Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol.21, No.4, pp.131-140, December 2002

Scanner를 이용한 머리 부위 간접 측정에서 측정모의 영향

Effect of Cap Types on Head Dimensions in the Indirect Measurement using Scanner

기도형*, 이종선**,이정근**

ABSTRACT

Anthropometric data are possibly one of the most important basic data required for designing varying products, especially consumer products. These data have been gathered in many countries through direct measurements up to now. However, they were confined to about 100 representative dimensions, which are not enough to apply to real design situations of specific products. To overcome this, in some advanced countries, the indirect measurement methods using scanners have been recently adopted and used for measuring relatively more dimensions than the traditional direct measurement. When scanning the head of various body parts, appropriate caps are needed for obtaining exact shape and measured data. In this study, the effect of cap types on head part dimensions was investigated through a series of experiments, and some problems related to the scanners are also discussed. The results showed that for the subjects with normal hair styles, there are no meaningful differences of four representative head dimensions frequently used irrespective of whether or not caps were worn, or cap types including loose cap with ordinal contractibility and tight cap with high contractibility. However, for the subjects with permanent wave styles, there are significant differences for the four measured dimensions according to whether or not the subjects wear caps. Therefore, it is recommended that this problem should be solved for exactly measuring head parts before adopting any head scanners.

* 계명대학교 산업공학과
주소: 704-701 대구시 달서구 신당동 1000번지
전화: 053-580-5319
E-mail: dhkee@kmu.ac.kr
** 공군사관학교 산업공학과

1. 서 론

국제적으로 시장 경쟁이 심화되면서 제품 디자인에 대한 중요성이 매우 높아지고 있다. 우리나라의 생산 기술 수준은 세계적 수준에 이르고 있으나, 디자인은 우리나라와 경쟁 관계에 있는 홍콩, 대만 등에도 뒤지는 것으로 알려져 있다 (권영국, 1996). 외형 디자인에 치중하여 왔던 디자인 분야도 소비자의 편이성, 효율성, 사용성을 강조하는 인간 중심의 디자인을 중시하고 있다. 이를 위해서는 인간의 특성을 다루는 인간공학이 필수적으로 요구되고, 특히 인체 측정 치수 자료는 제품 디자인에 있어 가장 기본적 자료가 된다.

미국, 유럽, 일본 등 선진국에서는 수십년 전부터 제품의 경쟁력 강화를 위하여 인체 측정 사업을 시행하여 오고 있으며, 우리나라도 1979년에 처음으로 인체 측정 조사를 실시한 이후 1997년까지 4차례 조사를 실시한 바 있다. 이 조사에서는 2차원 정적 치수 중 여러 산업 분야에서 공통적으로 사용되는 대표적 항목만을 선정하여 다루었으며, 미국 조사에서는 41-132개 항목을, 일본에서는 64-178개의 항목을, 우리나라에서는 80-120 여개의 항목을 측정·제시하였다 (대한표준협회, 2002). 그러나, 이 정도의 항목으로는 다양한 산업 분야에서의 제품 디자인에 부응하기 어려운 실정이어서, 개별 업종 혹은 기업 단위로 필요한 인체 부위를 측정하여 사용하고 있다.

이를 극복하기 위한 하나의 방편으로 3차원 형상 뿐만 아니라 직접 계측보다 다양한 인체 측정 항목의 계측이 가능한 3차원 인체 측정이 선진국에서 실행되고 있다. 미국에서는 산·학·관이 연계되어 CAESAR (Civilian American European Surface Anthropometry Resource) project가 Cyberware사의 WB-4 Whole Body Scanner를 이용하여 미국인 4,000명, 이탈리아 및 네덜란드인 3,400명을 대상으로 시행된 바 있다. 일본에서는 세계 최초로 1992-1994년에 3차원 계측기를 이용하여 직접 계측과 3차원 인체 형상 계측을 동시에 실시한 바 있다 (대한표준협회, 2002).

본 연구에서는 인체 부위 중 다른 부위에 비하여 형상이 조금 복잡하고 산업이나 인류학에서 활용도가 높아 다른 부위와 달리 다루어지고 있는 머리 부분의 간접 측정 시, 측정모(cap)를 착용함에 따른 측정 자료의 차이를 제시하고 이의 개선 방향을 제시하고자 한다. 이와 더불어 현재 상용화되어 있는 head scanner에 대한 간단한 비교, scanner에 관련된 문제점 등을 언급하여 머리 부분의 간접 측정 시 참조할 수 있도록 하였다.

2. 직 · 간접 측정 및 head scanner

2.1 직접 및 간접 측정

미국이나 우리나라에서 시행된 몇 차례의 인체 측정 조사에서 다른 인체 부위에 비하여 머리 부분의 측정 항목의 수가 적었다고 할

수 있다. 대표적 인체 측정 조사에서 계측된 머리 부위 측정 항목의 수는 표 1에 정리되어 있으며, 표에서 보는 바와 같이 한국표준과학연구원, 정화식(2000), 윤훈용 등(2000)의 조사에 비하여 윤훈용과 정석길(2002), Webb Associates(1978)의 측정 항목이 다양함을 알 수 있다. 그러나, 이러한 연구에서 제시한 측정 항목들도 머리 부위에 사용되는 제품 디자인에 요구되는 항목에 비하여서는 적은 것으로 조사되었다. 예를 들어, 안경 디자인에 필요한 항목은 눈동자 중심에서 귀바퀴 사이 거리, 눈동자 중심간 거리, 코뿌리점에서의 코 높이, 눈동자 중심과 귀바퀴 사이 경사각도, 코의 경사각 등 10여 개 이상이 되는 것으로 안경 생산업체(S안경(주), E안경(주))의 조사 결과 나타났다. 그러나, 윤훈용과 정석길(2002)의 연구에서는 눈초리 사이 너비, 머리 너비와 눈구석 사이 너비의 3 항목만 제시되어 있으며, Webb Associates(1978)에서는 눈구석 사이 너비, 눈초리 사이 너비, 코뿌리점에서의 코 너비 등 3 항목이 제시되어 있다. 방독면 제조 업체(S물산(주))에서도 방독면 디자인을 위하여 머리 부위의 51개 항목을 요구하고 있으나, 실제 측정되어 제시되는 항목은 이에 미치지 못하였다.

이는 직접 측정 시 다양한 산업의 수요를 제대로 파악하지 않은 원인도 있겠으나, 한 명의 피측정자의 측정에 소요되는 시간 등의 현실적 이유로 많은 항목을 포함하지 못하였기 때문으로 추정된다. 또한, 직접 측정 방법으로는 눈동자 중심간 거리, 머리마루점 입술 가운데점 사이 길이 등은 살아있는 피측정자의 측정 기준점에 측정 도구를 정확히 놓기 어려운 이유 등으로 측정하기가 어렵다. 따라서, 이러한 문제점을 극복하기 위해서는 짧은 시간 내에 많은 인체 측정 항목을 측정할 수 있으며 측정 시 피측정자와의 간섭이 적은 간접 측정, 즉 scanner를 이용한 3차원 머리 부위 측정이 요구된다고 하겠다(표 1).

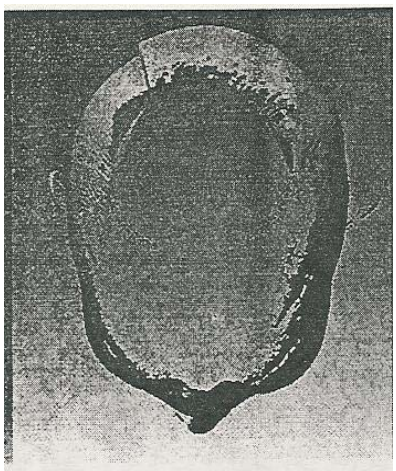
2.2 Head scanner

머리 부위의 자료는 whole body scanner를 통하여 얻을 수 있으나, 머리 부위의 다양한 용도나 형태의 복잡성 등으로 인하여 머리 부위 전용 scanner가 개발되어 사용되고 있다. 우리나라에서는 whole body scanner는 개발되어 있으나 머리 부위 scanner는 없는 실정이며, 미국, 일본, 독일 등에서 머리 부위 전용 scanner를 개발하여 선보이고 있다. scan 방식으로는 laser, camera 방식 등이 사용되고 있으며, scan에 소요되는 시간은 0.93-27초 정도인 것으로 알려져 있다 (한국

표 1. 머리 부위의 직접 측정 항목 수(정화식(2000)은 귀 부분만 측정하였음)

	한국표준과학연구원 (1992)	한국표준과학연구원 (1997)	윤훈용과 정석길 (2002)	정화식 (2000)	윤훈용 등 (2000)	Webb Associates (1978)
항목 수	12	13	36	4	1	60

표준협회, 2002). 현재 국내외에서 상용화되어 사용되고 있는 WB-4 whole body scanner (Cyberware사, 미국), PS3030 (Cyberware사, 미국), NEC-HS (NEC사, 일본), IWL-H-001 (I-Ware사, 일본) 등의 4 가지 scanner를 간단히 비교하여 보면 다음과 같다 (그림 1).



(a) PS3030으로 scan된 형상

(b) IWL-H-001로 scan된 형상

그림 1. Scan된 머리의 형상

Scan된 형상 살펴보면 Cyberware사의 2개의 scanner, WB-4와 PS3030에서는 머리 마루점 부위가 missing되는 단점이 나타났으며 (그림 1.(a)), 일본의 NEC와 I-Ware사의 scanner에서는 머리 마루점은 제대로 나타나나 눈, 귀, 코, 입 등의 형상을 제대로 구분할 수 없는 문제가 있는 것으로 나타났다 (그림 1.(b)). 다음으로 scanner로 간접 측정된 항목과 직접 측정 항목간의 측정값의 차이는 NEC-HS가 가장 작은 것으로 나타났으며 (약 3mm), NEC-HS와 PS3030 (약 6mm)은 직접측정치보다 조금 크게, WB-4(약 5mm)는 조금 작게 나타나는 경향을 보였다 (한국표준협회, 2002). IWL-H-001은 길이 항목은 직접 측정치보다 작게(약 3mm), 두께/너비 항목은 크게 scan하는 경향을 보였다 (약 5mm). 여기서, WB-4, PS3030, NEC-HS 등의 3 종류의 scanner에서는 26항목을, IWL-H-001에서는 19개의 항목을 비교하였다.

3. 측정모의 영향

3.1 측정모의 필요성

머리 부위의 3차원 scan 시 최적의 자료를 얻기 위해서는 두발을 정돈하는 측정모가 필요하다. 측정모를 착용하지 않고 자연 상태로 scan한 경우는 scan 전에 측정 항목의 기준점을 부착하기 어려우며, scan 후에 귀 등 신체 일부분이 두발에 가려질 수 있어 일부 항목의 측정이 어렵다 (그림 2). 또한, 개개

인의 두발 형상이 다양하여 scan 시 missing되는 부분이 많이 발생할 수 있다.

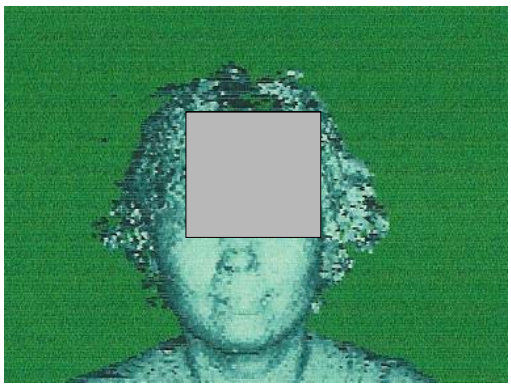


그림 2. 측정모를 착용하지 않은 상태에서 scan된 형상

이를 해결하기 위하여 Scan WorX (Techmath사, 독일)에서는 두발이 긴 경우에 머리를 묶은 후 수영모를 착용하여 키와 목 둘레 측정에 방해가 되지 않도록 하고 있다. 일본의 연구 사례에서는 후두형으로 개발하였으나, Scan WorX에서와 같이 두발로 인하여 머리가 커지거나 목 부위까지 두발이 영향을 미쳐 측정 오차가 발생할 우려가 있다. CAESAR project에서는 키와 머리 둘레 측정에 방해되지 않는 구간에 두발을 모아 wig cap으로 감싼 다음, 상투처럼 묶어 scan한 후 이 부분을 잘라내도록 하였다 (대한표준협회, 2002). 이 경우는 scan 후 튀어나온 부분을 자르는 추가 작업이 필요하며 정확하게 잘라 내지 못하여 왜곡된 형상이나 측정 오차를 유발할 수 있다.

3.2 방법

본 연구에서는 측정모의 착용과 미착용의 차이, 측정모 종류간의 차이를 알아보고자, 머리 부위 측정 실험을 수행하였다. 측정모로는 시중에 판매되고 있는 혼용 재질(나일론 80%, 폴리우레탄 20% 혼용)과 고무 재질로 되어 있는 2 종류의 수영모를 사용하였다. 시중에 시판되고 있는 수영모의 크기는 어린이용과 성인용으로 구분되어 있으나, 본 연구에서는 피측정자가 모두 성인이므로, 성인용 수영모를 선택하였다. 수영모 제작사간의 신축성에 차이가 있는 지를 보기 위하여 혼용 재질 4 개사, 고무 재질 1 개사(S사)를 선정하여, 정상 시(착용하지 않은 상태의 수영모)의 크기(직경)와 최대 팽창 시의 크기를 비교하였다 (표 2). 표에서 보는 바와 같이 정상 시의 크기는 혼용 재질은 거의 같고, 고무 재질과는 약 5cm 정도의 차이를 보였다. 최대 팽창 시는 혼용 재질 재질의 경우 1 개사(H사)를 제외하고는 거의 같았으며, 고무 재질의 경우 정상 시의 크기는 혼용 재질에 비하여 작았지만 최대 팽창 시는 약 4cm 정도 직경

표 2. 제작사별 수영모의 크기

	O사	H사	T사	M사	S사
정상	23.8cm	23.8cm	23.5cm	23.5cm	18.5cm
최대 팽창	34.2cm	30.5cm	34.5cm	34.0cm	38.2cm

이 커 수축력이 혼용 재질에 비하여 좋음을 보이고 있다. 본 연구에서는 이 중 혼용 재질의 보통의 수축력을 가진 1 개사(M사)와 수축력이 좋은 고무 재질의 1 개사(S사) 수영모를 실험에 사용하였다.

측정모 착용 시와 미착용 시, 측정모 종류에 따른 영향을 알아보기 위하여, 본 연구에서는 머리 부위의 여러 측정 항목 중 현재까지의 인체 측정 조사에서 가장 많이 측정되었으며, 측정모에 의하여 영향을 크게 받을 것으로 추정되는 4 가지 항목을 선정하였다. 선정된 4 항목은 머리 길이, 머리 너비, 머리 둘레, 귀구슬사이 머리마루점 길이 등이며, 이들의 정의 및 측정 방법은 KS A 7003 및 KS A 7004를 따랐다.

측정모의 영향의 크기는 두발의 형태에 따라 달라질 것이므로, 보통의 두발 형태(퍼머가 아닌 두발)와 퍼머 두발 형태로 나누어 측정 실험을 실시하였다. 남성의 두발 형태는 여성에 비하여 단순하여 측정모의 영향이 여성에 비하여 상대적으로 적을 것으로 판단되어, 실험에는 여성만 참여하였다.

표 3. 혼용 재질 측정모 착용 시와 미착용 시의 측정치 및 pairwise t-test 결과
(*: significant at α=0.01)

측정 항목	상태	관측 수	평균(cm)	표준편차	p-value
머리 길이	미착용	14	23.3	0.75	0.002*
	착 용	14	22.8	0.82	
머리 둘레	미착용	14	54.7	1.40	0.000*
	착 용	14	53.9	1.57	
머리 너비	미착용	14	15.7	0.60	0.307
	착 용	14	15.6	0.39	
귀구슬사이 머리마루점 길이	미착용	14	36.3	1.53	0.000*
	착 용	14	35.4	1.33	

표 4. 고무 재질 측정모 착용 시와 미착용 시의 측정치 및 pairwise t-test 결과
(*: significant at α=0.05; **: significant at α=0.01)

측정 항목	상태	관측 수	평균(cm)	표준편차	p-value
머리 길이	미착용	28	23.9	0.85	0.000**
	착 용	28	22.5	0.91	
머리 둘레	미착용	28	55.5	1.68	0.000**
	착 용	28	54.6	1.62	
머리 너비	미착용	28	15.7	0.52	0.021*
	착 용	28	15.5	0.39	
귀구슬사이 머리마루점 길이	미착용	28	36.4	1.67	0.000**
	착 용	28	35.9	1.39	

3.3 측정 결과

3.3.1 보통의 두발

보통의 두발 상태에서는 혼용 재질 측정모 착용 시와 미착용 시, 고무 재질 측정모 착용 시와 미착용 시, 그리고 혼용 재질 측정모 착용 시와 고무 재질 측정모 착용 시 등의 3 차례의 측정 실험을 수행하였다. 실험에는 20대 초반의 여자 대학생이 참여하였으며, 측정모 미착용 시의 측정을 먼저 하고, 착용 시의 측정을 후에 하였다. 혼용 재질 측정모 착용 시와 미착용 시의 측정 실험에는 14명의 대학생이 참여하였으며, 이에 대한 통계 자료는 다음 표 3에 정리되어 있다. 표에서 보는 바와 같이 머리 너비를 제외한 머리 길이, 머리 둘레, 귀구슬사이 머리마루점 길이는 pairwise t-test에서 유의수준 1%에서 유의한 차이를 보였다. 그러나, 통계적으로는 유의한 차이를 보였으나 실제 차이는 1.0cm 이내여서 차이가 크다고 하기는 어려울 것으로 판단된다.

고무 재질의 수축력이 좋은 측정모 착용 시와 미착용 시의 측정 결과는 다음 표 4에 제시되어 있다. 본 실험에는 28명의 20대 초반 대학생이 참여하였다. 4 항목 모두에서 유의수준 1% 혹은 5%에서 유의한 차이를 보이고 있으나, 여기에서도 그 절대적 차이는 약 0.2-0.9cm 정도로 나타나 실제적 의미의 차이는 미미하다고 할 수 있다.

다음에는 측정모의 종류간, 즉 혼용 재질 측정모와 고무 재질 측정모간의 측정값의 차이를 비교하였다 (표 5). 본 측정 실험에는 14명의 20대 초반 대학생이 참여하였으며, 측정은 혼용 재질 측정모, 고무 재질 측정모의 순서로 이루어졌다. 표에서 보는 바와 같이 4항목 모두 측정모 종류간에는 차이가 없음을 보이고 있다.

3.3.2 퍼머 상태

퍼머 상태의 두발 상태에서는 앞선 실험에서 측정모의 종류간에는 측정치가 유의한 차이를 보이지 않았으므로, 이를 제외하고 혼용 재질 측정모 착용 시와 미착용 시의 비교 실험만 수행하였다. 본 실험에는 20명의 20대

표 5. 혼용 재질, 고무 재질 측정모 착용 시의 측정치 및 pairwise t-test 결과

측정 항목	상태	관측 수	평균(cm)	표준편차	p-value
머리 길이	고무	14	23.1	0.73	0.151
	혼용 재질	14	23.3	0.75	
머리 둘레	고무	14	54.8	1.52	0.363
	혼용 재질	14	54.7	1.40	
머리 너비	고무	14	15.6	0.57	0.127
	혼용 재질	14	15.7	0.59	
귀구슬사이 머리마 루점 길이	고무	14	36.1	1.53	0.091
	혼용 재질	14	36.3	1.53	

초반 여자 대학생이 참여하였으며, 측정은 측정모 미착용 상태에서 먼저 수행하고, 다음으로 착용 상태에서 측정을 하였다. 측정 결과는 표 6에 정리되어 있으며, 표에서 보는 바와 같이 머리 길이를 제외한 머리 둘레, 머리 너비, 귀구슬사이 머리마루점 길이 항목에서는 유의수준 1% 혹은 5%에서 유의한 차이를 보였다. 또한 그 절대적 차이도 머리 너비에서는 약 1.8cm, 머리 둘레에서는 약 1.9cm, 귀구슬사이 머리마루점 길이에서는 약 2.1cm 정도의 차이를 보여 작지 않음을 보이고 있다.

4. 토의 및 결론

본 연구에서는 머리 부위의 측정을 위한 scanner를 이용한 간접 측정 방식을 살펴보았다. 인체 scanner는 직접 측정치와 오차, 고가의 장비, 이동의 제한성 등의 단점을 가지고 있기도 하지만, 직접 측정에 비하여 많은 항목에 대한 측정이 가능하며 실제 제품 디자인에 활용성이 높은 3차원 형상 자료를 얻을 수 있다는 장점이 있어, 향후 이의 사용이 증대될 것으로 기대된다. 이에 대비하기 위하여 본 연구에서는 머리 부위의 간접 측정을 위한 여러 선결 과제 중 측정 정확도를 좌우할 수 있는 측정모의 영향을 조사하였다. 3장에서 살펴본 바와 같이 남성과 여성 중에서도 퍼머가 아닌 두발 상태를 가진 피측정자를 대상으로 한 머리 부위 scanning은, 시중에서 구할 수 있는 보통의 수영모를 착용하여도 큰 문제가 없는 것으로 나타났다. 그러나, 퍼머 상태의 두발에서 시중에서 판매되는 보통의 수영모를 착용할 경우 직접 측정치와 약 2.0cm 전후의 차이를 보여, 이에 대한 대책이 필요하다 하겠다. 미국이나 일본의 연구나 사례에서 본 바와 같이 측정모로 인한 영향을 완전히 배제하는 것이 쉽지 않음을 알 수 있다.

하나의 대안으로 수축성이 있는 수영모 대신 미국의 CAESAR project에서 사용한 것과 같은 수축성이 약한 느슨한 측정모를 주문·제작하여 사용하는 것도 고려하여 볼 만한 것으로 판단된다. 즉, 전체적으로도 지금보

표 6. 혼용 재질 측정모 착용 시와 미착용 시의 측정치 및 pairwise t-test 결과
(*: significant at α=0.05; **: significant at α=0.01)

측정 항목	상태	관측 수	평균(cm)	표준편차	p-value
머리 길이	미착용	20	20.6	1.62	0.170
	착 용	20	21.0	1.46	
머리 둘레	미착용	20	57.7	2.51	0.000**
	착 용	20	55.8	1.25	
머리 너비	미착용	20	16.0	1.95	0.00**
	착 용	20	14.2	1.20	
귀구슬사이 머리마루점 길이	미착용	20	41.3	3.11	0.015*
	착 용	20	39.2	2.39	

다 수축력이 약하며, 보통의 수영모 둘레에 (머리에 고정하기 위하여) 부착되어 있는 수축력이 강한 band 대신, 수축력이 약하여 느슨하며 머리 뒤쪽 목 부위에서 묶어 고정할 수 있는 띠가 있는 측정모가 바람직하다. 왜냐하면, 수영모에서는 수영모 안으로 물이 스며들지 못하도록 강한 수축력이 있는 band가 요구되나, 인체 측정에서는 변형이 최소화되며 머리를 단정하게 정리할 수 있는 측정모가 바람직하기 때문이다. 따라서, 머리 부위의 정확한 간접 측정을 위해서는 추후 이에 대한 심도 있는 연구가 요망된다 하겠다.

참고 문헌

권영국. (1996). 인간공학적 상품 설계 21, 대영사.

대한표준협회. (2002). 2001년 산업기술기반 조성에 관한 보고서: 3차원 인체측정법 표준화 (1차년도 보고서), 산업자원부.

윤훈용, 정석길. (2002). "한국성인의 머리 및 얼굴 부위 측정치 관한 연구", 산업공학, 15(2), 199-208.

윤훈용, 정석길, 이상도, 이동춘. (2000). "산업디자인을 위한 한국성인의 인체측정 및 인체도형에 관한 연구", 산업공학, 13(1), 120-132.

정화식. (2000). "인간공학적 귀 관련 제품 설계를 위한 한국인의 귀의 치수 및 특성 분석", 산업공학, 13(2), 147-156.

한국표준과학연구원. (1992). 산업제품의 표준치 설정을 위한 국민표준체위 조사 보고서, 공업진흥청.

한국표준과학연구원. (1997). 산업제품의 표준치 설정을 위한 국민표준체위 조사 보고서, 국립기술품질원.

한국표준협회. (2002). 3차원 머리형상 계측기 검증, 산업자원부.

Webb Associates, Anthropometric Source Book. (1978). Vol. II, NASA Reference Publication 1024, NASA, Scientific and Technical Information Office.

저자 소개

◈ 기도형

서울대학교 산업공학과 학사
서울대학교 산업공학과 석사
포항공과대학교 산업공학과 박사
계명대학교 산업공학 전공 부교수
관심분야: 자세부하, 근골격계질환 예방, 감성공학

◈ 이종선

공군사관학교/서울대학교 산업공학과 학사
포항공과대학교 산업공학과 석사
미국 Texas A&M 대학교 안전공학 박사
공군사관학교 산업공학과 조교수
관심분야: 작업역학, 안전공학, 체계 개발

◈ 이정근

KAIST 산업공학과 학사
포항공과대학교 산업공학과 석사
공군사관학교 산업공학과 전임강사
관심분야: 제품 디자인

논문접수일 (Date Received): 2002/8/12
논문게재승인일(Date Accepted): 2002/12/10