

푸리에 서술자와 레이저 스트라이프 신호를 사용한 인체의 인식

석현택[†], 곽경섭^{**}

요 약

본 연구에서는 인체에 대한 3차원 입체 정보를 포함하는 레이저 스트라이프 신호를 분석하여 인체를 인식할 수 있는 한 방법을 제안하였다. 레이저 스트라이프 신호를 투사한 영상은 3차원 정보를 가지고 있으며 특히 사람에게 투사된 레이저 스트라이프 신호를 분석하여 사람의 특성을 나타내는 패턴 파형이 있음을 확인하였다. 그리하여 본 연구에서는 이 특징 파형을 푸리에 서술자를 통하여 저장한 후 사람에게 스캔한 스트라이프 신호를 입력 비교하였으며 특정 자세에 대해서 인체를 인식할 수 있음을 확인할 수 있었다. 앞으로 더욱 다양한 자세에 대한 특징 패턴을 분석하여 복잡한 인체의 모습을 인식할 수 있으리라 기대한다.

Recognition of Human Body Using Fourier Descriptors and Laser Stripe Signals

Hyun-Tack Seok[†], Kyung-Sup Kwak^{**}

ABSTRACT

In this paper we propose a method that enables to recognize the laser stripe with 3dimensional information of body. Laser stripe has 3-dimensional information. We found out patterns of stripe have features of body. So we made database of it using Fourier Descriptor method and compared it with another stripe of body to recognize bodies. We could recognize standard style of body efficiently. It is respected that deep research should be studied on the different style of bodies and then the other features of human will be recognized.

Key words: Stripe(스트라이프), Fourier Descriptor(푸리에 서술자), Recognition(인식)

1. 서 론

시각정보를 제공하는 머신비전 시스템은 비전 카메라를 이용하여 3차원 물체를 그래픽으로 형상화하려는 시도[1]와 레이저를 이용하여 3차원 형상을 획득하는 다양한 방법[2] 등으로 연구되고 있다. 이러한 분야는 레이저 스캐너를 이용하는 레이저 비전

분야로 확장되었으며, 근거리의 물체를 스캔하는 데서 원거리의 물체를 스캔하여 정보를 제공하는 다양한 분야에 까지 활용되고 있다. 근거리용으로는 산업 계측용이나 문화재의 디지털 정보 데이터베이스 구축을 위한[3] 3차원 형상 측정기가 많이 개발되어 사용되고 있으며[4], 원거리로는 군사. 정보 분야에서 특정 지역이나 외부의 지형지물 등 환경을 감시하거나[5,6] 해저의 바다 속을 스캔하는 장치[7,8] 등으로 연구 개발 되고 있다.

레이저 스캐너의 원리는 그림 1과 같이 물체에 레이저를 투사하고 비전 카메라를 통해 영상을 얻게 되는데 이때 카메라와 레이저가 물체와 맺는 각도에 의해 물체의 형상에 따라 레이저 파형이 변형되어

※ 교신저자(Corresponding Author) : 석현택, 주소 : 경기도 의정부시 가능3동(480-702), 전화 : 031)828-7183, FAX : 031)828-7188, E-mail : htseok@kyungmin.ac.kr

접수일 : 2004년 4월 17일, 완료일 : 2004년 10월 19일

[†] 정회원, 경민대학 정보통신과

^{**} 정회원, 한국통신학회 부회장

(E-mail : kskwak@inha.ac.kr)

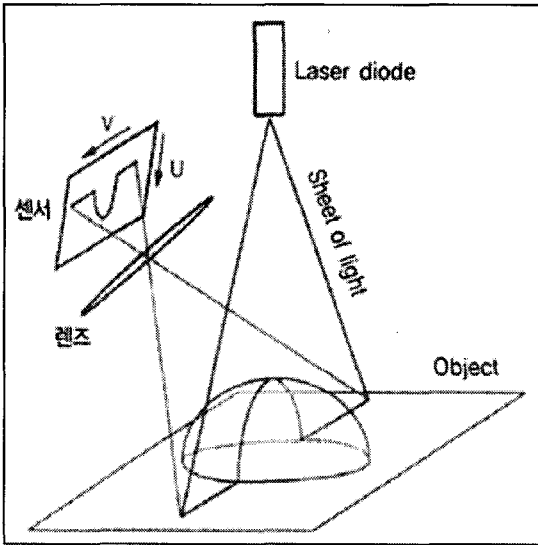


그림 1. 레이저 스캐너의 동작원리

보이게 되는데 이를 스트라이프(stripe)라 하며, 이렇게 변형된 스트라이프 파형은 삼각측정 방식에 따라 3차원적으로 계산되어 질 수 있게 된다. 이러한 레이저 스캐너를 이용하여 물체의 형상을 스캔하기 위해서는 조밀하게 스캔할수록 물체의 3차원 정보를 정확하게 획득할 수 있다.

비전 방식의 기본원리는 양안의 시차 (binocular parallax) 개념을 기반으로 한다. 즉, 스테레오 카메라를 사용하여 두 대의 카메라에 맺히는 상의 위치가 측정 대상의 깊이 정보에 따라 달라지게 되는 데 이렇게 다른 정도를 디스페리티(disparity) 라고 부르며 이 디스페리티 정보로부터 대상 오브젝트의 3차원정보를 추출해 낸다.

또한 최근에는 레이저 스캔 기술과 비전방식을 복합적으로 사용하여 레이저를 통한 거리적 정보와 CCD를 통한 환경의 색상정보를 통해 물체의 영역을 추출해 내며, 추출된 물체의 영역을 다양한 영상처리 메커니즘을 통해 물체를 인식하게 된다.[9]. 그러나 지금까지의 레이저를 이용한 인식 방향은 주로 이동체의 근거리 장애물 인식이나 군사용의 근/원거리 내의 군 장비 인식에 관한 연구[10,11]가 주를 이루고 있으며, 특별히 레이저를 이용한 근거리 인체의 인식(감지)에 대한 연구는 미미한 실정이다.

기존의 일반적인 인체의 인식은 인체 감지센서에 의존하여 인체를 인식해 왔다. 그러나 인체 감지센서는 사람과 동물을 구분하지 못하고 있는 실정으로

유사시 많은 오동작을 유발하고 있어 제한된 곳에서만 사용되고 있다. 이러한 상황에서 레이저를 이용하여 인체를 스캔하고 나타난 스트라이프 파형을 검토하여 특정한 파형을 찾아낸다면, 스캔된 신호 속에서 유사한 파형을 통해 인체를 감지해 낼 수 있으리라 판단된다. 또한 특징을 갖는 파형을 찾는다면 조밀하게 레이저를 스캔하지 않아도 되어 레이저 스캐너를 간단하게 구성할 수 있는 장점도 있다.

본 논문은 이러한 아이디어를 가지고 수개의 스트라이프 신호이지만 그 물체의 특징을 가지고 있는 경우에는 그 신호가 어떤 물체에 대한 신호인지를 가려낼 수 있다고 생각하고 우선 사람의 형상에 대한 스트라이프 신호를 분석하였다. 사람에 대해 스캔한 스트라이프 신호는 다음 그림 2와 같이 나타난다. 그림에서 보면 알 수 있듯이 사람에 대한 스트라이프 신호파형은 나름대로의 특징이 있음을 알 수 있게 된다. 즉, 머리카락, 어깨부분은 하나의 아크나 펄스 파형처럼 나타나게 된다. 이러한 파형이 높이나 길이는 다를 수 있겠지만 하나의 파형을 형성하게 된다. 그리고 몸통 부분 즉 배, 가슴과 팔이 있는 부분도 팔의 작은 파형과 배의 큰 파형의 2개 파형으로 나타난다. 이러한 현상은 항상 그런 것은 아니다. 팔이 배 앞에 있거나 뒷짐을 지고 있는 경우는 팔과 몸이 서로 붙어 있게 되어 하나의 파형으로 나타나기도 한다. 마지막으로, 다리부분은 두개의 파형이 나타나게 된다. 이렇게 정상 자세에서는 사람에 대한 스트라이프 파형은 머리, 목, 어깨 부분을 특징짓는 하나

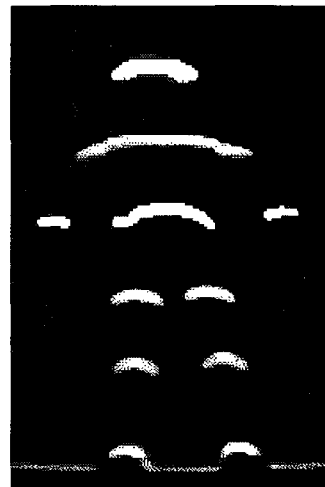


그림 2. 사람을 스캔한 스트라이프 파형

의 파형과 배와 팔을 특징 지우는 큰 파형과 작은 두개의 파형, 그리고 다리를 나타내는 두개의 파형으로 특징 지워지는 그림 3과 같은 3가지의 파형 특징을 갖게 된다. 이러한 기본적인 패턴을 컴퓨터가 인식하게 한다면 사람이 특정한 레이저 스캔 영역에 들어왔을 때 사람을 인식하게 될 수 있을 것이다. 또한 나아가서 다양한 사람의 행동에 대한 특징 패턴을 계속 연구한다면 컴퓨터는 다양한 사람의 행동에 대해서도 인식할 수 있을 것이다. 이렇게 본 연구는 컴퓨터가 사람을 인식(감지)할 수 있는 기본적인 자세부터 연구해 보자는 생각으로 시작하였다.

그림 3에서 제시한 사람을 특징짓는 기본적인 파형을 컴퓨터가 인식할 수 있게 하기 위해서는 컴퓨터에 기본적인 파형과 유사한 다양한 파형을 기억시켜 놓고 새로운 스트라이프 파형이 들어오면 이것을 기억된 파형과 비교하여 가장 유사한 파형으로 결정하게 하였다. 이러한 방식으로는 가장 기본적인 방법으로 입력된 파형과 저장된 파형과 상관도를 계산해 보는 방법이 있으며, 그리고 도형의 푸리에 서술자를 계산하여 비교하는 푸리에 서술자 방법 등이 있다. 푸리에 서술자를 이용하는 방법[12,13]은 필기체 문자를 인식하는데 좋은 방법으로 많은 연구가 되어져 있으며 특히 2차원 도형의 좌표를 1차원처럼 표현할 수 있는 특징이 있어 2차원 도형의 처리시간이 짧은 장점이 있다. 본 연구에서는 이러한 이유로 푸리에 서술자를 이용하였으며, 최소거리 패턴분류 방법과 그 결과를 비교하여 표 1에 나타내었다. 이렇게 파형을 푸리에 서술자 형식으로 유사한 패턴들을 저장한 후 입력된 파형 패턴을 유사도를 통해 비교한 후 3가지 파형과 유사한 파형을 찾는 것으로 하여 입력된 파형들이 3가지의 연속적인 변화를 갖는 경우에 사람으로 인식하도록 하였다. 즉 첫 번째 파형을 갖는

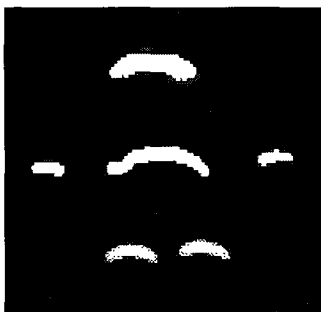


그림 3. 사람을 특징짓는 3개의 파형

표 1. 여러 자세에 대한 인식을 비교(%)

번호	자세	모델	인식률	
			최소거리 패턴분류에 의한 인식	푸리에 서술자를 통한 인식
1	기본자세 (팔,다리를 벌린자세)	abac	76	88
2	팔을 벌린자세	abac	75	87
3	다리를 벌린자세	abc	75	87
4	차려자세	abc	74	86

것을 a라고 하고 두 번째 파형을 갖는 것을 b라고 하고 세 번째 파형을 갖는 경우를 c라고 하였을 때, 사람에게 대해서는 기본적으로 abc의 파형이 나타나서 사람으로 결정할 수 있다. 그리고 사람이 팔을 들게 되면 abac의 파형이 나타나게 된다. 이러한 각각의 파형이 반복적으로 나타나게 되는데 aabc나 abbc, aabbcc 등 각 파형이 복수로 나타나게 된다. 이때에는 반복된 파형을 하나의 파형으로 인식하게 한다면 모두 abc로 인식이 가능하게 되는 것이다. 이러한 방식으로 파형을 인식하도록 하였다. 사용된 스캐너는 자작한 것으로 저속으로 동작하도록 하였으며, 레이저 스캔 시 나타나는 스트라이프 파형은 이미지 그래픽 보드를 통해 입력되었으며, 컴퓨터 처리를 통해 결과를 인식하도록 하였다. 처리결과 안정된 자세로 스캔되었을 경우에 높은 인식률을 나타내었다.

2. 파형 처리

영상에서 레이저 스캔 파형이 잘 나타나도록 하기 위해 야간에 촬영하였으며, 촬영된 영상에서 상대적으로 밝은 레이저 파형을 추출하여 원하는 파형을 추출해 내었다. 추출된 파형에서 돌출된 물체에 대한 스트라이프 파형을 분리해낸다. 이때 분리된 파형번호는 잡음을 포함하고 있어 이를 분리하기 위해 저주파 통과 필터(lowpass filter)를 통해 물체에 대한 신호를 추출해 낸다. 이렇게 처리된 파형에 대한 좌표값들을 추출하고 이를 저장하였다. 저장된 자료를 분석하여 3가지의 기본적인 형상을 갖는 정형화된 64개의 파형패턴 데이터를 푸리에 계수형식으로 데이터 베이스화 하였다. 저장된 데이터 베이스는 입력된

패턴 파형과 비교되어져서 64개중 하나의 파형으로 인식되게 된다. 그림 4에 사람을 스캔하여 처리한 영상을 타나내었다. 그림에서처럼 머리와 몸통, 다리 등에서 앞에서 서술한 특징을 갖는 파형을 확인할 수 있다.

이렇게 입력된 2진 영상을 푸리에 서술자로 표현하기 위해 다음의 변환방식을 사용하였다.

2차원 화면상의 파형을 형성하고 있는 선상의 좌표 $S_n(k)$ 는 다음 식으로 표현가능하며,

$$S_n(k) = \{x_n(k), y_n(k)\} \quad k = 0, 1, 2, \dots, N-1 \quad (1)$$

각 좌표들을 복소수 형태로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$S_n(k) = x_n(k) + jy_n(k) \quad k = 0, 1, 2, \dots, N-1 \quad (2)$$

이에 대한 푸리에 변환은 다음과 같다.

$$F_n(u) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} S_n(k) \exp(-j2\pi uk/N) \quad (3)$$

푸리에 변환된 복소 형태를 절대 값으로 하여 각각의 계수를 구한다.

$$|F_n(u)| = \left| \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} S_n(k) \exp(-j2\pi uk/N) \right| \quad (4)$$

본 논문에서는 푸리에 계수는 64개를 사용하였으며, 입력된 파형을 정규화 하였고 64개의 모델 파형을 갖는 데이터 베이스를 구축하였다.

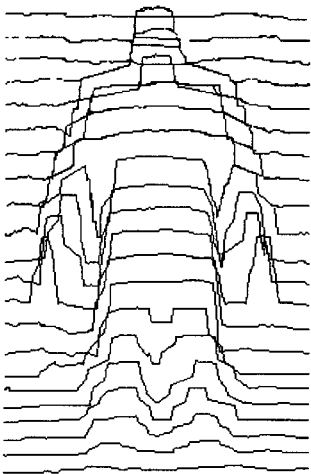


그림 4. 세션화된 스트라이프영상

3. 파형을 인식하기

파형을 인식하기 위해서는 입력으로 들어온 영상을 전처리 과정과 푸리에 서술자를 거쳐 나온 64개의 푸리에 계수들을 미리 만들어 놓은 여러 개의 모델들과 비교하여 가장 유사도가 높은 모델이 나타내는 파형으로 인식하게 된다. 여기서 입력된 파형과 j번째 모델과의 유사도는 다음식과 같이 정의 된다.

$$sim(j) = \frac{N - \sum_{n=1}^N \{F_{input}(n) - F_{model}^{(j)}(n)\}^2}{N} \quad j = 0, 1, 2, \dots, M \quad (5)$$

여기서 $F_{input}(n)$ 은 입력에서 추출한 64개의 푸리에 계수들 중 n번째 푸리에 계수를 뜻하고 $F_{model}^{(j)}(n)$ 은 j번째 푸리에 계수를 뜻한다. 또한 M은 해당 모델의 수를 나타낸다.

입력파형은 다음 식을 만족하는 모델 j가 나타내는 파형으로 인식되게 된다.

$$sim(j) = \max \{ sim(j), j = 0, 1, 2, \dots, M \} \quad (6)$$

이렇게 처리된 파형은 64개의 모델중 하나로 결정되는 데 결정된 모델의 같은 파형이 여러 개 나타나면 하나의 파형으로 인식하되 3개의 파형의 비율 즉 머리, 몸, 다리의 3부분이 일정 비율로 나타나도록 확률을 정하여 이를 넘으면 인식불능으로 처리되도록 하였다. 이렇게 처리된 일련의 파형들은 그림 3처럼 순서를 갖는 파형으로 나타나게 된다.

4. 실험 및 고찰

분류된 스트라이프 파형을 데이터 베이스화 한 후 사람의 기본적인 자세를 스캔하여 입력된 영상을 처리해서 푸리에 서술자 방식으로 나타내고 이를 저장된 기본 파형 모델들과 유사도를 통해 비교하게 하였다. 전체적인 인식 프로그램 흐름도를 그림 5에 간략하게 나타내었다. 사용한 기본적인 자세는 차려 자세와 발을 벌린 자세, 팔을 벌린 자세, 팔과 발을 벌린 자세로 하였으며, 이에 대한 파형 모델은 표 1과 같이 abc, abc, abac, abac로 정의 하고 해당 모델에 번호를 붙여 놓았다. 이때 파형 abc는 앞에서 언급하였듯

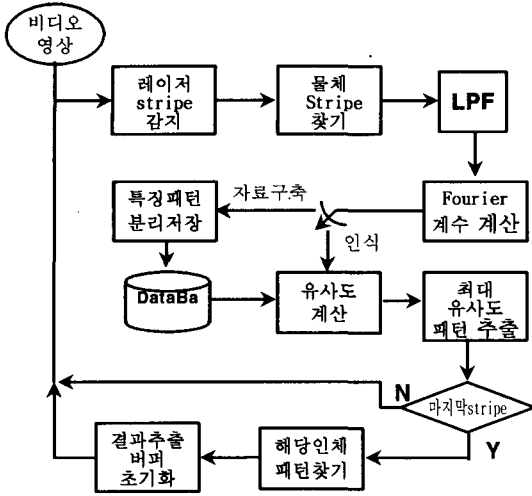


그림 5. 제안한 인식 처리방식의 흐름도

이 파형 a는 파형 하나로 머리나 어깨, 팔이 없는 몸통 부분 등을 특징짓는 파형이며, 파형 b는 팔과 몸통을 특징짓는 3개의 파형이며, 파형 c는 다리 부분을 특징짓는 파형이다. 그림 6은 CCD카메라의 입력화상과 스캔된 스트라이프 파형, 그리고 아래쪽에 인식 처리 프로그램의 처리 및 결과를 나타내는 컴퓨터 화면을 캡처한 사진을 나타내었다. CCD 카메라 화상은 어두운 상태에서의 영상으로 어둡게 나타나는 반면에 레이저가 스캔할 때 선명한 스트라이프 영상을 얻을 수가 있다.

또한 인체의 파형에 대한 각 특징 패턴을 통계적으로 분류하고 최소 거리 패턴 분류 알고리즘을 통해

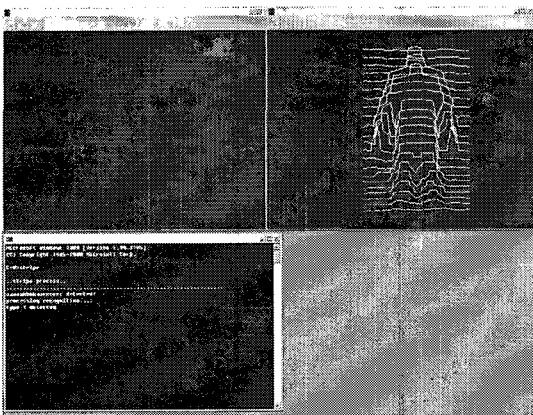


그림 6. CCD 입력영상(좌상)과 처리된 스트라이프 파형(우상) 및 프로그램 처리화면(하)

입력파형을 분류한 후 푸리에 서술자 방식을 통한 인식결과와 비교하였다. 그 결과는 표 1에 나타내었으며, 푸리에 서술자에 의한 방식이 88%의 높은 인식이 가능함을 알 수 있었다. 또한 표 1에서 보듯이 본 실험에서 실시한 팔과 다리를 약간 벌린 기본자세에서는 높은 인식률이 나타났으나, 차려 자세에서는 사람에 대한 특징적 파형이 변형이 되어 인식률이 낮게 나타남을 알 수 있었다.

이는 사람의 모든 행동에 대해서 다양한 특성이 있으며 이에 대한 세부적인 연구가 필요하다고 생각한다.

5. 결 론

레이저 스트라이프 파형이 인체에 대해 3가지의 특징적인 파형이 있음을 나타내고 3가지 파형을 푸리에 서술자 방식에 따라 처리 저장한 후 새로운 인체 스트라이프 파형을 입력하고 저장된 패턴과 유사도를 통해 비교하여 인체파형을 확인하는 방법을 통해 레이저를 이용하여 사람을 인식할 수 있는 방안을 제시하고 그 실험결과를 표 1에 나타내었다. 인식결과는 자작한 레이저 스캐너를 사용하여 88%의 비교적 높은 인식률을 나타낼 수 있었다. 또한 다양한 자세에 대한 폭넓은 실험이 이루어지지 못하였는데 이는 인체의 행동에 따른 자세가 단순한 패턴 파형으로 나타내기가 쉽지 않아서 이다. 따라서 좀 더 정밀한 레이저 스캐너를 이용하여 인체 행동 패턴을 세밀하게 연구하여 다양한 패턴을 찾아야 할 것이다. 또한 인식 메커니즘도 좀 더 효율이 높은 방법을 적용하여 인식률을 높이도록 하여야 할 것이다.

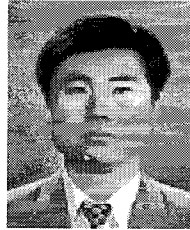
참 고 문 헌

- [1] CaseStudy:Scannaing Michelangelo's Florentine Pieta,SIGGRAPH99, Aug.(1999).
- [2] Brian Curles, ACM Computer Graphics 33(4), 38-41 (1999).
- [3] Vertual Heritage, IEEE Multimedia 7(2), April-June, 2000.
- [4] F.R. Livingstone, L.King, J.-A. Beraldin, M. Rioux, "Development of a Real-time Laser Scanning System for Object Recognition,

Inspection, and Robot Control”, <http://citeseer.ist.psu.edu/109748.html>

- [5] Tommy Chang, Tsai-Hong, Steve Legowik, and Marilyn N.Abrams, “Concealment and bstacle Detection for Autonomous Driving”, Robotics and Applications99 Conference, Santa Barbara, CA, October 28-30, 1999.
- [6] P.Bellutta, R. Manduchi, L. Matthies, K. Owens, A. Rankin, “Terrain Perception for DEMO III”, 2000Intelligent Vehicles Conference, 2000.
- [7] S. Tetlow, G. MacAdam Sproat, J.Morrison, A Horner (2001) Machine vision techniques for laser stripe imaging in turbid water. 5th Underwater Science Symposium. Southampton Oceanography Centre 29/3-1/4.
- [8] S. Tetlow S MacAdam Sproat G Morrison J (2000) Machine vision techniques for underwater laser stripe imaging. IOP Conference Applied Optics and Opto Electronics 17-21 September Loughborough.
- [9] T. Hong, C. Rasmussen, T. Chang, and M. Shneier, “Fusing Ladar and Color Image Information for Mobile Robot Feature Detection and Tracking”, 7th International Conference on Intelligent Autonomous Systems, 2002.
- [10] M. Snorrason, H. Ruda, and A. Caglayan,

“Automatic target recognition in laser radar imagery”, Proc. ICASSP, (Detroit), 1995.



석 현 택

1984년 중앙대학교 전자공학과
학사
1986년 중앙대학교 전자공학과
석사
1996년~인하대학교 전자공학과
박사과정
1999년 3월~경민대학 정보통신

과 재직중
관심분야: 인공지능



광 경 섭

1976년 2월 인하대학교 전기공
학과 졸업(공학사)
1979년 2월 인하대학교 대학원
전기공학과(석사)
1981년 2월 미국 University of
Southern California 대
학원(EE석사)

1988년 2월 미국 University of California, San Diego 대
학원(통신이론 및 시스템 박사)
1988년~1989년 미국 Hughes Network System, 연구원
1989년~1990년 미국 IBM, 연구원
1995년~1999년 IEEE Seoul Section 총무 이사
2000년 3월~2002년 2월 인하대학교 정보통신대학원장
2000년 8월~현재 ITRC 초광역 무선통신 센터장
2002년 1월~현재 한국통신학회 부회장
관심분야: 위성 및 이동통신, 컴퓨터 네트워크 멀티미디어 통신