
록업 테이블을 이용한 물체의 3-D 형상복원

김국세* · 이정기* · 송기범* · 김충원* · 이준*

Real 3-D Shape Restoration using Lookup Table

Kuk-se Kim* · Jeong-Gi Lee* · Gi-beom Song* · Choong-Won Kim* · Joon Lee*

요 약

산업현장에서의 3-D 이미지의 활용은 영화, 애니메이션, 산업 디자인, 의학, 그리고 교육과 공학분야에서 많은 영향을 미치고 있다. 90년대부터 두 개의 영상을 이용하여 영상으로부터 깊이 정보를 추출하기 위한 활발한 연구가 진행되기 시작하면서 3-D 정보 획득에 관한 연구가 진행되었다. 3-D 정보를 획득하는 방법으로, Structured Light 기법은 제어할 수 있는 점, 선, 격자, 원모양의 광원을 대상물체에 투사하며, 대상물체에 형성된 실루엣을 시각센서로 3-D 정보를 추출하는 방식이다. 또 다른 Time of Flight 방식은 초음파를 이용한 방법과 레이저를 이용한 방법이 있으며, 그 외에도 쌍안비전, Shape from Shading, Surface from Texture 그리고 Focusing 등의 원리를 이용한 기법이 있다. 이런 방법들은 여러 어려운 점들이 있어 이를 감안하여 손쉽게 3-D 영상 이미지를 얻는 방법으로 3-D 정보를 얻기 위해 본 논문에서는 삼각측량 시스템을 만들어 록업 테이블을 만든다. 3-D 정보를 가지고 있는 록업 테이블을 통해 시스템 위에 있는 물체의 이미지 좌표와 대칭을 통해 3-D 정보를 획득하여 영상 이미지를 복원하는 방법을 고찰 연구하였다.

ABSTRACT

The 3-D shape use to effect of movie, animation, industrial design, medical treatment service, education, engineering etc... But it's not easy to make 3-D shape from the information of 2-D image.

There are two methods in restoring 3-D video image through 2-D image; First the method of using a laser; Secondly the method of acquiring 3-D image through stereo vision. Instead of doing two methods with many difficulties, I figure out the method of simple 3-D image in this research paper. We present here a simple and efficient method, called direct calibration, which doesn't require any equations at all. The direct calibration procedure builds a lookup table(LUT) linking image and 3-D coordinates by a real 3-D triangulation system. The LUT is built by measuring the image coordinates of a grid of known 3-D points, and recording both image and world coordinates for each point; the depth values of all other visible points are obtained by interpolation.

키워드

3-D, Lookup Table, 형상복원

1. 서 론

산업 현장에서 인간을 대신할 수 있는 기술 개발에 있어서 가장 근본이 되는 기술은 시각 기술이

라 할 수 있다. 90년대부터 두 개의 영상을 이용하여 영상으로부터 깊이 정보를 추출하기 위한 활발한 연구가 진행되기 시작하면서 3-D 정보 획득에 관한 연구가 진행되었다. 물체의 3-D 정보란 임의의 3-D 절대 좌표 상에서 물체의 각 점에 대한 위치 혹은 거리 정보를 말한다¹⁾. 이러한 3-D 정보는 방법론적으로 여러 가지가 있다. 먼저 Structured Light 기법은 제어할 수 있는 점, 선, 격자, 원모양의 광원을 대상물체에 투사하며, 대상물체에 형성된 실루엣을 시각센서로 3-D 정보를 추출하는 방식이다. 또 다른 Time of Flight 방식은 초음파를 이용한 방법과 레이저를 이용한 방법이 있으며, 그 외에도 쌍안비전, Shape from Shading, Surface from Texture 그리고 Focusing 등의 원리를 이용한 기법이 있다. 이런 방법들은 여러 어려운 점들이 있어 이를 감안하여 손쉽게 3-D 영상 이미지를 얻는 방법으로 3-D 정보를 얻기 위해 본 논문에서는 삼각측량 시스템을 만들어 록업 테이블을 만든다. 3-D 정보를 가지고 있는 록업 테이블을 통해 시스템 위에 있는 물체의 이미지 좌표와 대칭을 통해 3-D 정보를 획득하여 영상 이미지를 복원하는 방법을 고찰 연구한다.

II. 3-D 영상 획득을 위한 삼각측량 시스템

1. 3-D 영상 획득을 위한 삼각측량 시스템 구성

본 연구논문에서는 3-D 영상 획득을 위한 록업 테이블 작성을 위해 삼각측량 시스템을 제안한다. 삼각측량 시스템 측면도 구성은 그림 2.1과 같다. 실험대 위로 일정한 높이 δ 를 갖는 몇 개의 사각 홈 블록을 사용한다. 사각 홈 블록 G는 병렬로 나열되어 있다. 스트라이프 제네레이터는 일정 간격으로 자동 이동하게 되어 있으며 사각 홈 블록 위로 수직으로 스트라이프 제네레이터를 설치하여 빔을 물체위로 투영시키고 카메라의 위치는 사각 홈 블록으로부터 일정한 거리 위에 설치한다. 카메라로부터 얻어지는 이미지 크기를 $x_{max} \times y_{max}$ 라 가정한다. 처음으로 물체가 없는 실험대 위를 제네레이터 스프라이터를 수평으로 자동 이동시키면서 이미지가 $y = y_{max} - 1$ 까지 투영시켜 $Z = 0$ 가 되도록 배경과 평행인지 확인한다.

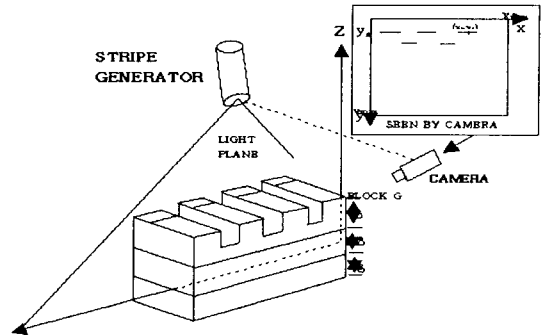


그림 2.1 직접 칼리브레이션을 위한 단순 범위 측정 측면도

2. 삼각측량 시스템을 이용한 직접 칼리브레이션

본 연구 논문에서 제시한 삼각측량 시스템 구성은 그림 2.1과 같다. 크기 x, y 가 150mm이고 홈 깊이와 간격이 5mm이며, δ 의 높이는 10mm이다. 직접 칼리브레이션을 위해 그림 2.2와 같이 칼리브레이션 격자를 만들고 74단계의 칼리브레이션 블록을 구성하여 만들고 디자인하고, 각각의 길이는 150mm로 하고 깊이는 5mm로 한다. Y방향에서 칼리브레이션 점들을 찾기 위해 블록은 74 장면의 평행적인 규칙적 간격을 형성한다. 스트라이프 제네레이터가 더 낮은 단계의 최고의 표면에 잘 떨어질 수 있게, 필요한 오퍼레이터 간섭은 스트라이프 제네레이터의 플랫폼 위에 수직으로 블록을 놓는 것이다. 스트라이프가 74 단계들의 각각 위에 카메라로 관찰할 수 있게, 스트라이프는 2mm정도 자동적으로 y방향으로 이동한다. 각 위치를 위해 스트라이프는 구분들의 선의 연속으로서 나타난다. 그리고 구분들의 센터들의 위치는 서브픽셀을 자동적으로 정확히 찾게되며, 기록된다. 블록들의 크기는 스트라이프 판에 나타나는 모든 점들이 z축으로 1mm y축으로 2mm가 벗어나지 않도록 디자인되었다. 블록의 경사는 감지 장치의 카메라에서 일어나는 칼리브레이션을 허용한다.

74단계에서 측정되는 교정 점들의 결과로서 생기는 격자의 예는 그림 2.3과 같다. 이것은 스트라이프에 의해 블록의 일정 높이 위에서 칼리브레이션의 이미지 위치 점들을 가리키는 x축을 보여주고 있다. y축은 주안점의 이미지 y 위치를 보여준다. 측정된 (x, y) 에 있어서, 우리는 이미지에서 스트라이프 점들을 확인해야 한다. 이 작업을 용이하게 하기 위해, 스트라이프를 이미지에서 두드러지게 하여 레이저의 밝은 빛을 이용하였다. 또한 액

정 프로젝터에서 밝은 한줄기 빛을 만들어 사용할 수도 있으며, 그레이 오브젝트 빛이나 윤이 없는 프로젝트 검정 라인을 사용할 수도 있고, 단지 실질적 어두운 부분에서 밝은 이미지 포인트들이 스트라이프들이다. 양쪽 해결들은 좋은 방법이지만 결점들이 있다. 뒤의 액정 프로젝터를 사용하는 방법은 빛나는 표면들의 오목한 면들이 스트라이프 탐지를 혼란시키는 반사들을 일으킬지도 모른다. 후자의 윤이 없는 프로젝트 검정 라인을 사용하는 방법은 스트라이프 위치는 그림자 마크에 의한 부분과 어두운 부분의 작은 조각들 때문에 혼란을 가져온다. 두 경우들에서, 스트라이프가 카메라에 보이지 않는 곳에 폐색들 때문에 범위 자료는 얻게 될 수 없다. 본 논문에서는 인접하는 2픽셀의 약간의 오차를 허용하면서 물체와 영상의 비교와 눈으로 확인하여 불분명한 좌표 점들을 임의로 지정하였다. 제네레이터 스트라이프에서 기본 센서들을 3-D 라이트 스캐너라 부른다. 여기서 우리는 좋은 질의 테이블을 얻을 수 있었다. 센서 모델의 기본 구조는 그림2.1과 같다.

```

Step1. Put the block G under
       General Stripe.
Step2. Get the stripe image .
       Step2.1. Searching point y.
Step3. Calculate coordinate  $[x_i, y_i]^T$ 
       of Center.
       Step3.1 Record 3-D coordinate
                $[x_i, y_i]^T$  similar Image
               coordinate  $[x_i, y_i]^T$ 
Step5. Iterate Step 2,3 and 4 until images
       of top surface of G approach
       y = 0.
Step6. Return  $X_{max} - 1$  Between X and
       0 and  $Y_{max} - 1$  Between Y and 0.
       Step6.1. T Change Lookup Table
               L of 2-D.
    
```

표2.1 Algorithm of RANGE_CAL

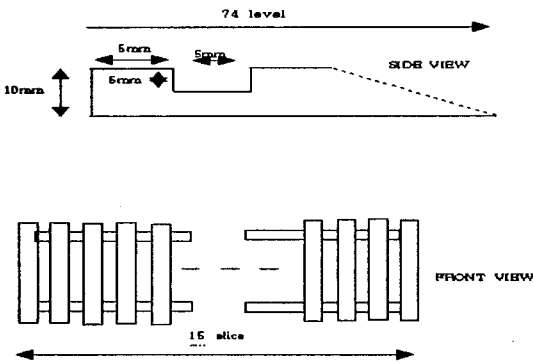


그림2.2 칼리브레이션 블록

완전한 룩업 테이블을 카메라에 얻게 하기 위해 칼리브레이션 격자들은 역변환 되어 삽입된다. 15 개의 점들과 정방형의 선을 사용하고, 각 이미지 픽셀은 칼리브레이션 워크스페이스안에서 3-D 점들에 결합시키게 된다. 직접 칼리브레이션은 간단하고, 자동적이며 빠르다. 이것은 간단한 range 측정 알고리즘을 따르고 표2.1과 같다.

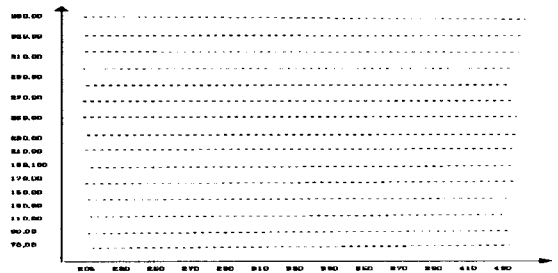


그림2.3 74단계의 직접 칼리브레이션 격자표

III. 삼각측량 시스템을 이용한 물체의 3-D 정보 추출

삼각측량 시스템을 이용해 직접 칼리브레이션을 통해 획득한 룩업테이블을 이용해 획득한 영상 좌표 정보를 일대일 대응시키면서 3-D 형상 복원을 한다. 실 영상 정보 획득은 그림3.1과 같이 삼각측량 시스템에 놓여있는 샘플링 오브젝트를 제거하고 그 자리 위에 오브젝트를 위치시킨다. 오브젝트 위로 스트라이프 제네레이터를 통해 수직으로 물체위로 라이트 플랜을 투영시킨다. 각각의 2mm 간격으로 라이트 플랜의 정보 이미지를 카메라로부터 획득하고 얻어진 정보에 대한 오브젝트의 라이트 플랜의 임의의 $[x, y]^T$ 의 위치 점 정보를 획득한다. 획득한 이미지 정보를 미리 작성된 룩업 테이블에 일대일 대응시켜 3-D 정보를 추출해 형상 복원 한다. 표3.1에서 룩업 테이블을 이용하여 레

인지 프로필을 획득하는 알고리즘 RANGE_ACQ 을 보여준다.

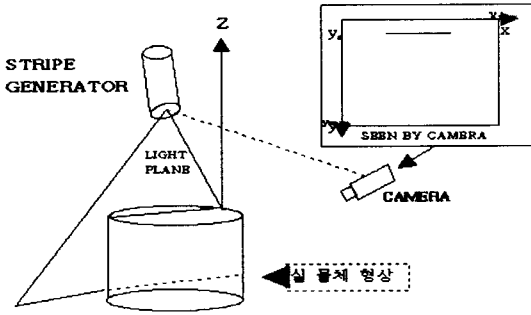


그림 3.1 삼각측량 시스템 위에서 실 물체 영상 정보 획득 측면도

- | |
|--|
| <p>Step1. Stripe G projects the Object to get information of Object.</p> <p>Step2. Calculate coordinate $[x,y]^T$ of Stripe image from each scanning image columns.</p> <p>Step3. Using Lookup Table, Strip coordinate $[X,Z]^T$ Correspond with (x,y).</p> |
|--|

표3.1 Algorithm of RANGE_ACQ

IV. 실험 결과

본 논문에서 제안된 삼각측량 시스템 위에서 10mm의 δ 를 갖고 x, y가 150mm인 샘플링 물체를 통해 록업 테이블을 작성한다. 얻고자 하는 물체의 3-D 정보는 삼각측량 시스템 위에서 물체를 통해 얻어지는 좌표 점들을 미리 작성된 록업 테이블과 대응시키면서 대응되는 좌표 점을 찾아 깊이정보 및 3-D 데이터를 획득한다. 본 논문에서 제안한 형상복원을 위한 실 3차원 삼각측량 시스템을 통하여 록업 테이블을 작성하고 실 영상을 획득하고 획득된 영상으로부터 RANGE_CAL 과 RANGE_ACQ 알고리즘을 이용하여 록업 테이블을 작성하고 대응점을 검출한 뒤 이를 이용하여 깊이 정보를 추출하여 깊이지도 및 3-D 좌표를 구하는 것을 주된 기능으로 볼 수 있다. 실 영상을 얻기 위해 그림4.2에서와 같이 삼각측량 시스템 위에서 라인 스캔을 통해서 에지 검출을 하였다. 그림으로써 얻어지는 에지 검출을 통해서 픽셀 단위로 좌표 점을 자동 검출한 다음 록업테이블에 대응시켜 이를 통하여 3-D 형상복원을 하였다. 따라서 실

험을 록업 테이블에 따른 실 물체의 깊이 정보를 추출하는데 중점을 두었으며 획득된 깊이정보로부터 3차원 형상 복원하는 것은 자체 개발한 영상 인터페이스를 이용하였다. 또한 실험 영상은 간단한 영상과 복잡한 영상들을 실험하였으며, 실질적으로 산업체에 사용될 수 있는 삼각측량 시스템을 개발하고 그에 따른 윈도우용 프로그램인터페이스를 개발, 이용하였다. 본 실험에서는 첫 번째 실 오브젝트에서는 34 장면을 라인스캔을 하여 장면 검출하였으며 검출 시간은 0.5초 정도 소요 시간을 가졌으며, 두 번째 실 오브젝트에서는 라인스캔을 위해서 74 장면을 검출하였으며 소요 시간은 1초 정도였다. 이렇게 획득한 실 영상의 좌표 점을 일정한 거리에서 작성한 샘플링 오브젝트를 이용하여 록업 테이블을 작성하여 샘플링 오브젝트위의 스트라이프 제네레이터를 2mm씩 자동 이동하면서 74번의 직접 칼리브레이션을 통한 록업 테이블에 대응점을 찾아 깊이정보를 추출할 수 있도록 하였다. 실 영상에 대한 좌표 점 검출 과정과 그에 따른 형상 복원은 그림4.3과 그림4.6과 같다.

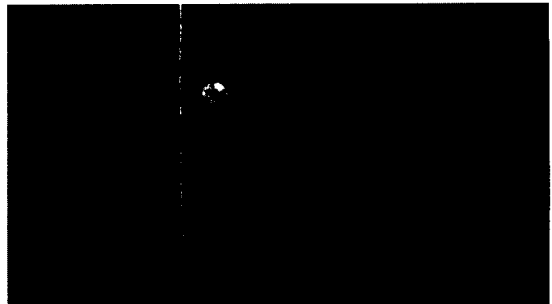


그림4.1 삼각측량 시스템 위에서 첫 번째 타겟 오브젝트

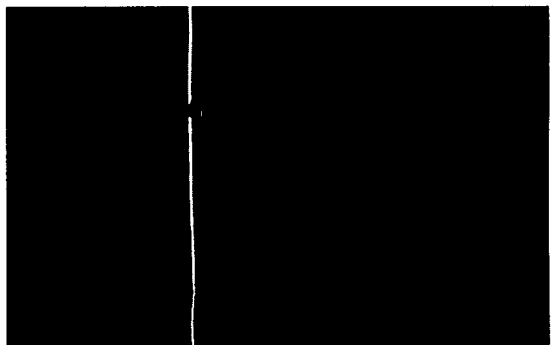


그림4.2 삼각측량 시스템 위에서 좌표 점 검출을 위한 첫 번째 타겟 오브젝트 라인스캔

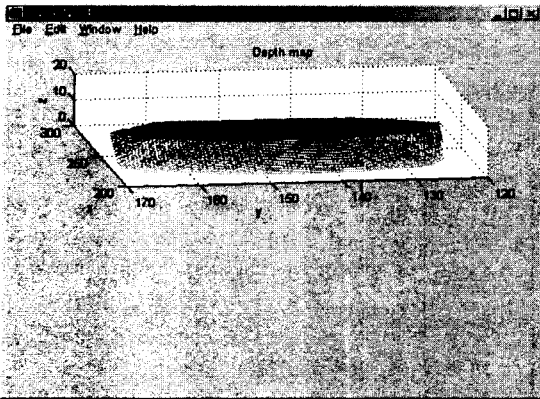


그림4.3 획득된 영상의 대응점 데이터로부터 형상 복원

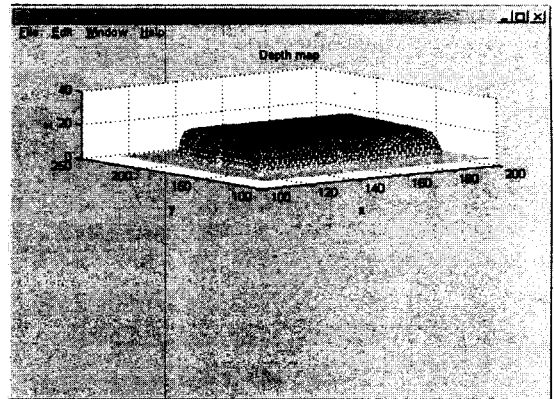


그림4.6 획득된 영상의 대응점 데이터로부터 형상복원

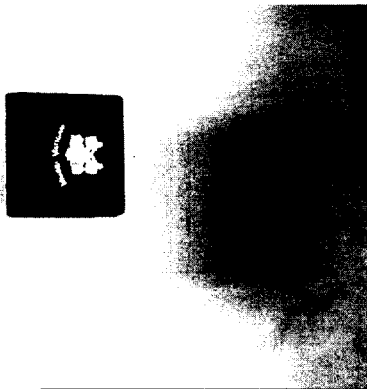


그림4.4 삼각측량 시스템 위에서 두 번째 타겟 오브젝트

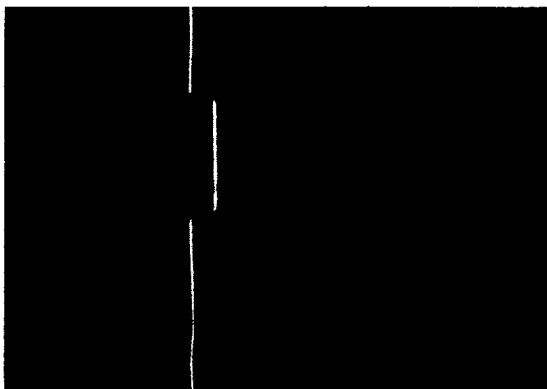


그림4.5 삼각측량 시스템 위에서 좌표점 검출을 위한 두 번째 타겟 오브젝트 라인스캔

V. 결 론

영상으로부터 3-D 정보를 획득하기 위하여 가장 많이 연구되고 실험되는 시스템은 스테레오 카메라 시스템이다. 이러한 카메라시스템을 이용하기 위해서는 카메라의 칼리브레이션이 먼저 수행하는 것이 필수적이다. 하지만 카메라 칼리브레이션을 통한 수많은 수식 사용으로 프로그램상의 복잡성과 계산성에서 많은 시간을 소요하게 된다.

본 연구 논문에서는 록업 테이블 작성을 위한 삼각측량 시스템을 개발하고 한 대의 카메라를 이용하여 직접 칼리브레이션을 하는 3-D형상복원을 위한 삼각측량 시스템 개발을 제안한다. 본 연구 논문에서 제안한 3-D 형상복원을 위한 삼각측량 시스템은 직접 칼리브레이션을 통한 록업 테이블을 작성하기 때문에 복잡한 수식 사용이 없고, 저렴한 가격으로 시스템을 구성할 수 있다는 장점이 있다. 로봇의 활용, 형상복원 및 3-D 정보를 이용한 컴퓨터 비전의 응용에 있어서, 본 연구 논문에서 제안한 시스템에 대한 많은 활용이 있을 것으로 예상된다.

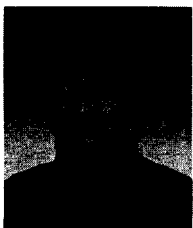
향후 연구 분야로는 좀더 세밀한 록업 테이블을 작성할 수 있는 삼각측량 시스템 개발과 알고리즘 개발, 날씨의 변화나 조명의 변화에도 민감하지 않는 Range 센서의 개발에 대한 연구가 계속되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 박광일 : 스테레오 카메라의 미소 병진운동을 이용한 거리추출 알고리즘에 관한 연구, 한국과학기술원 1994.12
- [2] E. Trucoo and R. B. Fisher, Acquisition of Consistent Range Data Using Direct Calibration, Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, San Diego, (1994), pp. 3410-3415.
- [3] P. J. Besl, Active, Optical Imaging Sensors, Machine Vision and Applications, (1988), Vol. 1, pp 127-152.
- [4] A. Blake, H. R. Lo, D. McCowen and P. Lindsey, Trinocular Active Range Sensing, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, (1993), Vol. 15, pp. 477-483.
- [5] R. P. Feynman, R. B. Leighton, and M. Sands, The Feynman Lectures on Physics, Addison - Wesley, Reading, Mass (1965).
- [6] A. V. Oppenheim, A. S. Willsky and I. T. Young, Signals and Systems, Prentice - Hall International Editions (1983).
- [7] T. Wohlers, 3-D Digitizers, Computer Graphics World, July (1992).
- [8] E. Trucco and R. Fisher : Experiments in Curvature-Based Segmentation of Range Data, to appear in IEEE Trans. Patt. Anal. Mach. Intell., 1993.
- [9] J. Shamma and D. Whitney : A Method for Inverse Robot Calibration, ASME Journ. of DynSyst., Meas., Control(109), March 1987, pp. 36-43.

저자소개

김국세(Kuk-Se Kim)



1999년 조선대학교 컴퓨터공학과(공학사)
 2001년 조선대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학석사)
 2003년~현재 이츠텍 부설 연구소 연구원

※관심분야 : 임베디드 시스템, 실시간 운영체제

이정기(Jeong-Gi Lee)



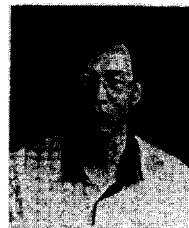
1999년 초당대학교 전자계산학과(이학사)
 2003년 조선대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학석사)
 2003년~현재 조선대학교 대학원 컴퓨터공학과(박사과정)

※관심분야 : 정보보호, 병렬처리, Peer-to-Peer

송기범(Gi-beom Song)

1992년 광주대학교(공학사)
 1994년 한국정보시스템 개발부 통합공과금 수납팀
 1995년 조선대학교 대학원(공학석사)
 2002년 조선대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학박사)
 1998~현재 주식회사 태원 총무부 전산실장
 ※관심분야 : 분산 운영체제, 시스템 보안, 병렬처리, 프로그래밍환경 등

김충원(Choong-Won Kim)



1982년 한양대학교 전자공학과(공학사)
 1984년 한양대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1989년 한양대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1989~현재 조선대학교 전자정보공과대학 컴퓨터공학부 교수
 ※관심분야 : 3차원 모델링, Volume rendering, 3차원 측정

이준(Joon Lee)

1976년 조선대학교 전자공학과(공학사)
 1981년 조선대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1997년 숭실대학교 대학원 전자계산학과(공학박사)
 1982년~현재 조선대학교 전자정보공과대학 컴퓨터공학부 교수
 ※관심분야 : 분산 운영체제, 정보보호, 병렬처리, 프로그래밍환경