

---

# 프레임간 차를 기반으로 한 작업자의 동작인식

김형균\* · 정기봉\* · 오무송\*

Motion Recognition of Worker Based on Frame Difference

Hyeng-Gyun Kim\* · Ki-Bong Joung\* · Moo-Song Oh\*

---

이 논문은 2000년도 조선대학교 학술연구비를 지원받았음

---

## 요 약

본 연구에서는 작업자의 일정한 동작을 보다 효율적으로 인식할 수 있는 시스템을 제안하고자 한다. 먼저, 작업자의 동작을 촬영한 동영상에서 연속된 프레임간의 차를 기반으로, 고정된 배경과 움직이는 대상을 분리한다. 다음으로, 에지 검출을 이용하여 동작의 중심 위치를 추정하여 연속적으로 움직이는 동작을 인식할 수 있도록 하였다. 본 연구에서 설계한 동작 인식시스템은 기존의 산업현장에서 적용되고 있는 동작인식 시스템의 문제점을 보완하기 위하여 작업자의 동작을 고정된 CCTV 로 촬영한 영상을 인식의 대상으로 취함으로써 동작 정보를 얻기 위한 각종 장비들이 최소화되었다. 또한, 작업자의 신체 부분별 특성을 추출하기 위한 계산 작업에 소요되는 시간을 줄이기 위하여 프레임간의 차연산과 에지검출을 통한 동작인식을 실시하여 인식에 필요한 작업시간을 단축하여, 효율적이면서 비용이 저렴한 동작 인식시스템을 설계하였다.

## ABSTRACT

In this study, we try to suggest a system that recognize worker's regular motion more effectively. First, based on frame difference that separates still background from movable object to video that make a film of worker's motion. The next, with edge detection, estimating the center of motion could recognize continuous motion. By action cognition system that design in this research films worker's action using fixed CCTV to supplement problem of action awareness system that is applied in existent industry spot, various mountings to get action information minimized. Also, shorten session that need in awareness enforcing action awareness through image subtraction and edge detection between frame to reduce time necessary to draw worker's body part special quality, expense designed inexpensive action cognition system as being efficient.

## 키워드

motion recognition, frame difference, image subtraction

## 1. 서론

최근 영상처리 기술의 놀라운 발전으로 여러 분야에서 이러한 기술을 응용하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 산업분야에서도 손동작을 이용한 전자기기와 컴퓨터 제어에 관한 HCI 연구[1], 사람에게 부착한 센서를 통해 전달되는 데이터를 이용해 움직임 인식하여 컴퓨터 애니메이션 등에 활용하는 연구[2] 등이 있다. 또한, 카메라를 통해 입력되는 이미지를 분석하여 동작을 인식하거나 추적하는 시스템을 개발하는 연구[3]와 산업현장에서 제품의 상태를 모니터링하여 불량을 감지하는 연구 등이 진행되고 있다.[4]

이러한 동작 인식에 대한 기존의 연구들은 산업현장에 실제 적용될 때 여러 가지 문제점들이 있다. 첫째, 동작 정보를 얻기 위해 각종 센서를 이용해야 측정 결과를 얻을 수 있다. 둘째, 동작을 인식하기 위해 연속된 프레임에서 작업자의 신체 부분에 대한 특징추출과 같은 많은 계산과정이 필요하다. 셋째, 추출된 특징 벡터에서 작업의 패턴을 인식하는 과정이 매우 어렵다. 넷째, 일정한 동작에 대해서만 인식을 수행하기 때문에, 다양한 작업에 적용하기가 어렵다.

본 연구에서는 이러한 점들을 보완하기 위하여 작업자의 동작을 촬영한 동영상에서 연속된 프레임간의 차를 기반으로 작업자의 일정한 동작을 보다 효율적으로 인식할 수 있는 시스템을 제안하고자 한다. 먼저, 작업자의 동작을 측정된 동영상에서 프레임을 추출하고, 인접한 두 프레임사이의 이미지 차를 사용하여, 고정된 배경과 움직이는 대상을 분리한다. 분리된 차 영상에서 에지 검출을 실시하고 지정된 위치별로 에지의 중간값을 추정하여 작업자의 동작을 분석할 수 있도록 하였다.

## II. 관련 연구

최근 동작 인식 방법과 처리 능력의 발전으로 동작 추적에 관한 관심이 증가하고 있으며, 컴퓨터 비전 분야의 연구방향이 정적인 이미지에서 연속적인 비디오 시퀀스로 옮겨오면서 사람의 움직임과 자세를 인식하는 것과 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한

연구들을 통하여 선수들의 운동동작 분석시스템, 감시 시스템, 내용기반 이미지 저장 및 검색 시스템 등이 실용화되고 있다.

### 1. 사람의 신체구조에 기반한 동작 분석

사람의 신체구조 분석을 통한 연구들은 일반적으로 인체의 각 부분으로 분리하는 과정, 관절 검출 및 확인 과정, 그리고 이미지 시퀀스에서 2차원으로 투영된 것을 3차원 구조로 복원하는 과정 등의 하위 수준의 처리를 필요로 한다. 이러한 처리를 통하여 사람의 움직임은 팔과 다리의 속도와 신체 각 부분의 각속도와 같은 값들로 표현된다. 이러한 연구들은 사전에 만들어진 인체 모형의 사용 여부에 따라 그림 1과 같은 방법들로 구분할 수 있다.[5]

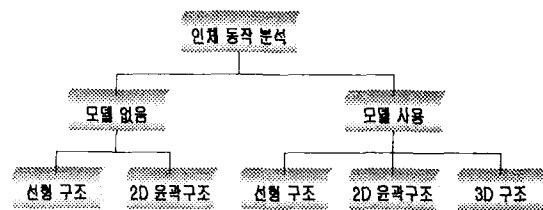


그림 1. 동작 분석의 접근법  
Fig. 1 Approach of motion analysis

모델 사용 여부에 따라 구분된 두 가지 방법은 공통적으로 특징 추출 단계, 특징 대응 단계, 고수준 처리 단계와 같은 분석 단계를 따르며, 차이점은 연속된 프레임 사이의 특징을 대응시키는 과정에서 발생한다. 미리 정의된 인체 모델을 사용하는 경우에는 실제 이미지와 모델사이의 대응이 이루어지면 자동적으로 특징대응이 이루어진다. 반면에 인체 모델을 사용하지 않는 경우에는 위치, 속도, 모양, 질감, 색깔 등과 관련된 특징의 예측 혹은 추정 등을 통하여 연속된 프레임 사이의 특징 대응이 이루어진다.

### 2. 동작 추적에 관한 연구

정해진 구역 내에서 동작을 감시하는 시스템과 같은 경우, 관심 있는 물체의 동작만을 추적하는 것을 요구하는데, 사람의 동작을 신체 각 부분의 움직임으로 표현하기보다는 전체의 움직임으로써 표현할 때 훨씬 효율적이다.

컴퓨터 비전 분야에서 추적이란 위치, 속도, 모양, 질감, 색깔 등과 관련된 특징에 기반하여 연속된 프레임에서 이미지 구조의 대응을 만들어 가는 과정이라 할 수 있다. 특징에 기반한 추적은 보통 특징 추출단계부터 시작하며, 연속된 이미지 프레임에서 특징 매칭 과정이 뒤를 따른다. 연속된 프레임 사이에 특징 대응이 유일하게 이루어지기 위하여 잘 정의된 식을 사용하게 되는데, 이때 특징의 복잡성과 추적 효율성 사이의 trade-off가 발생한다. 점과 같은 하위 수준의 특징은 선이나 다각형과 같은 보다 상위 수준의 특징에 비해 추출 과정은 더 쉽지만 추적 과정이 더 어려워진다. 또한 인체 구조 분석을 수반하지 않는 사람의 동작 추적에 관한 연구는 사용하는 카메라의 수에 따라 분류될 수 있다. 여기서 중요한 차이점은 여러 개의 카메라를 사용할 경우 각 시점으로부터의 매칭에 사용된 특징들은 같은 참조 평면에 투영되어야 한다.[6]

### 3. 동작 인식에 관한 연구

동작 인식에 관해서는 Motion-energy images (MEI)와 Motion-history images(MHI)를 사용하여 연속된 이미지 시퀀스에서의 사람의 동작을 표현하는 방법이 연구되고 있다.[7] 이미지 시퀀스에서 motion image들은 연속된 두 이미지간의 차연산을 통하여 계산된 후 이진화된다. 이렇게 얻어진 Motion image들을 시간에 따라 계속 쌓으면 MEI가 만들어진다. 이렇게 얻어진 MEI에 움직임의 방향에 대한 정보를 부가하기 위하여 각 픽셀에서 움직임의 지속시간에 비례하게 픽셀의 값을 설정함으로써 MHI가 얻어진다. 정해진 개수의 동작들에 대해 다양한 각도에서 촬영하여 얻어진 이미지 시퀀스를 분석하여 MEI와 MHI를 구성한다. 모멘트 기반 특징들이 MEI와 MHI에서 추출되어 인식에 사용되어진다. 이러한 방법은 template matching을 이용한 접근방법으로 분류할 수 있다.[8]

이에 반해 hidden markov model(HMM)과 같은 state-space 모델들은 비교적 오랜 시간동안 관측중인 값을 예측하고 추정하고 감지하는데 폭넓게 사용된다.

### III. 작업자의 동작 인식시스템 설계

본 논문에서 설계한 작업자의 동작 인식시스템의

전반적인 흐름은 다음과 같다.

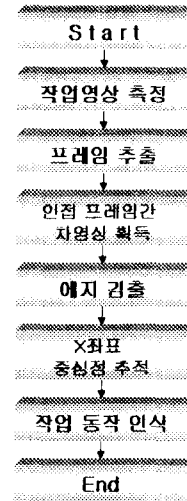


그림 2. 작업자의 동작인식 블록 다이어그램  
Fig. 2 Block diagram for motion recognition of worker

#### 1. 작업 영상 측정

작업자의 위치 정보를 사용하여 동작의 방향을 이해하고 작업 과정을 분리하는 과정은 우선적으로 작업 영상을 효과적으로 측정하는 것이 선행되어야 한다.

본 연구에서는 CCTV를 이용하여 고정된 배경에서 작업자의 동작을 측정했으며, 그 대상으로 삼은 작업은 다음과 같다.

첫째, 기본적으로 작업은 표준화가 되어있어야 한다. 표준화된 작업이란 작업방법과 작업장 배치, 공구 등에 대해서 동작경제성의 원칙에 따라 설계된 작업을 말한다. 그러므로 작업자는 정해진 위치에서 정해진 방법대로 작업을 수행하게 된다.

둘째, 복수의 작업자가 작업하는 경우 복수의 움직임의 그룹이 발생하기 때문에 추정된 센터가 작업자의 위치를 잘 나타내지 못한다. 따라서, 본 연구에서는 한 명의 작업자가 수행하는 작업을 대상으로 하였다.

셋째, 작업자의 위치를 추정하기 위해 인접한 프레임간의 차 이미지를 이용하는데, 차연산 결과로 얻어진 이미지가 작업자의 위치를 잘 나타내기 위해서는 인접한 이미지 사이의 시간 간격이 짧아야 한다.

넷째, 본 연구에서 작업 영상은 한 대의 고정된 카

메라를 통하여 얻어진다. 그렇기 때문에 작업의 범위가 큰 작업에 대해서는 효과적으로 영상을 취득할 수 있다.

다섯째, 작업 과정의 분리에 용이한 프레임을 이용한다. 이것은, 카메라의 위치를 적절하게 선정함으로써 영상을 얻을 수 있다. 또한, 작업자의 움직임의 특징을 잘 파악하여 수평방향으로 분석할지 수직방향으로 분석할지를 선택하는 것이 중요하다.

## 2. 인접 프레임간의 차 영상 추출

고정된 배경 하에서 반복적인 작업의 실행을 측정한다고 하면, 작업자의 동작 중에서 반복되는 작업의 패턴을 인식한 다음 선행동작과 후행동작을 분리하기 위해 기준이 되는 자세나 위치 등을 선정한다. 컨베이어 라인에서 조립작업을 수행하는 작업자의 경우 자신의 옆에 쌓여 있는 부품을 집어 라인을 통해 흘러오는 부품과 조립한다. 이 경우에는 조립될 부품을 집는 순간이나 조립된 부품을 놓는 순간의 동작을 구분하는 기준으로 삼을 수 있다. 이렇게, 사람의 움직임은 각 신체 부분이 아닌 전체로서 파악하게 되면, 동작 표현의 정확도는 감소하지만, 계산과정이 훨씬 빨라지며 전체적인 특성을 쉽게 파악할 수 있다. 이러한 방법을 이용하기 위해서는 작업자의 동작을 측정할 동영상 프레임에서 작업자가 존재하는 영역을 찾아낸 뒤, 이 영역의 무게중심(center of gravity)의 위치를 계산하면 된다.

그림 3은 도서분류 작업을 TIU-100A (칼라 무선 CCTV)를 이용하여 측정하면서, frame grabber를 통하여 초당 1 frame 씩을 추출한 영상이다.

이러한 작업자의 동작을 인식하기 위해서는 우선, 영상에서 작업자의 동작을 분리시켜야 한다. 본 연구에서는 영상처리 분야에서 자주 사용하고 있는 이미지 차연산(image subtraction)을 이용하여 고정된 배경과 움직이는 대상을 분리하였다.

이미지 차연산은 인접한 두 프레임  $f(x,y)$  와  $h(x,y)$  픽셀의 차이 값으로 구하게 되는데, 이때 결과 값이 '0' 이하가 되는 것을 방지하기 위하여 다음 식과 같이 절대값을 사용했다.

$$g(x,y) = | f(x,y) - h(x,y) |$$

여기서 얻어지는 영상  $g$ 는  $f$ 와  $h$ 로부터 서로 대응되는 픽셀의 모든 쌍들 사이의 차를 계산함으로써 얻

어지는데, 이 결과로 고정된 배경은 사라지고 움직이는 대상이 나타나게 된다.[9]

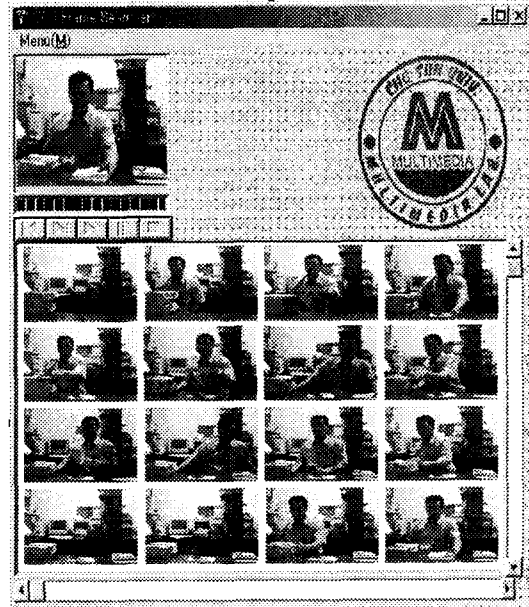


그림 3. 프레임 추출 영상  
Fig. 3 Screen for frame detection

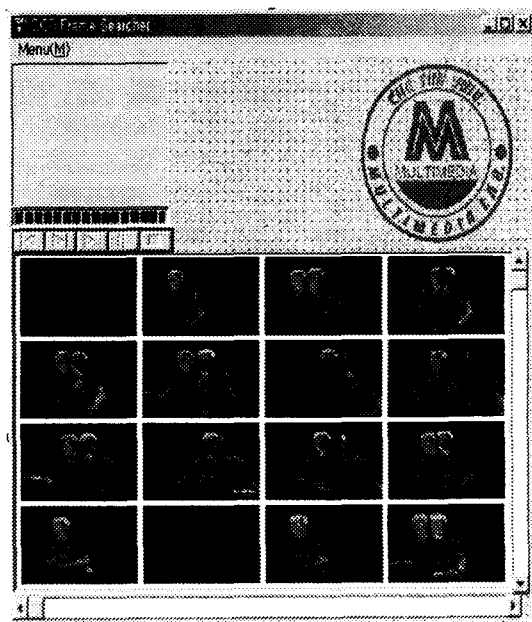


그림 4. 프레임간의 차 영상  
Fig. 4 Image subtraction of frames

그림 4는 그림 3에서 추출된 프레임들간의 이미지 차연산을 수행한 결과를 보여주고 있다. 이미지 차연산을 통하여 인접한 프레임 사이에서 변화가 없는 픽셀은 검게 나타나고 변화가 발생한 픽셀은 비교적 희게 나타남으로써, 고정된 배경은 사라지고 움직이는 이미지 정보를 얻게 되었다.

기존의 동작인식 시스템은 동작 정보를 얻기 위해 각종 센서를 이용해서 측정 결과를 얻을 수 있고, 동작을 인식하기 위해 연속된 프레임에서 작업자의 신체 부분에 대한 특징추출과 같은 많은 계산과정이 필요하다. 또한, 추출된 특징 벡터에서 작업의 패턴을 인식하는 과정이 매우 어렵고, 일정한 동작에 대해서만 인식을 수행하기 때문에 다양한 작업에 적용하기가 어렵다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 보완하기 위하여 작업자의 동작을 고정된 CCTV 로 촬영한 영상을 인식의 대상으로 취함으로써 동작 정보를 얻기 위한 각종 장비를 최소화하였다. 또한, 작업자의 신체 부분별 특성을 추출하기 위한 계산작업에 소요되는 시간을 줄이기 위하여 프레임간의 차연산과 에지검출을 통한 동작인식을 실시하여 인식에 필요한 작업시간을 단축하여, 효율적이면서 비용이 저렴한 동작 인식시스템을 설계하였다.

### 3. 에지 검출을 이용한 동작 인식

본 논문에서는 작업자의 동작 방향에 대한 정보를 얻어내기 위하여 에지(edge) 검출을 이용하였다. 에지란 영상 안에서 영역의 경계를 나타내는 특징으로 픽셀 밝기의 불연속적인 점을 나타낸다. 따라서, 에지는 영상 안에 있는 물체의 윤곽에 대응되며, 위치, 모양, 크기 등에 대한 정보를 알려준다.

1	0	-1
1	0	-1
1	0	-1

-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

(a) 행 검출기  
그림 5. 프리윗 마스크  
Fig. 5 Prewitt mask

(b) 열 검출기

먼저 에지를 검출하여 작업자의 위치를 추정하고

인접 프레임 간의 차 영상에서 작업자의 중심이 이동하는 것을 추정하여 동작을 인식하도록 하였다. 에지 검출 후 수평 방향으로의 작업 동작을 추정하기 위하여 수평·수직 에지에 민감한 프리윗(Prewitt) 마스크 기법을 이용하여 에지를 검출하였다.

그림 6은 프레임간의 차 영상으로부터 에지를 검출한 결과를 보여주고 있다. 차 영상에서 검출된 에지 영상은 프레임 내에 존재하는 작업자의 움직임을 나타내므로 이 에지 영상에 나타나는 픽셀들의 센터를 구하면 작업자의 동작을 인식할 수 있다.



(a) 차 영상 (b) 에지 영상  
그림 6. 차 영상으로부터 에지 검출  
Fig. 6 Edge detection from image subtraction

작업자의 동작을 추정하기 위하여 그림 7과 같이 영상의 y좌표에 7개의 점(p1, p2, p3, ..., p7)을 위치시키고 각 점에서 에지를 구성하는 픽셀의 x좌표 중간값을 구하였다. 이것은 앞서 밝힌 본 연구의 작업 대상이 수평방향 위주로 이동하기 때문이다.

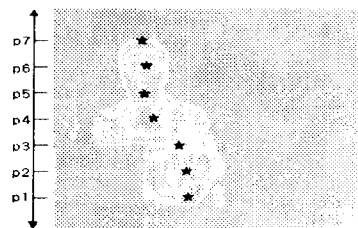


그림 7. X좌표 중심점 추적  
Fig. 7 Center trace of X coordinate

그림 8은 작업자의 움직임을 추적한 그래프이다. X축은 프레임 번호를 나타내고 Y축은 에지 영상에서 X좌표의 픽셀 수를 나타내고 있다. p1, p2, p3, ..., p7 위치에서 작업자의 중심이 이동되는 것을 그래프를 통해 확인할 수 있다. 2번 프레임부터 7번 프레임까지는 Y축 값이 계속 증가되는 것으로 보아 작업자의 움직임이 우측으로 이동하는 것을 확인할 수 있고, 7번에서 8번 프레임 사이에서는 잠깐 좌측으로 이동했다 다시 우측으로 이동하는 것을 확인할 수 있다. 14번 프레임에서는 Y축 값이 '0'이므로 작업자가 CCTV의 범위를 이탈한 것을 확인할 수 있다.

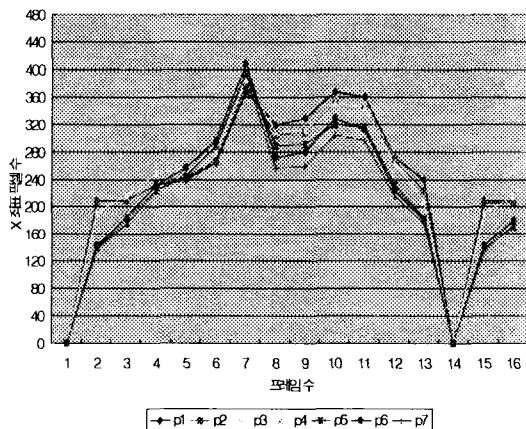


그림 8. 작업자의 동작 추적 그래프  
Fig. 8 Motion trace graph of Worker

#### N. 결론

본 연구에서 설계한 동작 인식시스템은 기존의 산업현장에서 적용되고 있는 동작인식 시스템의 문제점을 보완하기 위하여 작업자의 동작을 고정된 CCTV로 촬영한 영상을 인식의 대상으로 취함으로써 동작 정보를 얻기 위한 각종 장비들이 최소화되었다. 또한, 작업자의 신체 부분별 특성을 추출하기 위한 계산작업에 소요되는 시간을 줄이기 위하여 프레임간의 차연산과 에지검출을 통한 동작인식을 실시하여 인식에 필요한 작업시간을 단축하여, 효율적이면서 비용이 저렴한 동작 인식시스템을 설계하였다.

본 연구는 앞서 기술한 제한된 환경에서의 작업을 대상으로 하였지만 보다 다양한 작업 환경으로의 확장이 필요하다고 생각된다. 이러한 연구들이 계속되어 진다면 영상처리를 이용한 실용적인 동작인식 시스템의 개발이 가능하리라 생각된다.

#### 참고 문헌

- [1] Christopher Lee, Yangsheng Xu. "Online, interactive Learning of Gestures for Human/Robot Interfaces", 1996 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Minneapolis, MN. vol. 4, pp 2982-2987
- [2] 정순기, 설창환, 원광연, "동작포착을 이용한 인체 동작의 생성", 한국컴퓨터그래픽스학회 논문지, 4권 제1호, 1998. 3, pp 21-29
- [3] 양윤모, "영상처리에 위한 수화 인식", KOSF 과제번호 951-0906-085-2, 한국과학재단, 1997. 4
- [4] 홍기상, "슬라브 번호 인식 장치의 개발". 제어/자동화/시스템 공학회지, 제2권, 제6호, 1996. 11
- [5] J. Aggarwal and Q. Cai, "Human Motion Analysis: A Review, Computer Vision and Image Understanding", vol. 73, no. 3, March 1999, pp 428-440
- [6] R.Jain and K.Wakimoto, "Multiple Perspective Interactive Video", in Proc. of Intl. Conf on Multimedia Computing and Systems, 1995, pp201-211
- [7] A. F. Bobick and J. Davis, "Real-Time Recognition of Activity using Temporal Templates", in Proc. of IEEE Computer Society Workshop Applications on Computer Vision, Sarasota, FL, 1996, pp 39-42
- [8] Y. Cui and J. J. Weng, Hand Segmentation using Learning-Based Prediction and Verification for Hand Sign Recognition, in Proc IEEE CS Conf. on CVPR, Puerto Rico, 1997, pp 88-93
- [9] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, "Digital Image Processing", Addison Wesley, 1992

## 저 자 소 개



김형균(Hyeng-Gyun Kim)

1998년 2월 : 조선대학교 산업대학원 전자계산전공(공학석사)

2000년-현재: 조선대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사과정

※관심분야 : 멀티미디어, 영상처리, 영상통신



정기봉(Ki-Bong Joung)

1997년 8월 : 조선대학교 산업대학원 전자계산전공 (공학석사)

1999년-현재: 조선대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사과정

※관심분야 : 멀티미디어, 영상처리, 영상통신



오무송(Moo-Song Oh)

1968년 9월 : 조선대학교 전기공학부 공학석사

2001년 2월 : 전남대학교 전기공학과 공학박사

1988년-현재 : 조선대학교 컴퓨터공학부 교수

1988.3-1990.1 조선대학교 컴퓨터공학과 학과장

1999.1-1999.4 조선대학교 컴퓨터공학부 학부장

1999.4-1999.11 조선대학교 산업대학원장

※관심분야 : 멀티미디어, 영상처리, 영상통신