형태를 단순화한다. 시간에 따라 연속적으로 입력되는 영상들에서 검출된 타원을 추적함으로써 타원의 크기 변화, 위치 변화, 이동 속도 정보를 추출한다. 잡음에 의하여 전경 픽셀 영역이 여러 개 존재할 수 있지만 사람에 해당하는 영역은 그 크기가 일정한 범위 안에 존재하게 된다. 그리고 본 논문의 시스템은 독거인에 대한 기절동작 인식을 수행하므로, 전경 픽셀 영역 중에서 크기가 미리 설정된 범위 내에 해당하는 것 중에서 가장 큰 것을 사람 영역으로 선택한다.

로 매핑하여 움직이는 객체 영역의 형태를 단순화한다. 시간에 따라 연속적으로 입력되는 영상들에서 검출된 타원을 추적함으로써 타원의 크기 변화, 위치 변화, 이동 속도 정보를 추출한다. 잡음에 의하여 전경 픽셀 영역이 여러 개 존재할 수 있지만 사람에 해당하는 영역은 그 크기가 일정한 범위 안에 존재하게 된다. 그리고 본 논문의 시스템은 독거인에 대한 기절동작 인식을 수행하므로, 전경 픽셀 영역 중에서 크기가 미리 설정된 범위 내에 해당하는 것 중에서 가장 큰 것을 사람 영역으로 선택한다.



그림 4. (a) 그림 3(a) 영상에 대한 잡음 제거 (b) 타원 매핑 결과
Fig 4. (a) After removing noise from the image in Fig 3; (b) The result of elliptical mapping

III. 기절동작 인식

3.1 투시 영상 변환

기절 동작이 일어날 때에는 빠른 몸동작이 있은 후에 사람이 누워있는 자세를 취하게 되고 그 다음에는 움직임이 없는 상태가 지속되게 된다. 따라서 본 논문에서는 사람의 몸에 매핑된 타원의 형태 변화와 움직임 속도 등을 이용하여 기절 동작을 인식한다. 그런데 그림 1에 나타나 있는 바와 같이 어안 렌즈 영상보다는 투시 영상에서 몸의 형태 변화가 더 분명하게 나타나므로 본 논문에서는 어안 렌즈 영상을 투시 영상으로 변환하여 기절 동작을 인식한다.

어안 렌즈 영상을 투시 영상으로 변환하는 방법으로는 Zimmermann에 의해 유도된 방법을 사용하였다[7]. 그림 5에는 어안 렌즈 영상과 투시 영상의 좌표계가 나타나 있다. 그림에서 $DOV[x, y, z]$ 는 관측 방향을 나타내는 벡터이고 어안 렌즈 영상 좌표계의 원점에서 이 방향으로 관측한 경우의 투시 영상을 구하는 것이다. 이때, 투시 영상의 좌표계가 위치하는 (u, v) 평면이 $DOV[x, y, z]$ 에 수직이고 투시 영상 좌표계의 원점을 $DOV[x, y, z]$ 가 관통한다고 가정한다.

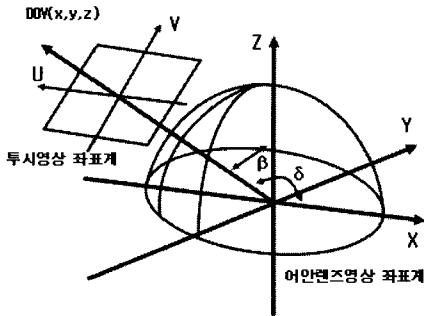


그림 5. 투시영상 좌표계와 어안렌즈영상 좌표계
Fig 5. Coordinate reference frame

투시 영상의 좌표 (u, v) 를 어안 렌즈 영상의 좌표 (x, y) 로 매핑하는 공식은 식 (1)과 같다.

$$\begin{aligned}
 x &= \frac{R[uA - vB + mR \sin \beta \sin \delta]}{\sqrt{u^2 + v^2 + m^2 R^2}} \\
 y &= \frac{R[uC - vD - mR \sin \beta \cos \delta]}{\sqrt{u^2 + v^2 + m^2 R^2}} \dots\dots\dots (1) \\
 A &= (\cos \phi \cos \delta - \sin \phi \sin \delta \cos \beta) \\
 B &= (\sin \phi \cos \delta + \cos \phi \sin \delta \cos \beta) \\
 C &= (\cos \phi \sin \delta + \sin \phi \cos \delta \cos \beta) \\
 D &= (\sin \phi \sin \delta - \cos \phi \cos \delta \cos \beta)
 \end{aligned}$$

식 (1)에서 R 은 어안 렌즈 영상 원의 반지름을 나타내고, m 은 확대 비율을 나타내고, ϕ 는 투시영상에서의 회전 각도를 나타내고, β 는 Z축과 시선 방향 사이의 위도각을 나타내고, δ 는 X 축과 시선 방향 사이의 경도각을 나타낸다. 본 논문에서는 R, m, ϕ 는 상수로 사용하였고 값은 $R=160, m=1, \phi=0$ 로 설정하였다. 그림 6에는 그림4(b) 영상을 투시영상으로 변환된 결과가 나타나 있다.



그림 6. 투시 영상 변환 결과
Fig 6. The result of perspective image

3.2 기절 동작 판별

기절 동작 판별은 투시 영상으로 부터 움직이는 객체를 타원으로 매핑 해 타원의 크기 변화, 위치 변화, 이동 속도 정보를 추출하여 이동과 정지 및 움직임이 기절동작과 유사한지를 판단한다. 그림 7은 기절 동작이 인식 되는 과정을 보이고 있다. 결과 영상에서 볼 수 있듯이 사용자의 행동에 따라 타원의 크기와 위치가 변화 되는 것을 볼 수 있으며, 사용자가 서 있거나 걷거나 또는 눕는 동작을 하게 되면 타원의 가로(width) 및 세로(height)의 변화되는 값이 다르게 나온다. 표 1은 사용자가 서 있다가 기절하는 과정을 프레임, 가로, 세로 크기 변화를 나타내고 있다. 결과에서 볼 수 있듯이 사용자가 서(652 frame) 있을 때는 타원의 세로 크기가 가로 크기보다 크다 그러나 사용자가 누어(704 frame) 있을 때는 가로 크기가 세로 크기보다 큰 것을 볼 수 있다. 이러한 크기 변화는 사용자의 동작에 따라 속도(frame)가 다르게 변화 되는 것을 볼 수 있다. 단순히 눕는 동작과 기절동작을 구분 하는 방법도 이러한 동작에 따라 속도가 변하는 특성을 가지고 판단하였다.

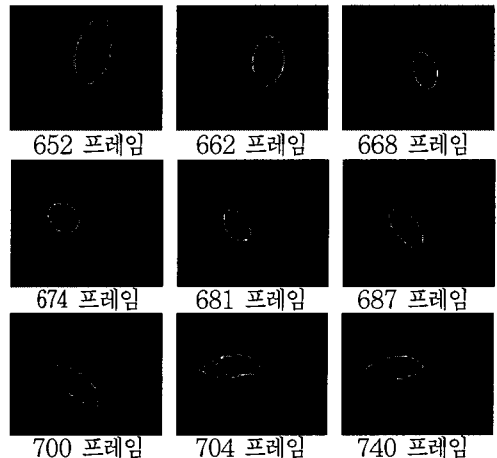


그림 7. 투시영상을 이용한 기절 동작 판별 영상
Fig 7. Fainting motion detection using perspective image

표 1. 기절 동작 판별을 위한 타원의 크기 변화
Table 1. Changes in the ellipse shape to detect fainting motion

프레임	가로크기	세로크기
652	51	96
662	46	77
668	38	54
674	44	45
681	43	49
687	53	54
700	74	65
704	89	37
740	84	37

것은 투시 영상으로 변환하여 인식을 한 경우 사용자의 동작에 따른 타원의 크기 변화를 정확히 알 수 있어 기절 동작 인식이 더 잘 될 수 있기 때문이다.

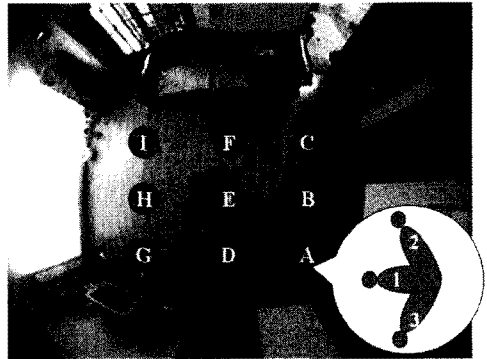


그림 8. 위치와 방향에 따른 기절동작 실험
Fig 8. Fainting motion experiment by location and direction

IV. 실험 결과

본 논문에서는 그림 8과 같이 9개의 위치에 따라 10명의 실험자를 통해 각각 27번의 기절 동작을 촬영을 하고 이에 대한 기절 동작 인식 및 비정상 상황 감지 실험을 실시하였다. 아래의 표2는 10명의 실험자가 9개 위치에서 3가지 방향에 따른 기절 동작에 대한 인식 여부를 나타내고 있다. 270개의 기절 동작 영상 중 233개의 기절 동작 인식으로 86%의 인식률을 얻을 수 있었다.

참고문헌(6)에서는 어안 렌즈 영상을 그대로 사용하여 기절 동작을 인식하는데 79.8%의 인식률을 보였다. 이에 비하여 본 논문에서는 어안렌즈 영상을 투시 영상으로 변환하여 기절 동작을 인식한 결과 인식률이 향상됨을 알 수 있다. 이

V. 결론

본 논문에서는 어안 렌즈 영상으로부터 사람을 검출하고 추적함으로써 자동으로 기절 동작을 감지하는 방법을 제안하였다. 또한 실시간 추적을 위하여 사람이 몸을 타원으로 매핑하는 방법을 사용하였으며 어안 렌즈 영상을 투시 영상으로 변환하고 움직이는 객체에 매핑 된 타원의 크기 변화, 위치 변화, 이동 속도 정보 등의 타원의 형태 변화를 이용함으로써 기절 동작의 인식률을 높일 수 있었다. 또한 적응적 배경 모델을 이용함으로써 조명 변화에 견고하도록 했으며 컬러 모델 변환과 평균 밝기 보정을 통하여 보다 견고한 사람 검출 및 추적이 가능하도록 하였다.

표 2. 위치와 방향에 따른 기절동작 인식
Table 2. Fainting motion experiment location

No	위치/방향																											O	X	%						
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18				19	20	21	22	23	24
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	26	1	96%
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24	3	89%
3	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	24	3	89%	
4	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	23	4	85%	
5	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	23	4	85%			
6	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	18	9	67%					
7	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24	3	89%		
8	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25	2	93%		
9	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	21	6	78%		
10	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25	2	93%		
9	10	10	9	8	8	7	7	7	7	9	7	10	8	8	10	10	8	9	8	10	9	8	9	10	9	9	9	9	9	233	37	86%				

향후 연구과제로서 영상 정보와 기울기 센서 정보 및 음성 정보를 이용하여 기절동작 인식 시스템을 개발할 계획이다. 각각의 획득된 정보로부터 응급상황을 모델링 하여 기절 동작에 대한 인식률을 높이고 또한 독거노인이 응급상황에 처했을 경우 구조 요청을 할 수 있도록 하는 멀티모달 응급상황 인식으로 발전시키고자 한다.

참고문헌

- [1] Y.B. Lee, J.K. Kim, M.T. Son and M.H. Lee, "Implementation of Accelerometer Sensor Module and Fall Detection Monitoring System based on Wireless Sensor Network," Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, pp. 2315-2318, 2007
- [2] M.R. Narayanan, S.R. Lord, M.M. Budge, B.G. Celler and N.H. Lovell, "Falls Management: Detection and Prevention, using a Waist-mounted Triaxial Accelerometer," Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, pp. 4037-4040, 2007
- [3] H. Nait-Charif and S. McKenna, "Activity summarisation and fall detection in a supportive home environment," In Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition (ICPR), volume 4, pp. 323-326, 2004.
- [4] S.-G. Miaou, P.-H. Sung, and C.-Y. Huang, "A Customized Human Fall Detection System Using Omni-Camera Images and Personal Information," Proc. of Distributed Diagnosis and Home Healthcare (D2H2) Conference, pp. 39-42, 2006.
- [5] M.-L. Wang, C.-C. Huang, H.-Y. Lin, "An Intelligent Surveillance System Based on an Omnidirectional Vision Sensor" IEEE Conference on Cybernetics and Intelligent Systems, pp. 1-6, 2006
- [6] Shaou-Gang Miaou, Pei-Hsu Sung and Chia-Yuan Huang, "A Customized Human Fall Detection System Using Omni-Camera Images and Personal Information", Proceedings of the 1st Distributed Diagnosis and Home Healthcare (D2H2) Conference, pp. 39-42, 2006
- [7] S. Zimmermann and D. Kuban, "A video pan/tilt/magnify/rotate system with no moving parts," Proceedings of IEEE/AIA Digital Avionics Systems Conference, pp. 523-531, 1992.

저자소개



소인미

1994년 2월 : 원광대학교 컴퓨터공학과(공학사)
 2002년 8월 : 원광대학교 정보컴퓨터교육 전공(교육학석사)
 2004년 3월 ~ 현재 : 원광대학교 컴퓨터 공학과 박사과정
 관심분야: 영상인식 컴퓨터 비전 영상처리



한대경

2008년 2월 : 원광대학교 전기·전자 및 정보공학부 졸업
 2008년 3월 : 원광대학교 컴퓨터 공학과 석사과정
 관심분야: 휴먼 컴퓨터 인터페이스, 영상처리, 영상인식, 임베디드시스템



강선경

2000년 2월 : 원광대학교 전기·전자및정보공학부 졸업
 2004년 2월 : 원광대학교 정보·컴퓨터공학과 석사학위 취득
 2006년 3월 ~ 현재 : 원광대학교 컴퓨터 공학과 박사과정
 관심분야: 휴먼 컴퓨터 인터페이스, 영상처리, 영상인식, 임베디드시스템



김영운

2003년 2월 : 원광대학교 전기전자및정보공학부(공학사)
 2005년 8월 : 원광대학교 컴퓨터 공학과(공학 석사)
 2006년 2월 ~ 현재 : 원광대학교 컴퓨터 공학과 박사과정
 1994-1999 영원한친구 개발팀장
 2000-현재 파라(PARA) 대표
 2003-현재 원광보건대학 정보컴퓨터과 겸임교수
 관심분야 : 컴퓨터그래픽스, 영상처리, EAI, XML



정성태

1987년 2월 서울대학교 컴퓨터공학과(공학사)
 1989년 2월 서울대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
 1994년 8월 서울대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
 1995년 3월~현재 원광대학교 전기전자및정보공학부 교수
 관심분야 : 영상인식, 영상처리, 컴퓨터 그래픽스