

# 움직임 예측을 이용한 무인항공기 영상에서의 이동 객체 추적

## Moving Object Tracking in UAV Video using Motion Estimation

오훈걸\*, 이형진\*, 백중환\*

Hoon-Geol Oh\*, Hyung-Jin Lee\*, and Joong-Hwan Baek\*

### 요 약

본 논문에서는 무인항공기 영상에서 움직임 예측을 이용한 이동 물체 추적 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 초기모델 생성단계와 이동 물체 추적 단계로 구성되어있으며, 이전 프레임에 비해 이동 거리가 커진 경우에도 안정적으로 추적할 수 있었다. 그리고 무인항공기 카메라의 흔들림에도 효과적으로 추적을 할 수 있었고, 이동 물체의 위치를 정확히 검출하여 추적시간을 단축할 수 있었다. 블록 영상과 참조 영상 간 이동 물체의 유사도 판정은 블록 매칭 알고리즘을 사용하였다. 제안한 알고리즘은 실험을 통해서 기존의 전역탐색 알고리즘보다 향상된 결과를 보여주었다.

### Abstract

In this paper, we propose a moving object tracking algorithm by using motion estimation in UAV(Unmanned Aerial Vehicle) video. Proposed algorithm is based on generation of initial image from detected reference image, and tracking of moving object under the time-varying image. With a series of this procedure, tracking process is stable even when the UAV camera sways by correcting position of moving object, and tracking time is relatively reduced. A block matching algorithm is also utilized to determine the similarity between reference image and moving object. An experimental result shows that our proposed algorithm is better than the existing full search algorithm.

Key words : UAV(Unmanned Aerial Vehicle), Moving Object Tracking, Motion Estimation

### I. 서 론

무인 항공기 시스템은 탑승 조종사 없이 지상의 조종사에 의해 수송, 관찰, 공격 등의 임무를 수행할 수 있는 비행체를 포함한 시스템을 말하는데, 이 시스템은 정찰위성이나 유인정찰기가 가지고 있는 단점을 극복 하면서 무인화 및 정보화하고 있는 미래 환경에 유연성 있게 부합 할 수 있기 때문에 관

심이 증가 하고 있다. 이러한 무인 항공기의 용도로는 먼저 군사적 측면에서 적의 위치나 지형정찰 및 목표물을 탐지 하는 등에 쓰일 수 있고, 실생활에서는 산불이나 화재, 위법사항 등을 감시하는데 사용되고 있다. 또한 무인항공기를 통해서 들어오는 영상으로부터 조종사는 현재의 위치나 고도, 화재의 위치 교통량 상황 등을 눈으로 확인할 수 있다. 하지만 무인항공 시스템은 지상의 조종사나 시설에 의존

\* 한국항공대학교 정보통신공학과(Department of Telecommunication Engineering, Hankuk Aviation University)

· 제1저자 (First Author) : 오훈걸

· 접수일자 : 2006년 11월 3일

해야 한다는 단점을 가지고 있으며 정찰 및 감시의 경우 조종사가 직접 무인항공기로부터 들어오는 영상을 직접 눈으로 감시해야 한다는 단점 또한 가지고 있다. 이 단점을 보완하기 위해 많은 연구에서 컴퓨터 비전을 이용하여 자동적으로 목표물을 추적하는 알고리즘들을 개발하고 있다. 기존의 이동 물체 추적 알고리즘으로는 차영상을 이용한 기법, 광류를 이용한 기법, 모델 기반 기법, 상관관계를 이용한 기법 등이 있다.

차영상을 이용한 기법은 고정되지 않는 이동물체의 움직임을 추적하기 위한 기법으로 연속으로 변하는 두 영상의 차영상을 기본으로 사용한다. 하지만 차영상을 이용한 기법은 모양과 밝기 그리고 객체의 속도에 매우 민감하고, 카메라의 움직임이나 조명의 변화 등에 의해 발생하는 잡음 등에 매우 민감하다.

광류를 이용한 기법은 긴 이미지 시퀀스를 누적해서 관찰함으로써 서로 비슷한 흐름 벡터를 가지는 흐름 영역으로 분할하는 방법이다. 하지만 이 기법은 부정확한 움직임 경계가 검출된다는 단점을 가지고 있다. 왜냐하면 객체의 움직임은 움직임 경계 근처에서 동일하지 않고 객체의 움직임이 이웃하는 객체와 비슷할 경우에 객체의 윤곽이 결정되지 않기 때문이다. 또한 객체의 움직임이 클 경우에 흐름 벡터의 잘못된 예측 결과를 가져 올 수가 있다.

모델 기반 방법은 미리 정의된 2차원 또는 3차원 모델과 영상을 실시간으로 정합하는 방법으로, 모델에 의한 이동과 회전이 고려되어야 한다. 또한 정합 방법과 정의된 모델의 크기 등 정확한 기하학적 모델이 주어져야 하고 추적 모델이 소수로 한정된다는 단점이 있다. 특히, 무인항공기 영상 같은 경우 객체가 흔들림이 심하고 객체의 속도가 일정하지 않기 때문에 모델 기반 방법은 적합하지 않다.[5],[6]

상관관계를 이용한 전역탐색 기법은 우선 참조영상과 비교 영상이 형성된다는 전제에서 시작한다. 이것은 참조영상과 가장 유사한 비교 영상을 찾는 것이기 때문이다. 객체의 위치가 예측되고 난 후 참조 객체 이미지는 이전 참조 이미지를 가지는 새로운 객체 정보를 필터링함으로써 갱신된다. 이때, 움직임 예측의 정확도는 정합 기준에 의존한다. 상관관계를 이용한 방법 중 가장 많이 사용하는 전역 탐

색 방법은 이동물체 추적에는 우수한 성능을 보이지만 연산량의 증가로 검색시간이 증가한다는 단점을 가지고 있다.

따라서 본 논문에서는 기존의 방법들이 가지고 있는 단점을 보완하고 이동물체 추적에 우수한 성능을 보이는 전역 탐색기법의 장점을 갖는 움직임 예측을 이용한 계층적 탐색기법을 제안하고자 한다. 제안한 방법은 움직임의 변화량에 따라 3단계의 계층으로 나누어 탐색을 하기 때문에 전역 탐색의 단점을 극복하면서도 우수한 이동물체 추적 결과를 얻을 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 객체 추적 관련 기술에서 설명하고 3장에서 제안하는 이동물체 추적 알고리즘에 대해 상세히 설명한다. 그리고 4장에서는 결론과 향후 연구에 대한 계획으로 끝을 맺는다.

## II. 제안한 이동물체 추적 알고리즘

본 논문에서는 다음과 같이 개선된 이동물체의 검출 및 추적 알고리즘을 제안한다.

첫째, 이동물체의 검출을 위해서 영상 내에서 이동물체에 직접 사각형을 그리는 형식으로 이동물체에 대하여 초기모델을 생성한다.

둘째, 실시간으로 이동물체를 추적하기 위해서 이동물체의 탐색방법을 최소화하고, 추적 시간을 단축시키기 위하여 움직임 예측을 이용한 계층적 이동물체 추적 기법을 제안한다.

### 2-1 제안한 이동 물체 추적 알고리즘

그림 1은 제안한 이동물체 검출 및 추적 과정을 순서도로 나타낸 것이다.

제안한 이동물체 탐색 알고리즘은 현재 프레임에 대한 윤곽선 영상  $I_t$ 와 이전 프레임에 대한 윤곽선 영상  $I_{t-1}$ 에 대하여 구하고 각각의 윤곽선 영상에 대해서 계층적으로 축소시킨다. 이 두 영상에 대한 움직임을 판단한 후 움직임이 존재하는 부분과 없는 부분으로 구분하여 이동물체의 대략적인 움직임을 알아낸다.

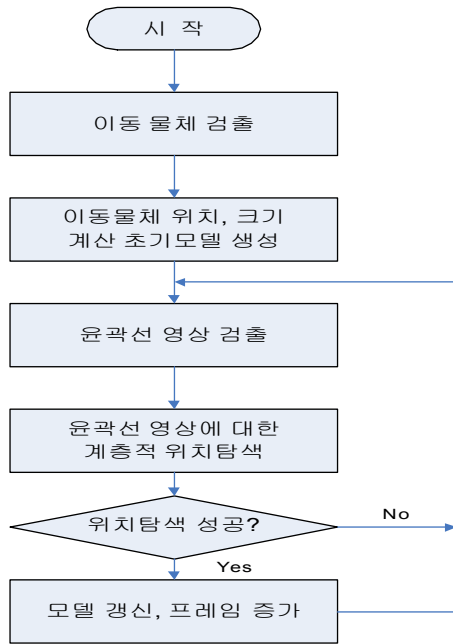


그림 1. 제안한 알고리즘의 순서도  
Fig. 1. Flowchart of proposed algorithm.

그림 2는 원 영상을 축소하여 계층적인 추적 방법을 보여주는 것이다. 현재 영상과 이전 영상을 계층적으로 축소된 윤곽선 영상을 추출하며, 이 두 영상을 이용하여 구해진 움직임 변화량을 이용하여 영상 크기를 축소하여 물체를 탐색한 후 영상의 크기를 키워가면서 탐색하는 방법이다. 이렇게 영상을 작은 크기의 영상으로 만들어 가는 과정을 통해 연산량을 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 작은 노이즈들도 제거하는 효과를 기대할 수 있다.

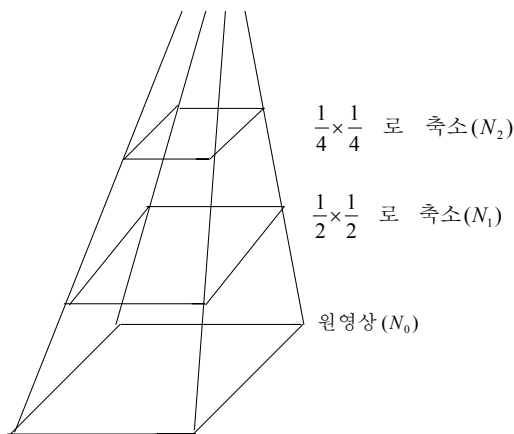


그림 2. 피라미드 영상  
Fig. 2. Image of pyramid.

다음의 식은 이동 물체의 움직임의 변화량을 계산하는 식을 나타낸다.

$$pred\_motion[x,y] = \sum_p \sum_q (E_t(p,q) - E_{t-1}(p,q)) \quad (1)$$

$$avg = \frac{1}{NM} \sum_{x=0}^N \sum_{y=0}^M (pred\_motion[x,y]) \quad (2)$$

$$var = \sum_{x=0}^N \sum_{y=0}^M [pred\_motion[x,y] - avg]^2 \quad (3)$$

$$threshold = avg - \sqrt{var} \quad (4)$$

식 (1)은 탐색영상에 대한 각각의 블록의 움직임 변화량의 누적 값으로 이때 쓰이는  $E_t(p,q)$ 는 현재 프레임의 탐색 블록의 윤곽선 영상을 나타내고  $E_{t-1}(p,q)$ 은 이전 프레임의 탐색 블록의 윤곽선 영상을 나타낸다. 그리고  $x, y$ 는 각각의 블록의 위치를 표현하기 위해 사용되었다. 식 (2)에서  $pred\_motion$ 을 가지고 탐색영역에 대한 총 블록에 대한 평균을 구한다. 식 (3)에서 탐색영역에 대한 각각의 블록의  $pred\_motion$ 과 탐색영역에 대한 총 블록에 대한 평균의 차를 이용하여 분산을 계산한다. 마지막으로 식 (4)에서 움직임의 크기의 임계값을 설정한다. 임계값은 움직임을 판단하기 위해서 사용되는데 움직임의 크기가 임계값보다 작을 경우에는 움직임이 적다고 판단하고 원 영상을 1/4로 축소하여 해상도를 높여가며 계층적인 추적을 하고, 움직임의 크기가 임계값보다 클 경우에는 움직임이 많다고 판단하여 원 영상을 1/2로 축소하여 계층적인 추적을 한다.

이와 같이 만들어진 임계값을 이용하여 움직임 변화량의 크기를 3단계로 나누어 움직임이 없는 부분, 움직임이 약간 있는 부분, 움직임이 많은 부분으로 구분한다. 움직임이 없는 부분에서는 탐색창의 위치를 변경하지 않고 추적을 진행한다. 움직임이 약간 있는 부분은 움직임이 적다고 가정하고 자세한 위치를 탐색하기 위하여 영상의 크기를 그림 2의  $N_2$ 으로 줄여서 이동물체의 위치를 탐색하고, 이를 다시  $N_1$ 으로 확대하여 위치 탐색을 한 후, 원 영상의 크기에서 정밀한 위치 탐색을 시작한다. 마지막으로

움직임이 많은 부분에서는 이동물체의 이동이 크다고 가정하고 영상의 크기를  $N_l$ 으로 줄여서 이동물체의 위치를 탐색하고, 원 영상의 크기에서 정밀한 탐색을 시작한다.

움직임의 크기를 판단하는 기준은 현재 프레임과 이전 프레임의 윤곽선 영상을 각각 구한 후, 차영상을 이용하여 움직임의 크기를 계산하게 된다. 이때 참조 영상과 이동물체와의 유사도를 판정하기 위해 MSE(Mean Squared Error)를 이용하였다. MSE가 최소가 되는 블록은 동일 물체라고 판별하였다. 또한 MSE가 이전의 MSE의 2배 이상이면 남아있는 블록의 계산을 생략하고 참조 영상을 갱신한 후에 다음 프레임에서 이동물체 추적을 진행하였다.

$$MSE(i, j) = \frac{1}{NM} \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^M [R(k, l) - S(i+k, j+l)]^2 \quad (5)$$

식 (5)는 MSE를 나타낸 것이다. 참조영상은  $R(k, l)$ 과 탐색 영상  $S(i+k, j+l)$ 의 차이를 이용하여 MSE를 구하여 참조영상과 이동물체와의 유사도 판정을 하였다.

### 2-2 새로운 이동 물체의 검출

무인항공기 영상은 시간에 따라 배경의 형태가 변화하므로 t 시간이 흐른 후에는 초기 모델과 현재 프레임의 이동물체와의 유사도가 떨어져 추적하고자 하는 이동물체를 잃어버릴 수 있다. 따라서 본 논문에서는 각 프레임에서 이동물체 추적이 성공할 경우, 현재 프레임에서 새로운 이동물체의 영역을 검출하여 새로운 참조 영상으로 갱신함으로써 이동물체의 형태변화나 주변의 배경영상의 변화에 대해 적응적으로 대처할 수 있도록 하였다.

앞에서 블록 매칭 탐색 기법을 이용하여 연속하는 영상  $I_t$ 에서 최적의 위치로 판별된 블록  $p$ 를 얻었다면, 남은 문제는 블록  $q$ 를 포함하는 참조영상 블록인  $R_{t-1}$ 을 이용하여 새로운 참조영상  $R_t$ 를 구성하는 것이다.

$$R_t = \{p \in I_t \mid \min_{q \in R_{t-1}} \|p - q\| \leq \theta\} \quad (6)$$

식 (6)에서  $I_t$ 는 현재 프레임의 영상,  $p$ 는 현재 프레임에서 최적의 위치로 탐색한 이동물체의 블록,  $q$ 는  $R_{t-1}$  영상내의 참조블록,  $\theta$ 는 블록 간의 차영상의 최소값,  $R_t$ 는 최적의 위치로 판별된  $p$ 와 참조영상 블록들의 묶음인  $q$ 간의 차 중 가장 작은 값을 갖는 참조영상 블록을 나타낸다.

### III. 실험 및 고찰

제안한 알고리즘의 타당성을 검증하기 위하여 무인항공기를 이용한 영상에서 도로에서 주행하는 자동차를 대상으로 이동물체의 추적 실험을 수행하였다. 무인항공기 영상을 얻기 위해 사용한 무인항공기는 고정익 무인항공기를 사용하였다. 360. Pan, 90. tilt 기능을 가지고 무게는 76g인 Gimbal Camera를 가지고 촬영을 한 영상이다[7]. 영상의 사이즈는 640\*480이며 전체 100 프레임의 영상에 대하여 이동물체 추적을 시행하였다.

제안한 알고리즘은 초기 이동물체의 검출 및 초기모델 생성 단계와 추적 단계로 구성되며 초기 이동물체가 검출되는 부분은 참조영상에 대한 사각형을 직접 마우스를 드래그 하여 추적 물체의 참조영상을 생성하였다.

그림 3의 (a)는 이동물체의 초기 영상을 나타낸 것이고 (b)는 초기 영상에서의 이동물체의 검출을 나타낸 것이다.

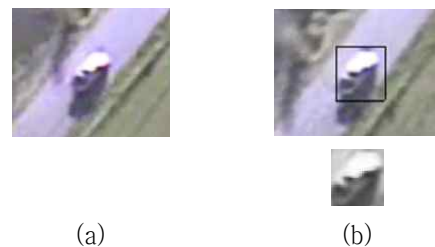


그림 3. (a) 초기 영상, (b) 참조영상과 탐색영상  
Fig. 3. (a) Initial image, (b) Search image and reference image.

추적 모델을 결정하고 다음 프레임부터 윤곽선 영상을 검출하고 참조영상과의 비교를 통해 추적을 수행하여야 한다. 본 논문에서는 윤곽선 검출을 위해 소벨 마스크를 사용하였으며, 윤곽선 검출에 앞

서 전처리 기법으로 히스토그램 균일화를 수행하였다. 히스토그램 균일화는 명암도 도수분포를 명암도에 따라 균일하게 분포되도록 재배치하는 전처리 기법으로 너무 밝거나 어두운 영상의 선명도를 조절하여 밝기 값 분포를 균일하게 하여, 윤곽선 검출 시 움직임의 크기에 대한 임계값을 좀 더 정확하게 얻을 수 있도록 하였다. 본 논문에서는 실시간으로 처리되는 이동물체 추적을 구현하기에 탐색 시간을 줄이기 위해 계층적 이동물체 추적 알고리즘을 이용하여 계층적 영상  $I_{th}$ 와  $I_{iq}$ 를 각각 구해야 한다. 계층적 영상  $I_{th}$ 는 원 영상  $I_t$ 를 1/4크기로 축소하고  $I_{iq}$ 는  $I_{th}$ 영상을 1/4로 축소한 것으로 원영상  $I_t$ 의 1/16크기로 축소한 영상이 된다. 이는 프레임 내에서 이동물체의 이동 거리가 클 경우 탐색 시간을 줄이고 추적 효율을 높이기 위해 사용 되었다. 그림 4는 일부 프레임에 대한 계층적 영상을 나타낸 것이다.

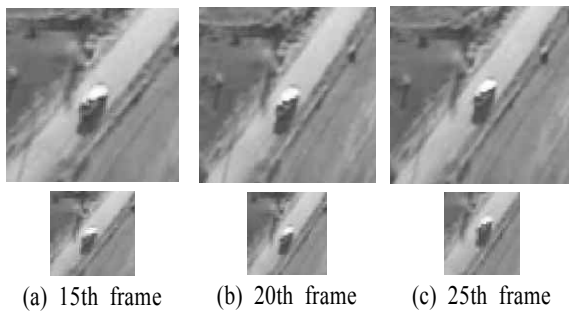
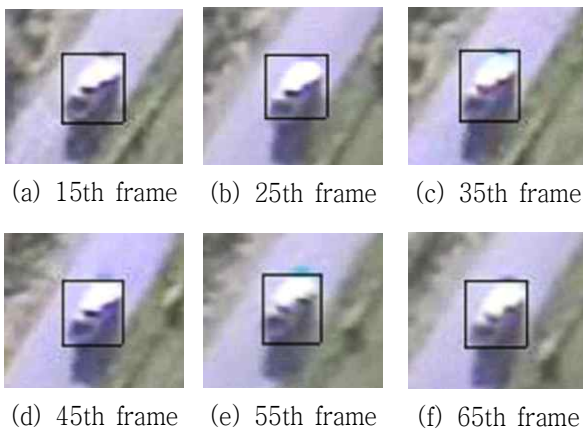


그림 4. 일부 프레임의 축소 영상  
Fig. 4. Shrinking images of some frames.

그림 5에서는 제안한 알고리즘을 이용하여 추적한 결과 영상을 보여준다.



(g) 75th frame (h) 85th frame (i) 95th frame  
그림 5. 추적 결과 영상  
Fig. 5. Tracking result images.

그림 5에서 볼 수 있는 바와 같이 제안한 알고리즘은 이동물체를 움직임 예측과 계층적인 탐색방법을 이용하여 움직이는 물체를 효율적으로 추적할 수 있음을 알 수 있었다. 또한 추적 과정에서 이동물체의 영상이 흐리거나 뚜렷하지 않아도 전체 프레임에서 안정적으로 추적 할 수 있었다. 다음 표 1은 전역 탐색기법과 제안한 기법의 프레임별 속도에서 매 10 프레임에서의 처리 시간을 나타낸 것이다.

표 1. 매 프레임별 처리 시간

Table 1. Processing time at every 10th frame.

(단위 : ms)

frame number \ 기법	15th	25th	35th	45th	55th	65th	평균
전역탐색	128	132	133	140	138	136	134.5
제안기법	113	117	116	125	123	118	118.67

위의 표에서 볼 수 있듯이 전역 탐색 기법은 134.5ms, 제안한 기법은 118.67ms 로 전역탐색 기법에 비해 추적 시간을 13% 감소시켰다. 또한, 실험에서 이동물체 추적을 수행한 결과 이동하는 위치가 큰 경우에도 안정적으로 추적 할 수 있었고, 이동물체의 정확한 위치를 검출하여 추적 시간을 단축 할 수 있었으며, 무인 항공기의 주변상황에 따른 롤링 현상에서도 안정적인 결과를 얻을 수 있었다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 블록 내 상관관계를 이용한 방법인 전역 탐색 기법만으로는 연산량이 많아 실시간으로 이동물체의 추적을 하기엔 어렵다는 단점을 극복하기 위해 움직이는 블록내의 움직임 변화량을 3단계로 나누어 계산하는 계층적 탐색기법과 움직임 예

측을 이용함으로써 실시간에 적합한 참조영상기반 이동물체 검출 및 추적 알고리즘을 제안하였다.

하지만, 잡음의 길이가 길어지거나, 햇빛에 의해 영상이 사라지는 경우, 이동물체의 형태가 여러 방향으로 움직이는 비선형적인 물체에 대해서 불안한 성능을 보이기도 하였다.

추후 연구 과제로는 잡음과 햇빛의 영향에 강건한 알고리즘의 개발이 필요하며, 무인항공기의 패닝이나 카메라 패닝현상에 대한 더욱 더 안정적인 추적 알고리즘에 대한 연구가 필요할 것이다.

감사의 글

이 논문은 2006년도 한국항공대학교 교비지원 연구비에 의하여 지원된 연구의 결과임.

참 고 문 헌

[1] A. Ollero, J. Ferruz, F. Caballero, S. Hurtado and L. Merino, "Motion compensation and object detection for autonomous helicopter visual navigation in the COMETS system," *IEEE International Conference on Robotics and Automation, New Orleans, LA*, pp. 19-24, April 2004.

[2] M. Kontitsis, K.P. Valavanis and N. Tsoveloudis, "A UAV vision system for airborne surveillance," in *IEEE International Conference on Robotics and Automation, New Orleans, LA*, pp. 77-83, April 2004.

[3] S. Todorovic and M. C. Nechyba, "Intelligent missions for MAVs: visual contexts for control, recognition and tracking," *IEEE International Conference on Robotics and Automation, New Orleans, LA*, pp. 1640-1645, April 2004.

[4] G. Medioni, I. Cohen, F. Bremond, S. Hongeng and R. Nevatia, "Event Detection and Analysis from Video Streams," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 23, no. 8, pp. 873-889, August 2001.

[5] J. S. Lim and W. H. Kim, "Multiple Pedestrians

Tracking Using Difference Image and Projection Histogram," *Proc. of the International Conf. on Imaging Science, Systems and Technology (CISST'02)*, vol. 1, pp. 329-334, 2002.

[6] K. Rohr, "Towards Model-based Recognition of Human Movements in Image Sequences," *CVGIP: Image Understanding*, vol. 59, no. 1, pp. 94-115, 1994.

[7] *UAV test Platforms EPP foam wing* <http://www.procerusuav.com/>.

오 훈 걸 (吳勳杰)



2006년 2월 : 한국항공대학교 정보통신공학과(공학사)  
 2006년 2월 ~ 현재 : 한국항공대학교 정보통신공학과 석사과정  
 관심분야 : UAV 영상처리, 컴퓨터 비전, 패턴인식

이 형 진 (李炯陳)



2003년 3월 : 천안대학교 정보통신학부(공학사)  
 2005년 6월 : 천안대학교 정보기술대학원 컴퓨터학과(공학석사)  
 2005년 6월 ~ 현재 : 한국항공대학교 정보통신공학과 박사과정  
 관심분야 : 객체 기반 영상처리, 컴퓨터 비전 및 컴퓨터 그래픽스 응용, 멀티미디어 통신, MPEG-4/7

백 중 환 (白重煥)



1981년 2월 : 한국항공대학교 항공통신공학과(공학사)  
 1987년 7월 : (미)오클라호마주립대학교 전기 및 컴퓨터공학과(공학석사)  
 1991년 7월 : (미)오클라호마주립대학교 전기 및 컴퓨터공학과(공학박사)  
 1992년 3월 ~ 현재 : 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 교수  
 관심분야 : 영상처리, 패턴인식, 영상압축, 멀티미디어