

고령자 및 장애인용 높이조절 세면기의 설계 가이드라인

Design Guideline of Height-adjustable Wash Basin for Persons with Disability

배주환*, 문인혁
J. H. Bae, I. Moon

요 약

본 논문은 개인위생(personal hygiene)을 위한 보조기기(assistive product)의 하나인, 고령자 및 장애인을 위한 높이조절 세면기의 설계 가이드라인을 제안하였다. 본 연구에서는 기존의 세면기와 프로토타입 높이조절 세면기를 이용한 생체역학적 평가를 진행하였다. 65세 이상 남성 5명(age 68.6±4.3yrs., height 169.8±5.7cm, weight 70±7.7kg)이 피험자로 참가하였으며, 피험자가 세면기 사용시 3차원 동작측정장치를 이용하여 인체각도를 측정하고, 인체모델을 이용하여 요추에 걸리는 모멘트를 추정하여 평가하였다. 이 결과로부터 최적의 높이 조절 가능 범위가 652[mm]에서 1,162[mm]인 설계 가이드라인을 제시하였다. 일반인 5명의 피험자(25.8±1.8세, 175.5±5.8cm, 74±15.7kg)를 대상으로 높이 조절 세면기의 사용시 그 유효성을 평가하였으며, 그 결과 본 논문에서 제시한 높이조절 범위가 타당함을 보였다.

ABSTRACT

In this study, we proposed a design guideline of height-adjustable wash basin which is an assistive product for personal hygiene for persons with disability. We performed biomechanical assessments using both of conventional and prototype height adjustable wash basin. Total five elderly subjects (all male, age 68.6±4.3yrs., height 169.8±5.7cm, weight 70±7.7kg) participated for the assessment test. Each joint angles were measured by using a 3D motion capture system when subjects use wash basins, and the lumbar moment of each subjects was estimated based on a human body model. From the assessment results, a design guideline which has the range of the height from 652[mm] to 1162[mm] was proposed. Then additional assessment tests with five healthy subjects (25.8±1.8 yrs., 175.5±5.8cm, 74±15.7kg) were performed in order to verify effectiveness of the design guideline. The results showed a height-adjustable wash basin applied the proposed design guideline was effective to reduce the lumbar moment.

Keyword : Wash basin, height-adjustable, design guideline, persons with disability.

1. 서론

고령자 안전사고 통계를 보면, 사고발생 장소로는 가정 내에서 1,055건(57.2%)으로 가장 많았고, 공중목욕탕, 지하철역 등 공공행정 및 서비스지역 271건(14.7%), 도로 181건(9.8%) 순으로 나타났다[1]. 특

히 집안에서는 화장실 및 욕실에서 발생하는 안전사고가 165건(15.6%)으로, 계단에서 발생하는 낙상사고 건수(129건, 12.2%)보다 높은 것으로 조사되어, 욕실 내 안전사고가 심각한 상황이었다. 65세 이상 고령자를 대상으로 가정 내 공간사용에 관한 인식조사 결과 화장실 및 욕실이 가장 불편(26.2%)하며, 가장 위험한 공간(34.2%)으로 조사되었다.

우리나라의 국토부는 고령자 및 장애인의 복지증진의 목적으로 2010년 6월 "장애인 편의증진 시설기준 개정(안)"을 마련하였다. 이 개정안에는 좌식샤워시설 및 싱크대, 높낮이 조절 세면기 등의 장애인 편의설비와, 문턱제거, 가스밸브, 비디오폰의 높

접 수 일 : 2017.11.09

심사완료일 : 2017.11.24

게재확정일 : 2017.11.29

* 배주환 : 근로복지공단 재활공학연구소 연구원

juhwan0307@kcomwel.or.kr (주저자)

문인혁 : 동의대학교 로봇자동화전공 교수

ihmoon@deu.ac.kr (교신저자)

이조정 등의 편의 기능 등에 관한 13개 항목의 시설기준을 담고 있다.

세면기는 ISO 9999[2]에서 개인용 위생 케어와 보호용품으로 분류되어 있다. 국내에서도 그림 1과 같은 몇몇 높이 조절 세면기가 출시되고 있으며, 고령자용 세면기와 관련한 단체표준[3]도 존재하고 있다. 그러나 현재 높이조절에 관한 것은 규정되어 있지 않다. 고령자나 장애인의 경우, 건강상태에 따라 세면기 사용 시 불편을 느끼는 정도가 다양하고, 특히 접근성 및 사용성을 배려하는 설계가 요구되는 품목이지만, 표준에서는 아직 언급되지 않고 있다. 보조기기 국제표준 기구위원회인 ISO TC173에서는, 2012년 위생기기에 관한 작업반 WG9을 조직하여 개인위생을 위한 보조기기에 대한 표준을 제정하고 있다[4]. 하지만 높이조절 세면기는 WG9의 범위에서 제외되어 있다.

본 논문에서는 SizeKorea[5]의 한국인 인체측정데이터와 운동해석결과를 기반으로 높이조절 세면기의 설계 가이드라인을 제안한다. 이 설계 가이드라인은 휠체어를 사용하는 하지마비 장애인과 고령자들을 기준으로 선 자세와 앉은 자세에 대한 높이조절 기능에 대하여 고려하였다. 본 연구에서는 높이조절 기능에 대한 설계 기준을 마련하기 위해 기존의 세면기 높이에 따른 사용자의 요추 모멘트를 평가하는 기본실험을 수행하고, 실험결과로부터 팔꿈치 높이를 기준으로 높이 조절 세면기의 높이에 관한 설계 가이드라인을 제안한다. 또한 제안한 가이드라인의 검증을 위한 프로토타입 높이 조절 세면기를 제작하고, 5명의 건강한 피험자를 대상으로 사용시 인체영향을 평가한다. 기존의 고정된 세면기 높이에 비하여 팔꿈치 높이를 기준으로 높이 조절할 수 있는 세면기가 요추 모멘트를 줄이는데 효과적이며, 그 결과 본 연구에서 제안한 설계 가이드라인이 유용하다는 것을 보인다.



그림 1. 높이조절 세면기: 전동식(좌), 수압식(우)
 Fig. 1. Height-adjustable wash basin: electric- powered (left) and water pressure type (right).

2. 방법

높이조절 세면기를 설계하는데 있어서 중요한 요소로는 높이 조절범위, 높이 조절 동작에 관련한 안전과 성능, 그리고 세면기의 형상 등이 있다. 본 논문에서는 높이조절 세면기의 주요 사용자인 기립이 가능한 고령자와 휠체어 사용하는 고령자에 대하여 세면기의 높이 조절 기능에 대한 기준을 고려하였다. 우리는 세면기의 높이조절 범위를 결정하기 위해 다음과 같이 4단계로 실험과정을 설정하였다. 실험과정에서 한국인 인체측정데이터[5]의 60대에서 70대 사이의 고령자에 대한 데이터를 바탕으로 세면기의 초기 높이를 정의하였다.

표 1. 60대에서 70대 사이의 인체측정데이터
 Table 1. Anthropometric data of aged 60 to 70 years old.

	avg	std[mm]
Height	1578.4	82.8
Flexed elbow height	964.9	58.5
Elbow height seated	237.2	27.5
Knee height seated	474.2	27.3

시험방법은 다음과 같다.

1. 세면기의 초기높이를 한국인 인체측정데이터의 팔꿈치 평균높이(평균값, 5분위값)로 설정한다(표 1 참조).
2. 피험자는 세면하는 동작으로서 상체를 기울인다.
3. 이때 3차원 동작추정시스템을 이용하여 피험자의 상체각도(요추 각도 포함)를 측정한다.
4. 피험자의 신체정보와 인체역학모델을 이용하여 요추에 가해지는 모멘트를 추정한다.

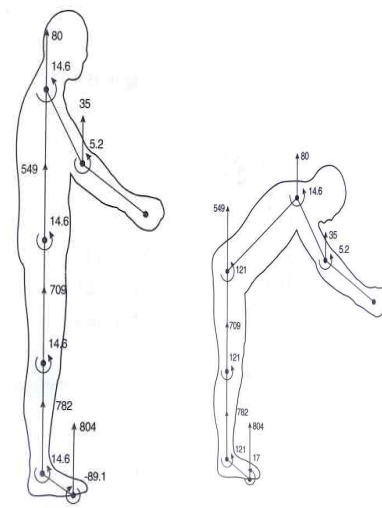


그림 2. 인체 모델[6]
 Fig. 2. Human body model[6]

휠체어 사용자에게 대한 세면기의 초기 높이는 앉은 팔꿈치의 평균높이와 좌면의 높이를 더한 값으로 설정하였다.

요추 모멘트는 인체모델[6]에 의해 다음의 식(1)로 추정하도록 정의하였다(그림 2 참조). 휠체어 사용자와 서있는 고령자의 요추모멘트는 모두 골반을 고정된 상태에서 상체의 각도를 기준으로 계산되기 때문에 두 가지 상황에 대하여 동일하게 식(1)을 적용하였다.

$$M_j = M_{j-1} + (L_j \cos \theta_j W_L) + (D_{j^*j-1} \cos \theta_j R_{j-1}) \quad (1)$$

여기서 M_j 는 각 관절 j 에서 반작용 중량모멘트, L_j 는 관절 j 에서 링크 L 의 질량중심까지의 거리이다. 그리고 θ_j 는 오른쪽 수평축에 대해 각 관절 j 에서 링크 L 의 자세각도(posture angle), W_L 는 각 관절 L 에 대한 인체분절 중량, D_{j^*j-1} 는 관절 j 에서 인접관절 $j-1$ 까지 측정된 인체분절의 링크 길이, R_{j-1} 는 인접관절 $j-1$ 에서 반작용힘(reactive forces)이다. 피험자의 인체분절 중량 및 길이 등은 Winter[7]의 연구를 참조하여 피험자의 인체조건에 따라 추정하였다.

3. 예비 실험

3.1 실험 설정

실험에는 65세 이상 남성 5명(age 68.6±4.3yrs., height 169.8±5.7cm, weight 70±7.7kg)이 피험자로서 참가하였다. 실험에서 사용된 세면기는 기존에 상용화된 세면기를 사용하였다. 또한 피험자의 상체 각도(요추각도 포함)를 측정하기 위해, 피험자의 신체에 30개의 마커를 부착하고, 6개의 고속 적외선 카메라를 사용하였다. 실험은 선 자세와 앉은 자세 각각 세면기 사용을 가정하여 실시하였다.

그림 3은 선 자세에서의 세면기 사용동작과 이 과정을 3차원 동작분석시스템으로 측정된 결과를 나타낸 것이다. 선 자세에서의 실험에서는 세면기의 높이를 고령자의 팔꿈치 높이의 평균값(964mm)과, 5분위값(872mm)으로 설정하였고, 앉은 자세에서 실험을 위한 세면기의 높이는 고령자의 팔꿈치 높이의 평균값에서 휠체어 좌면 높이를 합한 값(800mm)과, 팔꿈치 높이의 5분위 값에서 휠체어 좌면 높이를 합한 값(704mm)으로 정의하였다.

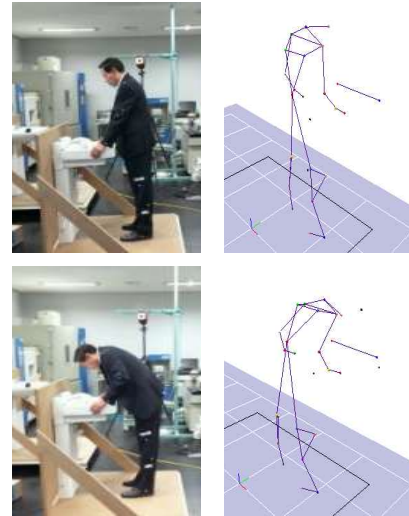


그림 3. 선 자세에서의 세면기 사용동작 및 결과
Fig. 3. Motions using wash basin at standing position and measured motion data.

3.2 결과

표 2는 선 자세에서 세면기를 사용하였을 때 추정되는 피험자의 요추 모멘트를 나타내었고, 표 3은 앉은 자세에서 세면기를 사용하였을 때 추정되는 요추 모멘트를 나타내었다.

표 2. 선 자세의 요추 모멘트[Ncm].

Table 2. Lumbar moment at standing position[Ncm].

wash bath height [mm]	A	B	C	D	E
964mm	110.1	136.3	123.2	146.0	95.4
872mm	123.5	159.0	132.2	153.9	101.7

표 3. 앉은 자세의 요추 모멘트[Ncm]

Table 3. Lumbar moment at seated position.

wash bath height [mm]	A	B	C	D	E
800mm	93.5	114.1	87.3	106.5	81.8
704mm	87.3	125.2	92.1	106.5	84.5

선 자세에서의 실험결과는, 세면기의 높이가 964mm일 때 보다 872mm 일 때 높은 요추 모멘트가 발생하는 것을 보였다. 이것은 세면기의 높이가 낮을수록 세면을 위해 굽히는 각도가 커지기 때문인 것으로 추정할 수 있다. 반면 휠체어에 앉은 자세에서의 결과는 세면기의 높이 800mm와 704mm 간에는 피험자의 요추 모멘트가 유의한 차이를 나타내지 않았다. 이것은 앉은 자세에서 세면하기 위해 상체를 굽히는 것이 원활하지 않아서 세면기의 높이에 따른 차이가 나타나지 않은 것 때문으로 추정할 수 있다.

4. 설계 가이드라인

4.1 설계요구조건

예비 실험의 결과로부터 선 자세에서 세면 시, 세면기의 높이가 낮아지면 상체를 굽히는 각도가 커지게 되고, 요추에 가해지는 모멘트가 증가하는 것을 확인하였다. 이를 고려하여 설계요구조건에 대한 가이드라인을 정의하였다. 세면기의 최대 높이는, 인체측정데이터에서 정의한 굽힌팔꿈치높이의 최대값인 1,116[mm]으로 설정하였다. 그리고 휠체어 사용자에게 대해서는 무릎이 세면대 아래에 넣어져서 사용할 수 있도록 인체측정데이터의 앉은 무릎높이를 고려하여 높이조절 세면기의 최저 높이를 정의하였다. 한국인 인체측정데이터[5]에서 앉은무릎높이 최소값은 386[mm] 이지만, 의자 높이를 고려하여 500[mm]로 좌면 높이를 정의하고, 앉은팔꿈치높이의 최소값 152[mm]를 더해 652[mm]를 최소높이(최대하강높이)로 설정하였고, 세면기의 두께는 260[mm] 이하로 설정하였다. 그 결과 표 4와 같이 설계 가이드라인을 제시하였다 (그림 4 참조).

표 4. 높이조절 세면기 설계 가이드라인
Table 4. Design guideline of height-adjustable wash basin.

	(a)Min H.	(b)Max H.	(c)Thick.	(d)Depth
Length[mm]	≥652	≤1116	≤260	≤262

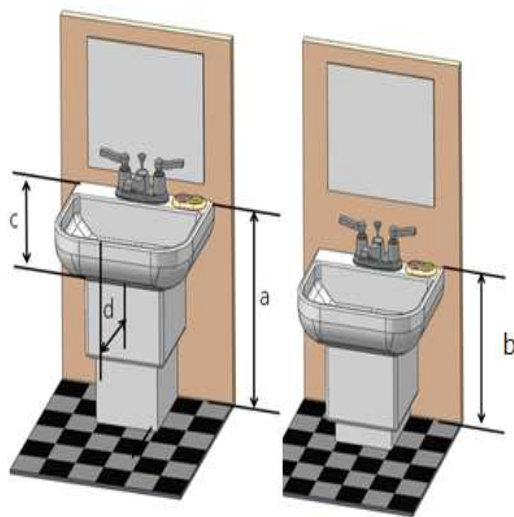


그림 4. 높이조절 세면기 구성요소 및 설계 치수
Fig. 4. Components and design guideline of height-adjustable wash basin.



그림 5. 프로토타입 높이조절 세면기
Fig. 5. Prototype height-adjustable wash basin.

5. 실험

5.1 프로토타입

우리는 표 4의 설계치수 가이드라인에 맞추면서, 표 5의 설계 사양으로 고정자 및 장애인용 높이조절 세면기 프로토타입을 제작하였다 (그림 5 참조). 높이 조절 기구부는 가동범위 450mm와 IPx4 방수 등급을 가진 선형구동기(LA31, Linak Co.)를 적용하였다. 프로토타입 높이조절 세면기의 크기는 500x600x1200(mm)이다. 전체 치수는 표 5와 같다. 또한 제작에 사용된 세면기의 치수는 450x500x180(mm)이다.

표 5. 프로토타입 높이조절 세면기 설계 사양
Table 5. Specification of prototype height-adjustable wash basin.

	(a)Min H.	(b)Max H.	(c)Thick.	(d)Depth
Length[mm]	650	1110	180	260

5.2 검증 실험

본 연구에서 제안한 설계 가이드라인에 대한 유효성을 검증하기 위해 검증 실험을 진행하였다. 표 6은 선 자세와 앉은 자세에서 실험하기 위한 세면기 높이 조건을 나타낸다. 기존 세면기의 높이는 기존의 건물에 설치되어 있는 세면기의 높이인 750mm로 정의하였다. 그리고 굽힌팔꿈치높이는 피험자가 선 자세에서 굽힌팔꿈치의 높이로 설정하고, 앉은팔꿈치높이는 피험자가 앉은 상태에서 굽힌팔꿈치의 높이로 설정하였다.

본 평가에서는 건강한 남성 5명의 피험자 (25.8±1.8세, 175.5±5.8cm, 74±15.7kg)가 참여하였다.

각 피험자는 보통과 같이 일어난 자세와, 휠체어 사용자와 같이 앉은 자세의 두 자세에서 상체를 굽히고, 세면동작을 취한다. 이때 3차원 동작측정 카메라를 이용하여 상체각도를 측정하고, 요추에 가해지는 모멘트를 추정하였다.

그림 6에서는 선 자세에서의 세면기 사용 예와 동작측정 결과를, 그림 7은 앉은 자세에서의 사용 예 및 동작측정 결과를 보여준다.

표 6. 프로토타입 높이조절 세면기 실험 조건
Table 6. Test conditions of prototype height-adjustable wash basin.

No	position	height of wash basin
1	standing	conventional height
2	standing	flexed elbow height
3	seated	conventional height
4	seated	elbow height when seated

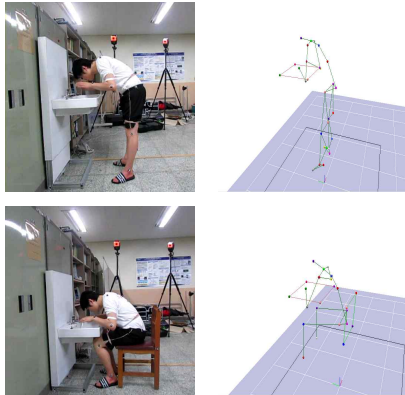


그림 6. 세면기 높이를 피험자의 굽힌팔꿈치높이로 설정 시 3차원 동작측정
Fig. 6. 3D motion data with standing and with seated at the flexed elbow height.

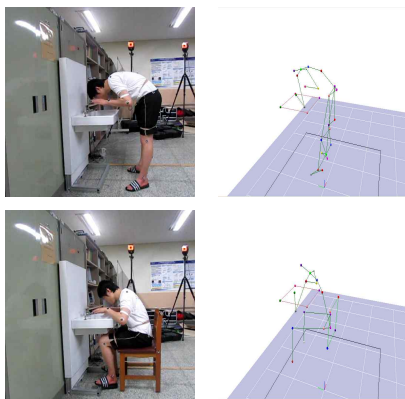


그림 7. 세면기 높이를 기존의 세면기 높이로 설정 시 3차원 동작측정
Fig. 7. 3D motion data with standing and with seated at the fixed conventional height.

그림 8은 5명의 피험자 각각에 대한 높이조절 세면기의 평가 결과이다. 가로축은 표 6과 같은 실험의 종류를 나타내고, 세로축은 추정된 요추 모멘트를 나타내었다. 각 실험의 결과에 대한 유의성은 ANOVA test로 평가하였다. 각각의 피험자의 요추 모멘트는 몸무게에 따라 다르게 나타났지만, 일어난 자세에서 세면기의 높이에 따른 차이는 유의함을 확인 할 수 있었다. 세면기의 높이가 굽힘팔꿈치높이일 때에, 요추모멘트가 기존의 세면기 높이보다 적게 추정되었다. 또한 앉은 자세에서는 상체를 굽히는 것이 원활하지 않아 세면기 높이에 따른 추정 요추모멘트에서는 유의한 차이가 나지 않았다. 앉은 자세에서 일반세면기의 높이(750mm)와 앉은 팔꿈치높이+의자좌면의 높이(720±40mm)는 평균적으로 큰 차이가 나지 않았다. 의자의 높이에 따라 사용자에게 맞춘 높이가 달라지므로, 앉은 자세에서는 세면기의 두께와 앉은 자세에서 대퇴의 높이로 정의하는 것이 적절함을 확인 할 수 있었다.

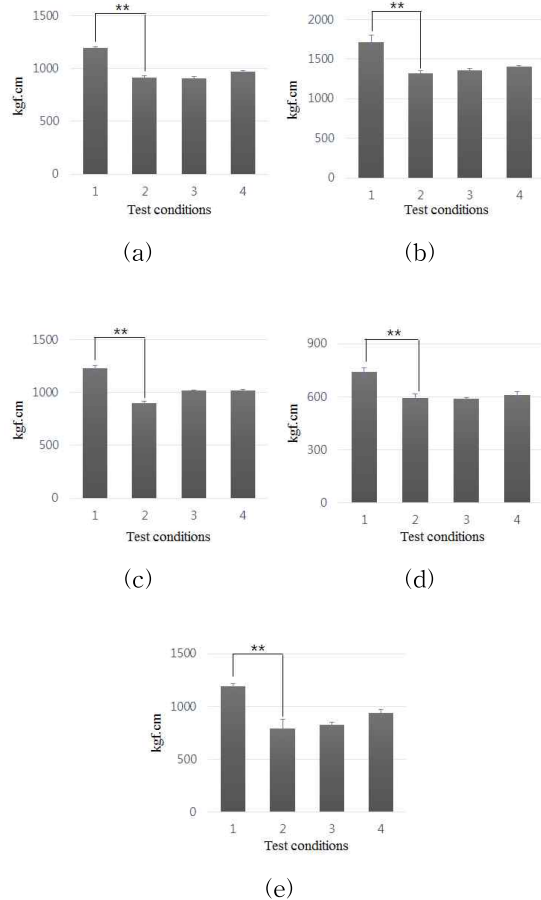


그림 8. 평가 결과(**:p<0.01)
Fig. 8. Results of evaluation tests.

6. 결론

본 연구에서는 인체모델을 사용하여 세면기 사용 시 상체각도에 따른 요추에 가해지는 모멘트를 추정하였다. 고령자를 대상으로 한 기초실험을 통해 프로토타입 높이조절 세면기를 제작하였다. 그리고 기초실험을 기준으로 한 높이조절세면기의 설계가이드라인을 정의하였다. 설계가이드라인을 평가하기 위해 프로토타입 높이조절 세면기를 제작하고, 건강한 피험자를 대상으로 실험을 진행하였다. 그 결과 일어난 상태에서 세면기의 높이조절은 사용자의 요추에 걸리는 모멘트가 유의한 차이를 나타내었다는 것을 확인하였고, 앉은 자세에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 앉은 자세에서의 실험은 좌면의 높이에 따라 달라지므로 요추모멘트의 기준이 아닌 앉은 대퇴의 높이 및 세면기 두께를 기준으로 한 설계기준이 필요함을 확인할 수 있었다. 이러한 결과로부터 한국인 인체측정데이터를 참조하여 높이 조절세면기의 최적의 가동범위를 제안하였다.

향후에는 여성을 포함한 피험자 수를 늘려서 연구를 수행하고, 이를 바탕으로 높이조절세면기의 표준[3]에서 조절 범위에 대한 항목을 새롭게 개정할 수 있을 것이다.

REFERENCES

- [1] Reports by Korea Consumer Agency, <http://www.kca.go.kr>, 2011.
- [2] ISO 9999:2011, Assistive products for persons with disability - Classification and terminology, 2011.
- [3] Korea Senior Product Association, SPS-KSPA 3005-6341 Height adjustable wash basin, 2016.
- [4] ISO/CD 17966: Assistive products for personal hygiene that support users - Requirements and test methods, 2013.
- [5] <http://sizekorea.kats.go.kr>
- [6] Y. G. Kwon and S. N. Byeon, Novel Biomechanics (Korean), Cheongmunkak, 1999.
- [7] D. A. Winter, Biomechanics and Motor Control of Human Movement, 3rd edition, John Wiley & Sons, 2005.



배 주 환(Ju-Hwan Bae)

2011년 2월 동의대학교 대학원 지능시스템공학과 졸업 (석사)
 2011년 3월 - 현재 동의대학교 대학원 지능시스템공학과 재학중 (박사)
 2015년 3월 - 현재 재활공학연구소 재활보조기술연구팀 연구원

Interest: Rehabilitation engineering, assistive technology



문 인 혁(Inhyuk Moon)

2005년~현재 - 동의대학교 로봇자동화전공 교수
 2002년~2005년 - 재활공학연구소 전자제어팀 책임연구원
 1999년 - 일본 Osaka 대학 전자제어기계공학과 졸업 (공학박사)

Interest: Rehabilitation engineering and robotics, bio-mechanics, assistive technology, standardization