

로봇의 범주, 역할 및 사용자 특성이 Uncanny Valley의 형태에 미치는 영향에 대한 실증 연구

진운선*, 권오병^o

An Empirical Study on the Effects of Category and Role of Robot and Human Factors on the Shape of Uncanny Valley

Yoonsun Jin*, Ohbyung Kwon^o

요약

하드웨어 및 인공지능기술의 발전으로 인간과의 자연스러운 상호작용이 가능한 로봇 개발에 대한 관심이 증대되고 있다. 휴머노이드나 애완동물형 로봇은 인간 또는 동물의 유사도를 증대시켜 사용자의 로봇에 대한 호감도 및 수용 의도를 높일 수 있으나, 언캐니밸리(uncanny valley) 현상 때문에 불완전한 모방은 호감도를 감소시키는 요인이 된다. 언캐니밸리를 유발하는 원인에 대한 여러 연구가 시도되었으나, 애완동물형 로봇에서도 언캐니밸리가 존재하는지, 로봇의 역할에 따라 언캐니밸리의 유형이 변경되는지, 사용자의 특성에 따라 로봇에 대한 호감도의 차이가 가는지에 대한 연구는 학술적 실무적 중요성에도 불구하고 거의 연구되어온 바 없다. 따라서 본 연구의 목적은 로봇의 범주와 역할, 사용자의 특성이 언캐니밸리 형태에 영향을 주는지의 여부를 실증 분석하고자 한다. 실험 결과 휴머노이드에서는 언캐니밸리가 여전히 발견되는 반면 애완동물형은 존재하지 않았으며, 기능형 로봇은 언캐니밸리가 형성되는 것을 발견하였다.

Key Words : Uncanny valley, Humanoid, Self-efficacy, Human-likeness, Animal-likeness, Empirical test

ABSTRACT

With the evolution of hardware and artificial intelligence, there is growing interest in the development of robots that can interact naturally with humans. In particular, humanoid or pet type robots can increase the likeness of humans or animals and hence acceptance intention. However, incomplete imitation due to the uncanny valley phenomenon is a factor to reduce affinity. Several studies have been made on factors that cause Uncanny Valley. However, there are few studies on whether there are uncanny valleys in pet type robots, whether the type of uncanny valley is changed according to the role of robots, and whether there is a difference in affinity depending on characteristics of users who treat robots. Therefore, the goal of this paper is to confirm whether the category and role of human or pet type robot, and the characteristics of user affects the shape of Uncanny Valley through empirical analysis. Experimental results show that unmanned valley is still found in humanoids, but not in pet type. In addition, we found that the uncanny valley was formed in the functional robot type.

* 본 연구는 2017년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2017S1A3A2066740)

• First Author : School of Management, Kyung Hee University, dudnrha@khu.ac.kr, 학생회원

o Corresponding Author : (ORCID:0000-0001-9686-6586) School of Management, Kyung Hee University, obkwon@khu.ac.kr, 정회원
논문번호 : 201810-296-C-RE, Received September 14, 2018; Revised December 27, 2018; Accepted January 7, 2019

I. 서 론

일상생활 관리, 헬스케어 등 삶의 질 향상에 대한 사회적 요구가 증대함에 따라 이를 지원할 수 있는 휴머노이드 및 애완동물 형태의 로봇 개발에 대한 관심이 높아지고 있다. 이에 따라 다양한 형태의 로봇이 설계되고 있는바 그 형태에 따라 사용자의 호감 및 수용 정도의 차이가 나는지는 관심의 대상이었다. 이에 대한 전통적인 관점의 하나는 인간과의 유사도와 그 로봇에 대한 호감도가 대체로 정비례하나 인간과 아주 유사해지기 전에는 호감도가 급격히 떨어지는 이른바 불편한 계곡이 존재한다는 Mori(1970)가 주창한 언캐니밸리(uncanny valley)이다¹⁾. 언캐니밸리는 로봇에만 국한되지 않고 인형, 마스크, 얼굴 캐리커처, 가상현실의 아바타 및 컴퓨터 그래픽 영화의 캐릭터와 같은 인체와 유사한 모든 물체에도 적용되기도 한다²⁾.

그러나 시간이 지나면서 언캐니밸리 유형에 대한 비판 및 보강에 대한 연구가 진행되었다. 예를 들어 인간유사도와 호감도 사이에는 계곡의 형태가 존재하는 것이 아니라 일정 수준이 지나고 나면 급격히 호감도가 떨어지고 다시 호감도가 증가하지 않는다는 절벽형을 주장한 연구도 있다³⁾. 그리고 정지된 형태의 로봇과 움직이는 로봇에서 인간유사도와 호감도 사이의 관계가 다르다는 연구를 소개한 바 있다⁴⁾. 언캐니밸리의 형태에 대한 보다 더 정확한 이해는 인간의 만족도 및 수용 정도 관점에서의 로봇 설계 최적화에 기여하기 때문에 이에 대한 보다 더 정교한 연구는 가치가 있을 것이다. Mori의 연구에서도 기술된 바와 같이^{1),4)}, 언캐니밸리에 대한 보다 더 정교한 작성은 사람들을 편안하게 할 수 있는, 즉 높은 수준의 편안함(comfort)과 호감(affinity)을 보장할 수 있는 로봇 설계에 필요할 것이다. 그러나 아직까지 이 부분에 대한 실증 연구가 부족하며⁵⁾, 있다고 하더라도 휴머노이드의 얼굴 사진만으로 인간유사도(human-likeness)와 호감도(affinity)를 측정하는 수준이었다^{2),3)}.

한편 휴머노이드의 인간의 유사도와 호감도 사이의 관계는 그 휴머노이드가 어떤 목적으로 활용되는지에 따라 차이가 있을 것이다. 그리고 최근 로봇이 인간의 모습이 아니라 애완동물의 모습으로도 활발히 개발되고 있는바, 애완동물 유사도와 호감도 사이의 관계를 규명하는 것이 설계에 많은 직관을 제공할 것이나 이에 대한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 마지막으로 휴머노이드의 인간유사도와 호감도 사이의 관계는 그 로봇을 사용하려는 개인의 특성에 의해서도 영향

을 받을 수 있으나 이에 대해서도 연구의 진전이 별로 없다⁶⁾.

따라서 본 연구의 목적은 언캐니밸리 존재에 대한 실증연구를 통해 언캐니밸리를 이해하고, 언캐니밸리 지도(map) 보다 더 정교한 작성에 기여하는 것이다. 특히 본 연구에서 관심을 가지는 질문은 다음과 같다.

- (1) 최신 로봇을 포함한 지금도 언캐니밸리가 재연되는가?
- (2) 로봇의 역할에 대한 인식이 호감도에 영향을 주는가?
- (3) 인간유사도(Human-Likeness)뿐만 아니라 애완동물 유사도(Pet-Likeness)에서도 언캐니밸리가 발견되는가?
- (4) 사용자의 자기효능감이나 성별, 연령대, 로봇에 대한 지식, 휴머노이드에 대한 사전 경험이 로봇에 대한 호감도 형성에 영향을 주는가?

II. 언캐니밸리

언캐니밸리의 형태는 그림 1과 같다¹⁾. 로봇이 인간 유사성 즉 더 인간처럼 보일 때 우리가 인지하는 로봇에 대한 호감도는 언캐니밸리에 도달하기 전까지는 증가한다. 인간유사도가 낮은 로봇으로는 산업용 로봇이 대표적이다. 산업용 로봇은 특정한 기능의 반복적 수행만이 필요하기 때문에 인간과의 복잡한 상호작용은 필요치 않았다. 따라서 얼굴이나 다리가 없으며 단순한 회전만 하고, 복잡한 팔 동작은 없었다. 얼굴형이 있다고 하더라도 표정이나 발화 기능은 존재하지 않는 것이 일반적이다. 그러나 일정 수준의 사용자 상호작용이 필요한 장난감 로봇의 경우 산업용 로봇보다는 더 큰 로봇의 외형에 대한 중요성 때문에 다소 인간과 유사하게 설계되는 경향이 있다. 특히 휴머노이드의 경우 팔이나 다리, 몸통이 있는 외관을 이용하여 보행을 하거나 앉았다 일어사다를 하며, 간단한 감정 표현이나 의도 표현이 가능하다. Mori는 산업용 로봇에 비해 인간유사도가 높은 장난감 로봇의 경우 더 높은 호감도를 가진다고 주장한다.

최근에 손이나 발처럼 인간의 특정 부분을 흉내 내는 기술이 크게 개선되었으며, 표정을 연출하는 기술이 더욱 발달되면서 입가, 눈매, 눈썹 등으로 감정을 표현하는 것이 가능해졌다. 그러나 언캐니밸리의 주장에 의하면 이런 종류의 인공 손, 발, 얼굴이 너무 현실적이지만 진짜 인간이 아니라고 할 때 우리는 심리적으로 낯선 느낌을 갖게 된다. 이 경우에는 친숙함보다는 기괴함, 불편함을 느끼게 되며, 장난감 로봇이나

또는 심지어 산업용 로봇보다도 부정적인 호감도를 가지게 된다. 즉, 외관은 아주 인간적이며, 사람들은 이 경우 외관은 좋아할 수도 있지만 친숙함은 부정적일 것이다. 또한 로봇의 동작에 대해서는 비록 로봇이 절대 크기는 무시되지만, 눈과 손을 포함한 전체 모습 뿐 아니라 움직임은 인간의 움직임에 가깝다. 즉, 인형의 몸이 인간답지는 않지만, 우리는 그들은 그들의 움직임 때문에 인간답다고 생각하게 되고 이 때문에 친숙함이 그렇지 않은 경우보다 높다고 볼 수 있다. 그림 1에서 건강한 사람이 두 번째 피크의 맨 위에 있다. 그리고 사람은 죽을 때, 몸이 차가워지고, 피부가 변색되며, 움직임이 멈춘다. 따라서 주검 또는 그와 유사한 좀비에 대한 인간들의 평가는 급속도로 언캐니밸리로 이동하게 되는 것이다.

Mori는 아직 언캐니밸리에 대한 정확한 형태는 완성되지 않으며, 호감도 관점에서 보다 온전한 로봇 등 인공적 사물들의 설계 방법론을 수립하기 위해 그 기반이 되는 언캐니밸리 지도를 완성해야 한다고 본다^[1]. 언캐니밸리를 따라 로봇 설계 연구를 진행함으로써 인간에게 수용 가능한, 즉 친숙한 장치를 제작할 수 있게 될 것으로 기대하고 있다.

III. 연구방법

3.1 데이터

설문에 참여하는 참가자의 인구통계학적 특성은 표 1과 같다. 참가자들은 구매의도까지 대답을 해야 하기 때문에 구매력이 있는 20세 이상의 성인을 대상으로 했다. 설문 참여자를 모집한 결과 유용한 응답자는 총 579명이었다. 대다수는 회사원들이었으며 일부는 대학원생들을 포함한 학생들도 포함되었다. 약 70%가량의 참가자들은 로봇을 사용한 경험이 없었으며, 대학 학부 졸업자가 대다수였다. 참여한 자들에게는 인센티브로 1만원의 참가비를 제공하였다.

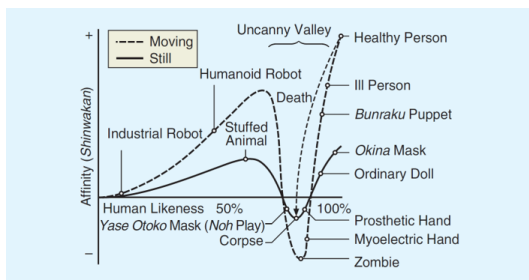


그림 1. 언캐니밸리 ([4]에서 재인용)
Fig. 1. Uncanny valley (recited from[4])

표 1. 참가자들의 인구통계학적 특성
Table 1. Demographic Characteristics

Classification		Frequency	Percent(%)
Gender	Male	287	49.6
	Female	292	50.4
Age	20's	146	25.2
	30's	146	25.2
	40's	144	24.9
	50s <	143	24.7
Job	Employee	369	63.7
	Professional	58	10.0
	Student	49	8.5
	Housewife	68	11.7
	Others	35	6.1
Robot experience	Yes	404	69.8
	No	175	30.2
Education	High school or under	81	14.0
	Undergraduate	448	77.4
	Graduate	50	8.6
Total		579	100

3.2 연구절차

평가를 위하여 기계형, 동물형, 인간형 각 9개, 총 27개의 모델을 선정하였다. 모델 선정은 먼저 Mori의 연구에서 언급된 모형(예: Bunkaru 등), 활용도가 높은 지명도 있는 모형(예: Nao 등)^[1], 그리고 기존 언캐니밸리 관련 문헌에는 반영되지 않은 최신 로봇 등(예: Sophia 등)을 고루 반영하였다. 기존 연구보다는 평가 대상을 더 다양하게 구성하였다.

본 연구에서는 정지한 상태에서의 이미지에 대한 평가를 하였다. 그 이유는 움직이는 로봇에 대한 평가를 하는 것은 로봇마다 가능한 표정 및 동작이 차이가 크고, 또한 관찰자 입장에서라도 관찰 각도 등에 따라 상이한 결과가 나올 수 있기 때문이다. 또한 기존의 연구와 같이 얼굴 중심의 이미지로 하였다^[1,2,3,5]. 한편, 이미지도 기존 연구와 같이 실제 로봇인 것과 기타 인공물을 같이 구색하였다. 실험에 사용된 이미지는 Appendix A와 같다.

실험은 다음과 같이 진행되었다. 먼저 참가자들은 실험의 목적과 개인 정보 이용에 대한 안내를 받았다. 그리고 간단히 자신들의 프로필을 작성하게 한 뒤, 온라인 서베이 상에서 로봇의 이미지를 순차적으로 노출 받는다. 로봇의 이미지는 기계형, 동물형, 인간형 각각 세 가지씩을 보여준다. 그리고 각 이미지를 볼

때마다 동물 유사도(Animal likeness), 인간 유사도(Human likeness), 호감도(Affinity) 등을 질문받는다. 참가자들이 앞서 본 로봇에 대한 평가가 다음 로봇에 대한 평가에 영향을 줄 수 있기 때문에 참가자들마다 노출시키는 로봇 유형의 순서를 달리하였다. 질문에 대한 답이 종료되면 퇴장하였다.

3.3 척도의 신뢰도와 타당도

본 연구에서는 신뢰도 검증을 위해서 Cronbach's Alpha 계수를 활용하였다. 일반적으로 Cronbach's Alpha 계수는 탐색적 연구의 경우, 0.6 이상이면 신뢰도가 적절한 것으로 판단한다⁷⁾. 또한 설문에 사용된 척도의 타당도 확인을 위해 요인분석을 실시하였으며, 요인분석의 기법으로는 주성분 분석방법에 따라 배리맥스 회전 방식을 선택하였다. 또한 아이겐 값은 1보다 높은 값을 갖는 요인을 선택하도록 하였으며 요인 적재치는 0.5 이상인 경우를 유의한 것으로 판단하였다. 그 결과 표 2처럼 모든 변수에서 잘 묶이는 것을 확인하였다.

IV. 결 과

4.1 기초 통계 분석

표 3은 기술통계분석 결과이다. 응답자들의 본인이 판단하는 로봇에 대한 지식은 7점 만점에 4.11이며, 평가한 이미지에 대해서 전체적으로는 관계형보다는 기능형 쪽에 좀 더 가깝다고 판단했으며(관계형: -3은 매우 관계형, 3은 매우 기능형의 의미), 5점 척도인 인간유사도와 동물유사도에 대해서는 각각 2.444

표 3. 기술통계량 분석
Table 3. Descriptive Statistics Analysis

Item	Mean	S.D
Robot knowledge	4.111	1.263
Relationship_function	0.719	1.882
Self-efficacy	4.554	1.048
Animal likeness	2.444	1.700
Human likeness	2.745	1.755
Affinity	3.552	1.613

와 2.745로 답하여 중간치인 2.5에 근접하였다. 이는 이미지가 고르게 제시되었음을 뜻한다.

호감도의 경우 평균 3.552의 응답을 하였는데, 호감도를 기준으로 상대적으로 호감도가 낮은 이미지와 높은 이미지는 그림 2와 같다. 보이는 바대로 호감도는 그 모양이 인간과 유사할 필요가 없었다. 도리어 호감도가 낮은, 즉 불편한 이미지(uncanny image)는 상대적으로 더 인간과 유사한 모습을 한 것들이었다. 즉, 인간유사도와 호감도 사이의 직선적 상관관계 형성이 이루어지지 않을 수도 있음을 암시한다.

한편, 연구 모형에 포함된 변수들 간의 상관관계, 즉 관련성의 정도를 파악하기 위하여 피어슨 상관 계수를 활용하여 분석하였다. 그 결과 본 연구에 포함된 변수들의 기초 통계량과 각 변수들 간의 상관관계는 표 4에 제시되어 있다. 표 4에서 보는 바와 같이 변수들 간의 상관관계는 통계적으로 유의미한 결과를 보여주고 있다. 구체적으로 보면 인간유사도와 호감도 사이에는 상관관계가 낮게 형성되어 있으며, 이에 비해 동물유사도와 호감도는 상대적으로 높게 형성되었

표 2. 요인분석
Table 2. Factor Analysis

Variable	Item	1	2	3	Cronbach's Alpha	CR
Animal likeness	Animal likeness 2	.066	-.043	.974	0.815	0.894
	Animal likeness 3	.083	-.017	.959		
	Animal likeness 1	.056	-.115	.946		
Human likeness	Human likeness	.253	.918	-.016	0.946	0.965
	Human likeness	.254	.906	-.116		
	Human likeness	.252	.905	-.132		
	Human likeness	.241	.895	.036		
Affinity	Affinity 1	.921	.239	.062	0.951	0.951
	Affinity 2	.917	.226	.070		
	Affinity 3	.913	.281	.053		
	Affinity 4	.893	.265	.073		

표 4. 상관관계 분석 결과
Table 4. Correlation Analysis Result

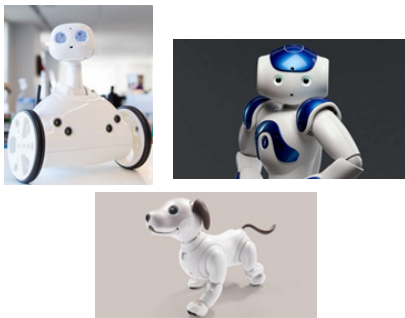
	Robot knowledge	Robot experience	Function_relationship	Human likeness	Animal likeness	Affinity
Robot knowledge	1					
Robot experience	.318**	1				
Function_relationship	-.063**	-.026	1			
Human likeness	.072**	.046**	-.085**	.839		
Animal likeness	.128**	.063**	-.328**	-.106**	.950	
Affinity	.108**	.073**	-.335**	.119**	.509**	.916

Note1: * p<0.05, ** p<0.01

Note2: Diagonals are the square root of AVE.



(a) Relatively low affinity



(b) Relatively high affinity

그림 2. 호감도 차이
Fig. 2. Difference in Affinity

다. 한편 대상을 관계중심형으로 보는지 또는 기능중심형으로 보는지의 여부를 의미하는 7점 척도인 관계_기능(-3은 완전한 관계형, 3은 완전한 기능형) 변수에 대해서는, 관계_기능과 호감도의 사이를 볼 때, 특정 로봇의 역할을 기능형으로 보는 것보다 관계형으로 보는 경향이 높을수록 호감도가 떨어지는 현상을 발견할 수 있다. 이는 아직 로봇에 대한 역할 기대는 관계형성용 보다는 기능 수행용이 지배적이라는 의미이다.

4.2 언캐니밸리의 재현성

최근의 로봇을 대상으로 하여도 1970년도에 Mori 가 주장한 언캐니밸리가 재현되는지를 파악할 목적으

로 동물형, 인간형, 기계형 각각에 대해 관계_기능형 판단(-3: 분명한 관계형임, 3: 분명한 기능형임), 인간 유사도 동물유사도, 상대적 유사도와 호감도 사이의 산포도를 보기 위해 표 5와 같이 먼저 각 로봇에 대한 평균값을 구하였다. 여기서 상대적 유사도란 특정 대상을 동물형으로 더 인지하는지 아니면 인간형으로 더 인지하는지의 정도로 7점 척도(-3: 분명한 동물형임, 3: 분명한 인간형임)로 이루어져 있다. 조사 결과 응답자들은 동물형 로봇에 대해서는 관계형, 기능형이 골고루 존재하는 것으로 판단했으며, 반면 인간형과 기계형은 모두 평균적으로 기능형으로 판단했다. 기계형을 기능형으로 보는 것은 자연스러운 것이나 인간형을 관계형으로 보지 않고 다분히 기능형으로 본 것은, 비록 기계형보다는 그러한 경향이 완화되어 있지만, 과거 또는 현재의 휴머노이드에 대해 대체로 어떤 과업을 수행하는 비서로 인식하는 것인지 친구 또는 반려자로 보지는 않는 것으로, 아직은 관계형으로 보기에는 표현 등이 서툴다는 것을 알 수 있다. 이는 향후 관계형 목적으로 휴머노이드 설계 및 제작을 하려고 할 때 고려해야 할 부분으로 보인다.

모든 대상 로봇에 대해 인간유사도와 호감도 사이의 관계를 표현한 것이 그림 3이다. 그림에서 마름모 표시는 평가 대상이 된 27개의 사진에 대해 실험 참가자들이 인지한 값(7점 척도)의 평균치이며, 붉은 점은 인간유사도(h_like)와 호감도(affinity)의 관계성을 직선으로 가정 시의 추정치이다. 그런데 시각적으로 판단하기에 직선 가정보다는 + 표시와 같이 처음에는 인간유사도가 증가할수록 호감도도 같이 증가하다가 감소하고 인간유사도가 4에서 5사이에서 최저점을 보인 후에 다시 증가하는 형태가 더 적절한 것으로 추정되었다. 따라서 그림 3상으로는 인간유사도와 호감도 사이에는 언캐니밸리가 형성되는 것으로 보인다.

표 5. 로봇별 평가 결과
Table 5. Each Robot Evaluation Result

Model	Type	Relationship_ Function	Human likeness	Animal likeness	Relative likeness	Affinity
1	Animal	1.91	1.52	2.31	-0.79	2.26
2		-0.04	2.33	3.03	-0.71	4.57
3		0.23	1.68	3.72	-2.04	4.08
4		-0.87	1.74	5.47	-3.74	3.78
5		1.10	1.51	4.03	-2.53	3.41
6		-1.22	2.78	5.21	-2.43	5.15
7		0.11	1.70	4.21	-2.51	4.01
8		-0.95	1.73	4.85	-3.12	4.76
9		-0.17	1.75	3.72	-1.97	3.58
10		Humanoid	1.17	2.58	1.63	0.95
11	1.22		2.73	1.58	1.15	1.71
12	0.05		5.24	1.51	3.72	3.71
13	0.04		4.61	1.51	3.09	3.16
14	1.59		3.21	1.47	1.74	1.35
15	0.45		4.90	1.41	3.49	3.03
16	0.99		2.97	1.76	1.20	4.09
17	0.68		2.54	2.34	0.21	4.76
18	1.60		2.89	1.62	1.26	3.20
19	Machine		1.10	1.83	1.72	0.11
20		2.05	2.20	2.04	0.16	3.02
21		1.33	4.00	2.44	1.55	3.83
22		0.70	2.42	2.44	-0.02	4.00
23		0.33	3.33	3.08	0.24	4.01
24		1.02	3.90	2.37	1.53	3.59
25		1.89	1.70	2.88	-1.18	4.00
26		0.83	2.36	2.98	-0.62	3.86
27		2.13	2.27	1.90	0.38	3.15

한편 그림 4는 동물유사도(a_like)와 호감도 사이의 관계 도표이다. 그림에서 보는 바와 같이 동물유사도의 경우에는 언캐니밸리의 모습이 거의 나타나지 않고, 동물유사도가 증가할수록 호감도도 정비례하여 증가하는 것으로 보인다. 단, 본 실험에서 사용한 이미지는 애완동물이며 맹수나 일부 파충류와 같이 일반인에게 공포나 혐오감을 주는 유형의 동물형을 사용하지는 않았다.

다음은 언캐니밸리의 존재에 대해 먼저 실시한 시각적 판단을 정교화하기 위해 통계적 분석을 실시하였다. 즉, 인간유사도와 호감도, 그리고 동물유사도와 호감도에 대해서 선형 가정과 비선형인 언캐니밸리 가정 중 어느 것이 더 적합한지를 판정하기 위해 선형

회귀분석을 실시한 것과 비선형회귀분석한 것의 성능을 비교하였다. 모형의 성능은 조정된 결정계수(Adjusted R-Squared) 및 변수의 t-값을 사용하였다. 그리고 비선형회귀식을 도출하는 과정은 Appendix A에 보였다. 그 결과 표 6과 같이 인간유사도의 경우 유의하게 비선형모델이 더 설명력이 높다. 그리고 동물유사도의 경우 설명력에 있어 거의 차이가 없음을 알 수 있어 굳이 비선형모델을 채택할 필요가 거의 없었다.

표 6. 선형 가정 회귀모형과의 설명력 비교
Table 6. Comparison of Assumed Linear Regression Models

Model		Adjusted R-Squared	Determinant T value	Model p-value
Human likeness linear model	Affinity = $-0.08507 \cdot H + 4.00658$	0.0223	0.706	0.4874
Human likeness nonlinear model	Affinity = $0.098 \cdot H^3 - 0.873 \cdot H^2 + 2.20784 \cdot H + 2.008$	0.1485	2.239*	0.0356
Animal likeness linear model	Affinity = $0.2978 \cdot A + 2.9185$	0.2672	3.064**	0.0057
Animal likeness nonlinear model	Affinity = $0.01994 \cdot A^3 - 0.25100 \cdot A^2 + 1.24611 \cdot A + 1.87546$	0.2822	3.169**	0.0044

Note1: * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

Note2: F - Function_relationship, H - Human likeness, A - Animal likeness

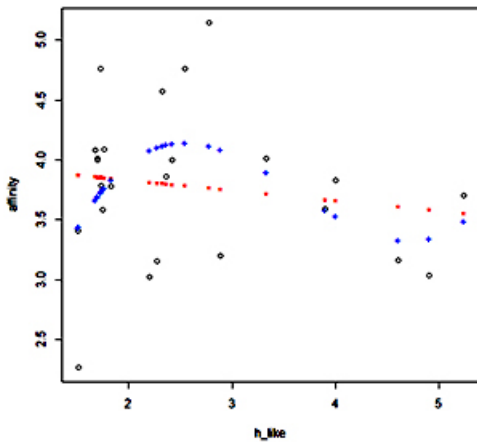


그림 3. 인간유사도와 호감도
Fig. 3. Human Likeness and Affinity

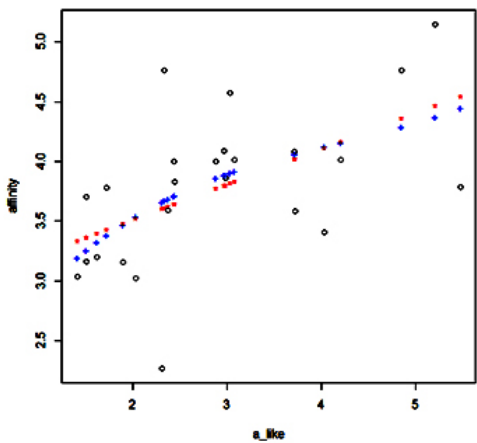
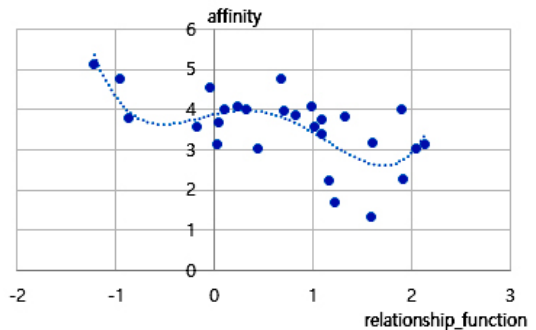


그림 4. 동물유사도와 호감도
Fig. 4. Animal Likeness and Affinity

4.3 로봇의 역할에 대한 인식과 호감도

관찰한 로봇의 이미지로 그 로봇에 얼마나 기능형 인지 또는 관계형인지를 인지한 정도가 호감도에 미치는 영향을 살펴보았다. 그 결과 그림 5에 보는 바대로 기능형(좌측)으로 인지할수록 호감도가 상승하는데, 관계형(우측)으로 보면 언캐니밸리 형태로 나타나는 것을 알 수 있다. 그리고 대체로 기능형으로 갈수록 관계형보다 더 높은 호감도를 보이고 있었다. 또한 관계형으로 인지되는 곳(X좌표 중심이 0부터 3사이)에서도 언캐니밸리 유형이 나타났다.

다음으로 로봇의 역할에 대한 인식이 호감도에 미치는 영향을 시각적 판단보다 정교하게 파악하기 위해 비선형가정이 선형가정보다 더 적절한지를 판단하기 위한 통계적 비교를 수행하였다. 그 결과 표 7에 나타난 바와 같이 비선형가정을 할 경우 설명력 관점에서 더 우수한 것을 알 수 있었다. 결국 로봇의 역할에 대한 인식과 호감도 사이에 언캐니밸리 형태의 비



Note: The x axis is recognized as function type as it goes to (-), and it is relational as it goes to (+).

그림 5. 로봇의 역할 인지와 호감도
Fig. 5. Robot's Role and Affinity

표 7. 선형 가정 회귀모형과의 설명력 비교
Table 7. Nonlinearity Test of Recognition and Affinity for Robot's Role

Model		Adjusted R-Squared	Determinant T value	Model p-value
Relationship_function linear model	Affinity = -0.4201*F + 4.0516	0.3431	3.607***	0.0019
Relationship_function nonlinear model	Affinity = 0.2212*F4-0.6826*F3+0.1123*F2+0.3746*F+3.8066	0.4743	4.664***	0.0001

선형성이 성립한다는 결론을 도출하였다.

4.4 사용자의 특성과 호감도

다음은 사용자의 특성이 로봇에 대한 호감도에 영향을 주는지를 분석하였다. 먼저 호감도를 종속변수로 하고 독립변수로는 자기효능감, 인간유사도, 동물유사도, 연령, 자신이 판단한 로봇에 대한 사전 지식의 정도, 성별, 그리고 로봇 사용 경험으로 본 다중회귀분석을 고려하였다. 여기서 자기효능감이란 특정한 과업을 잘 수행할 수 있을 것이라고 하는 개인의 믿음을

의미한다⁸⁾. 이는 본인의 지식, 기술, 능력을 모두 포함한 개념이다⁹⁾. 인간유사도와 동물유사도는 앞에서 살펴본 바 있는 특정 로봇 대상이 얼마나 인간과 유사해 보이는지, 그리고 동물과 유사해 보이는지에 대한 주관적 척도이다.

그 결과 표 8과 같이 자기효능감과 인간유사도, 그리고 동물유사도는 모두 호감도에 통계적으로 유의하게 정의 인과관계를 가지는 것으로 나타났다. 한편 연령과 로봇에 대한 선행지식, 그리고 성별은 모두 호감도 평가에 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나

표 8. 다중회귀분석 결과
Table 8. Multiple Regression Analysis Result

Variable	B	S.E	Beta	t-value
(constant)	1.498	.151		9.898***
Self-efficacy	.138	.020	.089	6.936***
Human likeness	.164	.011	.173	14.675***
Animal likeness	.478	.011	.520	43.965***
Age	-.001	.002	-.005	-.391
Robot knowledge	-.014	.017	-.011	-.844
Gender	-.035	.023	-.018	-1.490
Robot experience	.071	.039	.022	1.817*

Note: * p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01

표 9. 로봇사용경험 여부 집단별 유사도 비교
Table 9. Comparison of Group Similarity According to Robot Experience

Robot experience		Human likeness	Animal likeness	Affinity
Yes	Mean	2.4646	2.7479	3.6102
	N	2583	2583	2583
	S.D	1.67463	1.74123	1.58762
No	Mean	2.4244	2.7431	3.4937
	N	2628	2628	2628
	S.D	1.72489	1.76909	1.63668
Total	Mean	2.4443	2.7454	3.5515
	N	5211	5211	5211
	S.D	1.70012	1.75517	1.61345

표 10. 로봇사용경험 여부 집단별 유사도 비교 (ANOVA 분석)
Table 10. Comparison of group similarity according to robot experience (ANOVA analysis)

Robot experience		Sum of Square	df	Mean Square	F-value	Sig.
Human likeness	Between Groups	2.102	1	2.102	.727	.394
	Within Groups	15056.935	5209	2.891		
	Total	15059.037	5210			
Animal likeness	Between Groups	.030	1	.030	.010	.921
	Within Groups	16050.049	5209	3.081		
	Total	16050.079	5210			
Affinity	Between Groups	17.686	1	17.686	6.801	.009
	Within Groups	13545.068	5209	2.600		
	Total	13562.754	5210			

타났다. 다만 로봇 사용경험은 호감도에 미약하나마 정의 관계가 있는 것으로 보인다.

그래서 로봇사용경험이 유사도 평가에 미치는 영향을 분석하였다. 먼저 표 9에서 보는 바와 같이 로봇을 이전에 사용한 경험이 있는 집단과 없는 집단을 비교해 볼 때, 로봇사용경험이 있는 집단이 인간유사도, 동물유사도, 호감도에 대해 모두 더 높은 점수를 주는 것으로 보인다. 이를 좀 더 정확하게 분석하기 위해 ANOVA분석을 실시하였으며, 그 결과 표 10과 같이 로봇사용경험이 있는 집단이 그렇지 않은 집단에 비해 호감도에 있어 더 높은 것을 알 수 있다. 대신 인간 유사도나 동물유사도에 대한 평가는 로봇사용경험 여부와 유의한 관련이 없는 것으로 나타났다. 결론적으로 로봇사용경험은 언캐니밸리에 직접적으로 영향을 주지는 않되 호감도에는 영향을 주는 것으로 보인다.

V. 토 의

5.1 시사점

언캐니밸리의 존재는 불완전한 인간 유사도는 도리어 비호감의 원인이 된다는 것으로, 인간 유사도와 호감도 사이의 최적점이 존재함을 의미한다¹⁰⁾. 본 연구에서 최근의 휴머노이드를 대상으로 조사하였을 경우에도 언캐니밸리는 여전히 존재함을 실증적으로 보였다. 따라서 로봇 개발자는 언캐니밸리의 유형을 주의 깊게 분석하여 설계를 수행해야 한다. 이 관점에서 본 연구는 다음과 같은 몇 가지 시사점을 제공한다.

첫째, 인간유사도와 호감도 사이에서는 언캐니밸리가 존재하나 동물유사도와 호감도 사이에서는 발견되지 않았다. 이는 비호감의 원인이 인간의 형상인 경우에 발생한다는 점이다. 언캐니밸리는 불완전한 인간의 모습이 심각한 부상을 입은 모습이나 주검의 모습을

연상하여 부정적인 감정을 유발하기 때문에 나타나는 현상이다^{4,11)}. 이렇듯 언캐니밸리는 인간 개체의 일반적 모습과의 불일치성(inconsistency)에 기인한 것이다¹¹⁾. 실제의 모습과 불일치하는 모습에 대해서 비호감이 유발된다는 사실불일치이론(realism inconsistency theory)에서도 의인화된 개체(anthropomorphic entity)만을 대상으로 하였다^{12,13)}. Mori는 더 나아가서 동물에 대해서도 언캐니밸리가 발생할 수 있을 것이라고 했다⁴⁾. 그러나 이러한 경향이 인간이 아닌 동물의 형상에 대해서도 나타나는지에 대한 구체적인 조사나 실험은 없었다. 동물을 대상으로 하는 연구가 있었으나 이는 실제 동물 이미지로 실험했기 때문에 애완동물형 로봇에 대한 평가에 직접적으로 관련되지는 못한다¹¹⁾. 이에 비해 본 연구는 동물의 경우에는 비록 실제 동물과 불완전하게 묘사되더라도 사용자에게 의한 수용에는 큰 문제가 없음을 밝혔다. 즉, 사실불일치이론(realism inconsistency theory)은 애완동물형 로봇으로는 확장되지 않는 것임을 보인다.

둘째, 로봇의 역할이 기능 중심적으로 인지될 경우에는 상대적으로 호감도도 높으며 언캐니밸리가 발생하지 않고, 역할이 관계형, 즉 인간과 로봇과의 상호작용 자체가 목적인 경우에 언캐니밸리가 더 선명하게 나타났다. 기능 중심적인 경우에는 로봇에 기대하는 바가 비교적 단순하며, 상대적으로 관심은 상호작용의 풍부성보다는 과제 of 성취 여부에 있을 것이다. 이에 비해 관계형인 경우에는 대화 등 의사소통이 더욱 잦기 때문에 화법이나 말투, 표정, 동작 등 다양한 요인을 보고 판단해야 한다. 그렇다면 어떤 외양으로 어떻게 상호작용을 하는지는 관계성에서 더욱 두드러지게 관심사가 될 것이다. 그렇다면 의사소통을 하게 될 상대방이 익숙하지 않다면 호감도가 떨어질 수밖에 없을 것이다. 이는 범주화 난이도(Categoryization

difficulty)의 개념에서도 설명될 수 있다¹⁴⁾. 범주화 난이도란 범주화하기 애매모호한 개체(entity)를 대할 때 범주화에 소요되는 인지적 노력의 증대 등으로 말미암아 부정적인 인상을 가지게 되는 현상을 뜻한다. 로봇과의 상호작용에 있어서 인지적으로 고려해야 할 부분이 많게 되면 범주화 난이도가 증가할 가능성이 높아지기 마련일 것이며, 이때 기능형 로봇보다는 관계형 로봇이 더 고려할 부분이 많을 것으로 추론된다.

셋째, 자기효능감과 같은 사용자의 특성이 로봇에 대한 호감도에 영향을 주었다. 자기효능감이 높을수록 인지적 어려움을 극복하려는 경향이 강하여 인지된 사용용이성이 증가하는 경향이 있다¹⁵⁾. 따라서 자기효능감이 높을수록 로봇 작동에 대한 부담이 적고 더 익숙하게 다가갈 가능성이 높아 결국 호감도에 긍정적인 작용을 한 것으로 보인다. 실제로 로봇은 그 작동법에 대한 무지나 미숙함에 대한 두려움이 로봇에 대한 긍정적인 태도를 저해하는 요인이기도 하다. 언캐니밸리에 대한 기존 연구에서는 성별 등 간단한 것을 제외하고는 개인의 특성이 미치는 영향에 대한 연구를 거의 진행하지 않았다. 본 연구에서 성별의 경우 호감도에 차이가 없는 것으로 나타났는데 이는 Ho의 연구와 일치하는 것이다¹⁶⁾.

넷째, 로봇사용경험이 로봇의 호감도가 정의 상관관계가 있음은 휴머노이드나 애완동물형 로봇을 설계 제작함에 있어서 사용자 집단이 이미 경험을 가진 집단인지 아닌지에 따라 설계의 정교함을 위해 투입되어야 하는 노력의 양이 다를 수 있음을 시사한다. 로봇사용경험이 풍부할수록 범주화 난이도 관점에서 볼 때 로봇의 외양에 의한 범주화에 들어가는 인지적 노력은 적게 소모될 것이며, 따라서 부정적인 이미지를 가질 가능성도 적어질 것이다.

마지막으로, 본 연구에서는 다른 연구¹⁵⁾에 비하여 다양한 로봇 이미지에 대해서 더 큰 규모의 참가자들을 대상으로 실증분석을 실시하였다. 이는 연구결과의 타당성과 신뢰성을 높이는데 기여하였다.

5.2 추후연구방향

본 연구의 일반적인 적용을 위해서 주의할 부분이 있다. 먼저 본 연구에서는 실제 작동하는 로봇을 보면서 측정한 것이 아니다. 물론 대부분의 연구들이 다양한 로봇을 한 번에 한 곳에서 참가자들에게 노출시키는 것이 불가능하기 때문에 이미지 또는 동영상상을 동원하여 실험을 한다. 그러나 향후에는 로봇을 실제로 진열하고 직접 3차원적으로 관찰하면서 평가를 할 필요가 있을 것이다. 둘째, 설문은 한국인을 대상으로

하였다. 따라서 여기에 문화 차이 이슈가 존재할 수가 있다. 아직 문화적 차이가 언캐니밸리에 어떤 영향을 줄 수 있는지에 대한 연구는 진행된 바 없으나 로봇의 상호작용에 대한 인지와 판단에 문화적 차이의 이슈가 존재하는 것은 여러 연구에서 보고된 바 있다^{17,18)}. 또한 Uncanny Valley의 존재를 완전히 과학적으로 증명하기란 쉬운 일은 아니며, 본 연구에서는 선형모형과 비선형모형의 설명력의 차이를 검증하는 것으로 접근했다. 추후에는 선형성 분석을 위해 Engle-Granger 검정으로 보강할 수도 있을 것이다¹⁹⁾.

5.3 결론












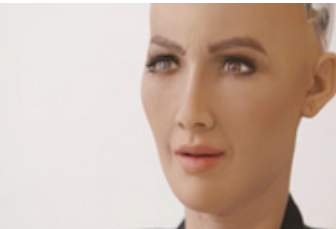




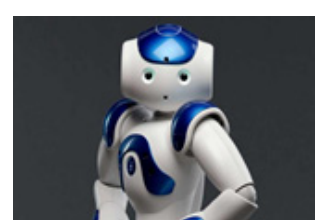

로봇에 대한 수용성에서 인간-기계 상호작용은 중요한 결정요인이다. 특히 휴머노이드의 경우 어떤 외양으로 결정하느냐는 상호작용의 기본이 된다. 그런데 무조건 인간과 유사하게 하려는 노력은 언캐니밸리라고 하는 현상 때문에 도리어 잠재적 사용자에게 거부될 가능성이 있다. 그러므로 언캐니밸리를 고려하여 설계를 정교화할 필요가 있다. 이에 본 연구는 로봇의 카테고리(인간, 애완동물 등)와 역할(기능형, 관계형)에 따라 유사도와 호감도 사이의 관계성이 차이가 날 수 있음을 실증적으로 보였다. 또한 로봇뿐 아니라 잠재적 사용자 입장에서 자기효능감이나 로봇을 사용했던 사전 경험의 유무 등의 개인 차이가 호감도에 유의한 영향을 주는 것임을 보였다. 결국 로봇과 잠재적 사용자 사이의 적합성(fitness)이 로봇 수용의 중요한 요인이 되는 것이다. 이러한 발견은 로봇의 사용 맥락에 따라 어느 정도의 유사도로 로봇의 외양을 설계해야 하는지를 더욱 깊이 이해하는 데 기여할 것이다. 향후에는 로봇의 동적 측면, 문화 차이의 변수들이 모두 고려된 언캐니밸리를 완성하여 최적의 로봇 설계에 대한 가이드라인을 제시할 필요가 있다.

References

- [1] M. Mori, "The uncanny valley," *Energy*, vol. 7, no. 4, pp. 33-35, 1970.
- [2] J. I. Seyama and R. S. Nagayama, "The uncanny valley: Effect of realism on the impression of artificial human faces," *Presence (PTVE)*, vol. 16, no. 4, pp. 337-351, Aug. 2007.
- [3] C. Bartneck, T. Kanda, H. Ishiguro, and N. Hagita, "Is the uncanny valley an uncanny cliff?. In robot and human interactive

- communication,” in *Proc. IEEE Int. Symp. 2007*, pp. 368-373, Jeju Island, 2007.
- [4] M. Mori, K. F. MacDorman, and N. Kageki, “The uncanny valley [from the field],” *IEEE Robot. Autom. Mag.*, vol. 19, no. 2, pp. 98-100, Jun. 2012.
- [5] K. F. MacDorman, “Subjective ratings of robot video clips for human likeness, familiarity, and eeriness: An exploration of the uncanny valley,” in *Proc. ICCS/CogSci-2006*, pp. 26-29, Vancouver, Canada, Jul. 2006.
- [6] Y. S. Jin, H. J. Park, and O. B. Kwon, “A study on the human factors which affect the shape of uncanny valley,” in *Proc. KICS 2018*, pp. 654-655, Jeju Island, Korea, Jun. 2018.
- [7] J. C. Nunnally and I. H. Bernstein, *Psychometric theory*, New York: McGraw-Hill, 1967.
- [8] A. H. Huffman, J. Whetten, and W. H. Huffman, “Using technology in higher education: the influence of gender roles on technology self-efficacy,” *Comput. Human Behav.*, vol. 29, no. 4, pp. 1779-1786, Jul. 2013.
- [9] D. R. Compeau and C. A. Higgins, “Computer self-efficacy: development of measure and initial test,” *MIS Q.*, vol. 19, no. 2, pp. 189-211, Jun. 1995.
- [10] M. B. Mathur and D. B. Reichling, “Navigating a social world with robot partners: A quantitative cartography of the uncanny valley,” *Cognition*, vol. 146, pp. 22-32, Jan. 2016.
- [11] J. Kätsyri, K. Förger, M. Mäkäräinen, and T. Takala, “A review of empirical evidence on different uncanny valley hypotheses: support for perceptual mismatch as one road to the valley of eeriness,” *Front. Psychol.*, vol. 6, Apr. 2015.
- [12] K. F. MacDorman, S. K. Vasudevan, and C. C. Ho, “Does Japan really have robot mania? Comparing attitudes by implicit and explicit measures,” *AI & Society*, vol. 23, no. 4, pp. 485-510, Jul. 2009.
- [13] K. F. MacDorman and D. Chattopadhyay, “Reducing consistency in human realism increases the uncanny valley effect; increasing category uncertainty does not,” *Cognition*, vol. 146, pp. 190-205, Jan. 2016.
- [14] Y. Yamada, T. Kawabe, and K. Ihaya, “Categorization difficulty is associated with negative evaluation in the “uncanny valley” phenomenon,” *Jpn. Psychol. Res.*, vol. 55, no. 1, pp. 20-32, Jan. 2013.
- [15] A. B. Ozturk, A. Bilgihan, K. Nusair, and F. Okumus, “What keeps the mobile hotel booking users loyal? Investigating the roles of self-efficacy, compatibility, perceived ease of use, and perceived convenience,” *Int J. Inf Manage*, vol. 36, no. 6, pp. 1350-1359, Dec. 2016.
- [16] C. C. Ho and K. F. MacDorman, “Measuring the uncanny valley effect,” *Int. J. Soc. Robot*, vol. 9, no. 1, pp. 129-139, Jan. 2015.
- [17] S. Šabanović, C. C. Bennett, and H. R. Lee, “Towards culturally robust robots: A critical social perspective on robotics and culture,” in *Proc. ACM/IEEE Int. Conf. HRI. 2014*, Bielefeld, Germany, Mar. 2014.
- [18] C. C. Bennett, “The effects of culture and context on perceptions of robotic facial expressions,” *Interact Stud*, vol. 16, no. 2, pp. 272-302, Jan. 2015.
- [19] R. F. Engle and C. W. J. Granger, “Co-integration and error correction: Representation, estimation, and testing,” *Econometrica*, vol. 155, pp. 251-276, 1987.

Appendix A. Robot Image Used in the Experiment

		
Boston Dynamics Robots	Domgy	Bandai Smartpet Robot Dog
		
3d Pet	HPI's G-Dog	Sony Aibo
		
Sony ERS-210S AIBO	GENIBO	Wow wee CHIP
		
Akin Robotics	Bunraku	Sophia
		
HRP-4C	3D-Printed	3D-Printed(2)
		
H007	NAO	Kengoro

 <p>NUGU</p>	 <p>Articulated Robot</p>	 <p>Yumi Robot</p>
 <p>JIBO</p>	 <p>SEGO</p>	 <p>Sawyer</p>
 <p>Robot vacuum cleaner</p>	 <p>AppBot-LINK</p>	 <p>DaVinci</p>

Source

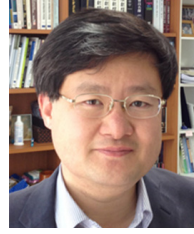
- Dogmy: <https://www.youtube.com/watch?v=yVstq2ybotI>
- Bandai Smartpet Robot Dog: <https://www.amazon.com/Bandai-Smartpet-Robot-Dog-White/dp/B007NQJH76>
- 3d Pet: <https://www.my3dselfie.com/products/pet-clones>
- HPI's G-Dog: <https://www.youtube.com/watch?v=5uZ-JcBAcwk>
- Sony Aibo: <https://us.aibo.com>
- Sony ERS-210S AIBO
- GENIBO: <https://www.youtube.com/watch?v=EwNaNKNrgqU>
- Wow wee CHIP: <https://www.youtube.com/watch?v=fSByydx1JdU>
- 3D-Printed: https://www.google.com/search?biw=1745&bih=829&tbm=isch&sa=1&ei=ZPbwWve-DcO80ATEv62YBw&q=3d+printed+face&oq=3d+printed+face&gs_l=img.3..0i19k113j0i30i19k113.11823.21910.0.22017.15.13.0.2.2.0.146.1414.0j13.13.0....0...1c.1.64.img..1.14.1324...0j0i30k1.0.OtdesTIBisE#imgrc=pSzqh964bYL9kM:&spf=1525741182265
- 3D-Printed(2): <http://fwfx.info/face-transplant-richard-norris.html>
- H007: <https://www.pinterest.co.kr/pin/136445063688847147>

진 윤 선 (Yoonsun Jin)



2014년 8월 : 숙명여자대학교 e
비즈니스학과 석사
2015년 3월~현재 : 경희대학교
경영학과 박사수료
2018년 11월~현재 : 한국우편사
업진흥원 연구원
<관심분야> 빅데이터, 공공데
이터, 텍스트마이닝

권 오 병 (Ohbyung Kwon)



1988년 2월 : 서울대학교 경영학
과 졸업
1990년 2월 : 한국과학기술원 경
영과학과 석사
1995년 2월 : 한국과학기술원 경
영과학과 박사
2004년 3월~현재 : 경희대학교
경영대학 경영학과 교수
<관심분야> 빅데이터분석, 사물인터넷, 의사결정지원
시스템