

---

# 원형도를 이용한 직물 드레이프성 측정

이 경우\* · 조 성종\* · 주 기세\*

## The Fabric Drape Property Measurement Using A Circularity

KYUNGWOO LEE\* · SUNGJONG JO\* · KISEE JOO\*

### 요 약

본 논문은 컴퓨터 그래픽에서 주요 이슈중 하나인 의류 착장시스템 구현을 위하여 직물의 가장 큰 특성 중의 하나인 드레이프성 측정에 관한 연구이다.

가장 최적의 직물의 드레이프성을 구하기 위해 거리함수를 이용하여 볼록점을 계산한 후 직물의 둘레 및 면적, 볼록점 사이의 최대 최소 점과 평균거리와 같은 정보를 구하였다. 그리고 직물의 드레이프성을 나타내는 척도로 직물의 둘레와 면적을 기준으로 원형도를 구하였다.

실험결과 원형도가 직물의 드레이프성을 나타내는 여러 특성치 중 가장 좋은 결과를 보였다. 측정된 직물의 드레이프성은 의류 착장시스템 개발에 기여할 것이다.

### ABSTRACT

This article is concerned with cloth wearing system issues arising in the computer graphics. In particular, we study the issues of fabric drape properties for representing cloth wearing system.

The convex points based on distance function are calculated to represent useful fabric drape properties. The information such as perimeter area, max and min point among convex point, the average distance between convex points are extracted. A strategy of a circularity based on the perimeter and area is considered for fabric drape property measurement.

By experimental result, the circularity is most powerful factor to represent the drape property among the several characteristics. The measured drape properties will contribute to cloth wearing system development.

### 키워드

computer graphic, cloth wearing system, fabric drape properties, convex points, circularity

## 1. 서 론

최근들어 컴퓨터 처리속도가 고속화되고 메모리가 고용량화 되면서 컴퓨터 그래픽에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 지금까지 의류 및 직물 분야에서의 연구는 주로 직물의 불량여부를 판정하기 위한 직물결점 검출시스템에 대한 연구가 활발히 진행되었다. 하지만 최근에는 컴퓨터 그래픽

을 응용한 의류 착장시스템에 대한 연구에 관심이 집중되고 있다. 특히 인터넷의 발달로 웹 상에서 자신이 원하는 옷을 모델이나 자신의 체형에 직접 착장시키는 시스템 개발이 연구진행 되고 있다. 위와 같은 의류 착장시스템 개발을 위해서는 직물의 물성 측정이 필수적이다. 직물의 물성 측정에는 크게 신축성과 드레이프성으로 구분된다. 신축성이란 의류 착장 시 천의 신축정도를 나타내는

---

\* 목포해양대학교

접수일자 : 2003. 9. 25

척도로서 신축성이 강한 것일수록 몸에 달라붙는 느낌이 들도록 그래픽적으로 표현해야한다. 드레이프성이란 착장 시에 천의 흘러내림 정도를 나타내는 것으로서 드레이프성이 강할수록 착장 시에 축 처진 느낌을 주도록 그래픽적으로 표현해주어야 한다.

지금까지는 천의 각종 품질 검사 및 평가를 위하여 수작업을 주로 사용하였다. 수작업에 의존함으로써 검사시간 과다, 검사자의 숙련도에 따른 검사 결과의 상이, 인건비 상승에 따른 제조원가 상승 등과 같은 문제점이 대두되었다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 섬유산업에서도 천의 각종 품질 평가를 위하여 인간의 시각 기능을 대신하기 위한 화상분석 방법이 많이 연구되고 있다. 대체적으로 면의 잡물평가, 부직포 균제도 평가, 카펫 텍스처 평가, 실에서의 혼합 불균제 연구, 직물 구김평가, 염색구김평가, 염색품위 평가, 직물구조 분석, 직물결합검출 등에 응용되어지고 있으며 이와 관련된 연구도 활발하게 이루어지고 있다.

직물의 품질을 평가하는 기준을 마련하기 위하여 화상처리, 화상분석 기술을 이용한 직물결점검출시스템이 구축되었다[1]. 또한 직물 구성 인자들을 신속 정확하게 측정하고 직물의 품질을 객관적으로 평가할 수 있는 시스템이 개발되었다[2]. 직물의 텍스처 분석을 위하여 부직포의 화상을 측정 후 2차원 평면 구조에서 측정 가능한 면적, 길이, 방향성분 등의 인자를 분리하고 이러한 인자들에 따른 기공면적과 기공을 형성하는 다각형의 형상, 선분 벡터 등을 측정하는 연구도 수행되었다[3][4]. 그리고 직물결점을 찾고 분류하는 연구[5]와 파동 함수를 이용한 위사 미입에 관한 화상분석 연구를 하였다[6].

직물의 드레이프성은 유연하고 부드러운 성질과 흘러내리는 정도를 나타내는 것이며 일반적으로 직물의 소재가 얇고 부드러우며 광택이 있는 경우 드레이프성이 강하다. 이러한 직물의 드레이프성 성질을 측정하기 위해서 직물의 흘러내리는 정도를 측정하는 장치를 새로 구성하였다. 하지만 이 장치로부터 얻은 직물영상은 같은 종류의 직물에 대해서도 실험할 때마다 흘러내리는 정도가 조금씩 다른 특성을 나타내기 때문에 실험에 상관없

이 같은 종류의 직물에 대해서는 일관적인 특성치 추출이 필요하다.

세계최초로 국내의 D&M Tech.에서는 획득된 영상으로부터 추출된 직물의 외곽선을 파동함수로 표현하는 방법을 사용하였다. 그러나 이 방법은 동일 직물에 대해서도 실험할 때마다 파동함수가 변하는 문제점을 지니고 있다. 또한 파동함수 추출시간 및 정합과정에 많은 시간이 소요될 뿐만 아니라 비용이 과다한 문제점을 안고 있다.

본 논문에서는 위와 같은 단점을 극복하기 위해서 획득된 직물의 외곽선 정보를 이용하여 크게 둘레와 면적을 기반으로 하는 원형도(circularity)와 곡률(curvature)을 비교 분석하여 직물의 드레이프성을 측정하는 방법 및 드레이프성 기준을 제시하였다.

## II. 측정 장치의 구성 및 영상처리

### 2.1 측정장치의 구성

직물의 드레이프성은 착장시 직물이 흘러내리는 정도이므로 이 성질을 측정하기 위해서 직물을 올려놓을 수 있는 고정대를 이용하였다. 그림 1은 드레이프성 측정 장치와 고정대를 나타낸다. 고정대 및 직물의 모양과 크기가 드레이프성에 영향을 미친다. 따라서 먼저 고정대 및 실험 직물의 형상은 별형, 사각형, 삼각형, 타원형, 원형 중에서 여러 번의 실험 후에 흘러 내림을 정확하고 일관되게 표현할 수 있는 원형으로 하였다. 본 연구에서는 실험 직물을 올려놓을 고정대의 직경은 20mm - 100mm까지 10mm 간격으로 만들어 실험한 후에 가장 최적인 50mm로 하였다. 그리고 직물의 직경 또한 50mm - 250mm까지 50mm간격으로 만들어 실험한 후 150mm로 결정하였다. 그리고 이 장치에서 카메라는 지면에 수직으로 설치하였고 광원은 카메라와 같은 방향에 설치하면 직물 자체가 가려서 볼 수 없는 영역이 존재하므로 카메라와 반대쪽에 환(circle)형으로 설치하여 그림자를 획득하여 영상을 분석하였다.

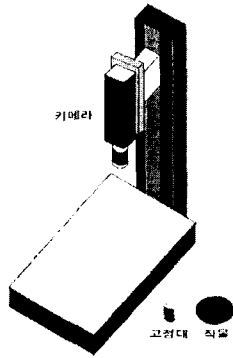


그림 1. 드레이프성 측정 장치  
Fig. 1 The measurement device of drape property

2.2 영상 전처리 및 분할

영상 전처리란 획득된 영상으로부터 임의의 잡음 및 가우시안 에러를 제거하는 작업으로서 비선형 함수가 이용되기도 한다[7]. 또한 획득된 영상을 분할하기 위한 방법으로는 최근에 에너지 함수 개념인 순위 집합(level set)을 이용한 에지 검출방법이 많이 연구되고 있다 [8] [9][10][11][12].

본 논문에서는 획득된 영상의 노이즈를 제거하기 위하여 편미분 방정식을 이용하였다. 일반적으로  $u_0$ 는 노이즈가 포함되어 관측된 이미지이고  $u$ 는 원래 영상이라면 노이즈 제거함수는 식 (1)과 같이 두 영상간의 차를 최소화시키는 함수로 표현 가능하다.

$$MinF_p(u) = \int_{\Omega} |\nabla u|^p dx + \lambda \|u_0 - u\| \quad (1)$$

여기서  $\lambda \geq 0$ ,  $p$ : 임의의 계수,  
 $\Omega$ : 지정된 영역

만약  $p=1$ 이라고 가정하면 식 (1)은 일반적으로 Euler-Lagrange방정식이라 불리는 미분방정식 형태인 식 (2)로 변환 가능하다.

식 (2)에 변수  $t$ 를 사용하여 식 (3)과 같은 형태로 변환 가능하다.

$$p \nabla \cdot \left( \frac{\nabla u}{|\nabla u|} \right) - 2\lambda(u - u_0) = 0 \quad (2)$$

$$u_t = \nabla \cdot \left( \frac{\nabla u}{|\nabla u|} \right) + \beta(u_0 - u) \quad (3)$$

식 (3)의 해는 식 (4)에 의해서 얻어진다. 식 (4)에서  $\nabla t$ 는 시간 간격크기,  $(D_{x1}, D_{x2})^T$ 는 기울기에 대한 중앙 차 연산자(central difference operator for gradient)를 나타낸다.

$$\begin{aligned} (1 + \frac{\nabla t}{2} A_1^{n-1})u^* &= \\ (1 - \frac{\nabla t}{2} A_1^{n-1} - \nabla t A_2^{n-1})u^{n-1} + \nabla t \beta u_0 & \\ (1 + \frac{\nabla t}{2} A_2^{n-1})u^n = u^* + \frac{\nabla t}{2} A_2^{n-1}u^{n-1} & \end{aligned} \quad (4)$$

$$A_l^{n-1}u^n = -D_{xl} \left( \frac{D_{xl} u^n}{|\nabla h^x u^{n-1}|} \right) + \frac{\beta}{2} u^n \quad l=1,2$$

영상 전처리 후에 물체의 외곽선을 추출하는 윤곽추출 방법으로는 소벨 연산자를 이용해서 배경과 물체를 분리하였다[13][14]. 그림 2는 원 영상과 이미지 분할 후의 외곽선 추출 영상을 나타낸다.



(a) 전처리후의 영상 (b) 외곽선 추출 영상

그림 2. 영상 전처리 및 외곽선 추출결과  
Fig. 2 The image preprocessing and contour line extraction

2.3 영상 분석

전처리 및 이미지 분할된 직물 영상으로부터 드레이프성을 추출하기 위해서 직물의 둘레 길이 및 면적, 직물의 중심에서 외곽선까지 거리를 파라미터로한 오목점 및 볼록점 계산, 곡률 반경, 원형인 직물 샘플의 고정대에 윤리기 전후의 변형 정도를 나타내는 원형도 등을 측정하였다. 직물을

실험장치의 고정대 위에 올려놓았을 때 직물의 드레이프성 정도에 따라 흘러내림의 정도가 다르므로 곡률도 달라지게 된다. 직물의 곡률을 측정하기 위하여 직물의 중심점에서 반 시계 방향으로 회전각에 따른 1차원 거리함수  $r(s)$ 를 구한 후 식 (5)를 이용하여 곡률( $k(s)$ )을 구하였다. 또한 드레이프성이 많은 직물일수록 고정대 위에 올려질 경우 흘러내림이 심하여 오목점 수가 많아지기 때문에 화면상에서의 각 점을

$(u_i, v_i)$ 라 할 때 세 점을 적용하여 다음 식 (6)을 이용하여 오목 점을 판별하였다. 아울러 볼록 점들 중에서 최소 값 및 최대 값을 구하였다.

$$k(s) = \nabla \cdot (\nabla r(s)) \tag{5}$$

$$D = \begin{pmatrix} u_{i-1} & v_{i-1} & 1 \\ u_i & v_i & 1 \\ u_{i+1} & v_{i+1} & 1 \end{pmatrix} = (u_i - u_{i-1})(v_{i+1} - v_{i-1}) - (u_{i+1} - u_{i-1})(v_i - v_{i-1}) \tag{6}$$

여기서

$D > 0$  이면 볼록점

$D = 0$  이면 같은 직선 또는 평행

$D < 0$  이면 오목점

마지막으로 드레이프성을 나타내는 척도로써 직물의 둘레길과 면적을 기준으로 식(7)의 원형도 구하였다. 원형도는 직물이 원에 근접한 정도를 나타내는 수치로 드레이프성이 강하면 원형도가 1에 가깝게되고 원형도가 0에 가까울수록 드레이프성이 약하다.

$$\text{원형도}(e) = \frac{4\pi \cdot \text{직물면적}}{(\text{직물둘레})^2} \tag{7}$$

### III. 실험 결과

본 논문은 직물의 드레이프성을 측정하기 위하여 직물을 고정대에 올려놓고 흘러내린 정도를 카메라로 영상을 획득하여 영상분석 하였다. 의류착장 시스템에서 의류의 정확한 표현을 위해서는 경위사 밀도, 두께, 드레이프성, 신축성, 무게, 3원색(red, blue, green)등 많은 정보가 요구되지만 처리시간이 오래 걸리는 문제점을 안고 있다. 그 래픽 구현 시 주 요소가 3원색, 신축성, 드레이프성이 중요하고 신축성, 드레이프성을 구현하는데 한계가 있어 상, 중, 하 세 종류를 고려하였다.

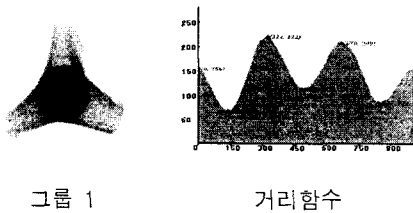
표 1. 직물의 드레이프성 특성치들  
Table. 1 The data of fabric drape property

직물 종류	원형도 (e)	둘레	면적	볼록점들을 이용한 정보						
				최대점	최소점	(최대-최소)	볼록점간 최대길이	볼록점간 평균거리	볼록 점수	
1	실험1	0.53	1178.06	59387	224.64	69.08	155.56	241.75	202.84	3
	실험2	0.54	1178.06	60130	224.29	68.43	155.86	229.26	195.26	3
	실험3	0.60	1221.76	72171	227.30	68.24	159.06	223.64	193.12	3
	실험4	0.59	1221.64	70142	229.94	58.83	171.11	219.73	177.36	3
2	실험1	0.44	1180.25	49049	186.36	68.41	117.95	173.91	151.75	4
	실험2	0.45	1165.66	48564	174.81	79.62	95.18	174.30	148.79	4
	실험3	0.42	1206.51	48991	179.25	82.66	96.59	156.08	115.29	5
	실험4	0.45	1294.83	60273	200.86	80.60	120.26	158.36	131.68	5
3	실험1	0.79	1274.45	102487	232.00	126.25	105.76	252.64	178.32	3
	실험2	0.78	1256.15	97798	233.56	133.30	100.25	229.03	130.29	3
	실험3	0.77	1241.58	94164	227.04	101.24	125.80	271.47	167.65	3
	실험4	0.79	1234.47	95254	225.36	119.10	106.27	239.94	167.47	3

트레이프싱 측정을 위하여 동일한 직물을 실험할 때는 트레이프싱이 같아야 하지만 고정대 위에 올려진 직물의 위치에 따라 흘러내리는 정도가 매번 다르게 나타나므로 동일한 직물에 대하여 4그룹으로 나누어 10번씩 실험하였다.

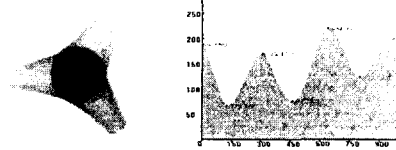
또한 트레이프싱의 습도로부터의 영향을 실험하기 위하여 6시간 간격으로 나누어 4그룹으로 실험하였다. 그림 3, 4, 5는 3종류의 직물을 직물별로 4그룹으로 나누어 실험하여 획득영상과 평균거리함수를 나타낸다. 표 1은 3종류의 직물별로 4그룹으로 나누어 실험한 데이터를 나타낸다. 동일 직물별 시간에 따른 4그룹 데이터는 습도에는 영향을 안 받고 주로 고정대 위에 올릴 때의 위치에 영향을 많이 받아 모습이 조금씩 변형되게 보였다.

표 1에서 보면 알 수 있듯이 둘레길이, 면적, 블록점들 정보를 이용한 최대값 및 최소값, 평균거리, 최대거리, 블록점 수 등은 각각의 직물마다 차이가 크지 않아 트레이프싱을 결정하기가 어렵다. 뿐만 아니라 직물간 차별화는 있지만 동일한 직물에 대한 4군의 실험데이터의 값도 변화가 심해서 이들 요소로는 직물의 트레이프싱을 결정할 수가 없다. 그러나 원형도는 일관성 있는 값을 나타냈으며 3종류의 직물에 대해서도 차별화가 가능하였다. 3가지 직물 중 트레이프싱이 가장 큰 직물 2는 원형도의 평균이 0.44이고 트레이프싱이 가장 약한 직물 3은 0.78정도의 원형도가 측정되었다.



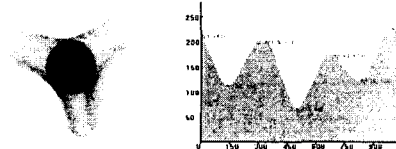
그룹 1

거리함수



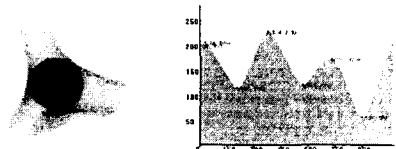
그룹 2

거리함수



그룹 3

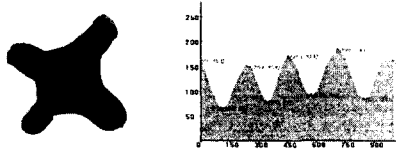
거리함수



그룹 4

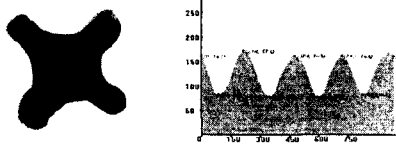
거리함수

그림 3. 직물 1의 이미지 및 거리함수들  
Fig. 3 The images and the distance function (fabric 1)



그룹 1

거리 함수



그룹 2

거리 함수

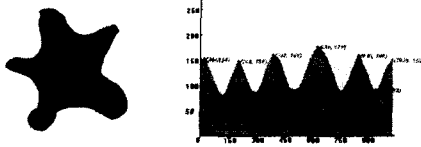


그림 3 거리 함수

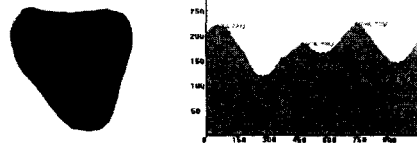


그림 4 거리 함수

그림 5. 직물 1의 이미지 및 거리함수들  
Fig. 5 The images and the distance function (fabric 3)

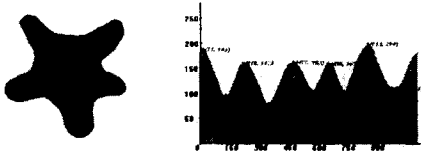


그림 4 거리 함수

그림 4. 직물 2의 이미지 및 거리함수들  
Fig. 4 The images and the distance function (fabric 2)

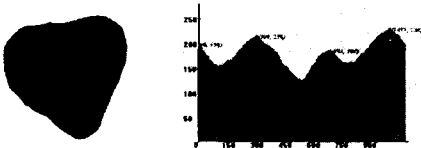


그림 1 거리 함수

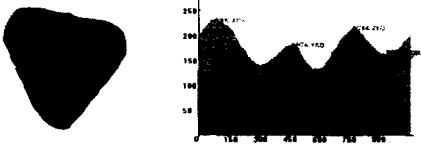


그림 2 거리 함수

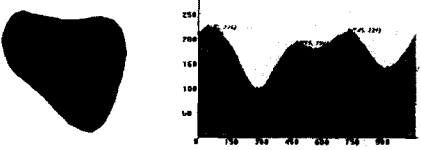


그림 3 거리 함수

#### IV. 결론

본 논문은 직물의 드레이프성을 측정하기 위해서 화상분석을 통해 드레이프성 특성을 가장 잘 나타낼 수 있는 요소를 결정하고 요소들의 특징을 파악하는 방법을 제시하는데 있다. 드레이프성 특성을 결정하는 요소로는 직물의 원형도, 둘레, 면적, 곡률 특성, 파동함수 등으로 하였다. 이 요소를 화상분석 결과 직물의 둘레, 면적, 곡률 특성, 파동함수는 직물마다 차이가 크지 않고 불규칙하여 드레이프성의 기준으로서는 적당하지 않았다. 그러나 직물의 원형도는 직물마다 확실하게 차이가 났으며 동일 직물에 대해서도 비슷한 원형도를 나타냈다. 실험결과 원형도가 '1'에 가까울수록 드레이프성이 약했으며 '0'에 가까울수록 드레이프성이 강하게 나타났다. 국내의 D&M Tech.에서 개발한 파동함수를 이용한 방법보다는 처리시간 및 일관성면에서 훨씬 만족스러운 결과를 얻었으며, 더군다나 아주 저렴하고 간단한 시스템 구축이 가능한 장점을 지니고 있다. 향후에는 본 연구에서 개발한 결과를 이용하고 컴퓨터 그래픽을 응용하여 드레이프성 및 신축성 파라미터들을 기반으로한 착장 시스템을 개발할 예정이다.

#### 참고 문헌

[1] Sung Hoon Jeong, Hyung Taek Choi, and Cheol Jae Hong, "Detecting Fabric Defects Using Image Processing", Journal of the Korean Fiber Society, Vol. 27, No. 1, 2000.

[2] Soo Hyun Choi, Tae Jin Kang, and Sung Min Kim, "Automatic Structure Analysis and Objective Evaluation of Woven Fabric Using Image Analysis", Journal of the Korean Fiber Society, Vol. 36, No. 12, 1999.

[3] Soon Ok Hyun, Eui Hwa Kim, Min Kyun Kim, and Dae Hoon Lee, "A Structural Analysis and Characteristic Prediction of Nonwoven Fabrics Using Image Analysis Technique", Journal of the Korean Fiber Society, Vol. 36, No. 12, 1999.

[4] 이부형, 한현수, "하나의 2차원 영상에서 표면의 signature를 이용한 다면체의 표현 및 인식 알고리즘", 대한전자공학회 논문지-S, 제 34권, 제2호, pp. 63-70, 1997.

[5] Y. F. Zang and R. R. Bresee, Text. Res. J., 65, 1. 1995.

[6] W. J. Jasper and H. Potlapalli, Text, Res. J., 65, 683, 1995.

[7] L. Alvarez, P.Lions, and M.Morel, "Image selective smoothing and edge detection by nonlinear diffusion, II", SIAM J. Numer. Anal., 29(1992), pp. 845-866

[8] G. Aubert and P. Kornprobst, "Mathematical Problems in Image Processing", No. 147 in Applied Mathematics Sciences, Springer- Verlag, New York, 2002

[9] A. Marquina and S. Osher, "Explicit Algorithms for a new time dependent model based on level set motion for nonlinear deblurring and noise removal", SIAM J. Sci. Comput., 22(2000), pp387-405.

[10] T.F.Chan and L.A. Vese, "Image segmentation using level sets and the piecewise constant Mumford-Shah model", Technical report, UCLA Dept. of Math., CAM 00-14, 2000

[11] S. Osher and R. Fedkiw, "Level set methods: An overview and some recent results", J. Comput. Phys., 169(2):463-502, May 2001

[12] D. Peng, B. Merriman, S. Osher, H.K. Zhao, and M. Kang, "A PDE\_based fast local level set method", J.Comput. Phys., 155(2):410 - 438, 1999

[13] J. C. Russ, "The Image Processing Handbook", 2nd Ed., CRC Press, Fla., 1995

[14] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, "Digital

Image Processing", Addison -Wesley Publishing Company, Mass., 1993.

## 저자 소개

### 주기세(Kisee Joo)

1988년 2월 한양대학교 공과대학 산업공학과 (공학사)  
 1992년 5월 Texas A&M Univ. (공학석사)  
 1996년 2월 고려대학교 공과대학 산업공학과 (공학박사)  
 1996년 3월 ~ 1997년 2월 대불대학교 기계·산업시스템 공학부 전임강사  
 1997년 3월 ~ 현재 목포해양대학교 해상운송시스템공학부 교수  
 ※ 관심분야 : 3차원 영상처리, 이동로봇, 데이터 베이스

### 이경우(Kyungwoo Lee)

1980년 2월 전남대학교 공과대학 기계공학과 (공학사)  
 1982년 2월 ~ 1983년 12월 현대자동차기술연구소 연구원  
 1998년 8월 목포대학교 공과대학 산업기술공학과 (공학석사)  
 2000년 2월 ~ 현재 목포해양대학교 해상운송시스템학과 박사과정  
 1984년 3월 ~ 현재 고등학교 교사  
 ※ 관심분야 : 관심분야 : 3차원 영상 처리, CAD & CAM, 데이터베이스

### 조성종(Sungjong Jo)

1989년 2월 광주대학교 무역학과 석사  
 2002년 8월~현재 목포해양대학교 해상운송시스템학과 박사과정  
 (주)남성특은 대표이사  
 ※ 관심분야 : 물류 시스템, 데이터 베이스