Title

Development of Usability Evaluation Criteria for Senior Friendly Autonomous Transportation Robot

ABSTRACT

The purpose of the study is to develop quantitative usability evaluation criteria for senior friendly autonomous transportation robot. Recently the Republic of Korea is the most rapidly aging society, anticipated to enter the post-aged society in 2026. To raise the quality of life of seniors with limited mobility and to reduce the burden of caregivers, many high tech assistive products with information technologies are developed nowadays. The senior friendly autonomous transportation robot is one person robot vehicle to move senior to the destination. Mostly it is built to operate in house facility like hospitals. With built-in navigation system and environmental monitoring censors, it automatically finds the path to the destination and avoids collision to obstacles and pedestrians on the way. Due to the early stage of the product, few usability studies in this field have been done, mostly general service robot to assist seniors, power wheelchairs and delivery robots. ISO and KS standards for the service robots are focused on safety. Based on the reference usability index, we developed the early draft of the usability evaluation questionnaires. With the results of small group test and interviews, the experts modified the initial draft to the Usability Evaluation Criteria for Senior Friendly Autonomous Transportation Robot (UEC-SFATR). UEC-SFATR is consisted of 4 subscales - Safety, Controllability, Efficiency and Satisfaction. 4 groups of seniors, divided by gender and user experiences of the Smart-device, participated to assess the reliability of UEC-SFATR. All of the 4 subscales of UEC-SFATR passed the reliability criteria. UEC-SFATR covers wider area of user experiences of SFATR and good measurement tools to help both the users and developers of the robot.

Keywords

Usability evaluation, Autonomous Transportation Robot, Senior, Mobile Service Robot

1. Introduction

한국은 전세계 국가 중 고령화가 가장 빠르게 진행되고 있는 국가로 현 추세가 지속된다면 2018 년에 14.3%로 고령사회로, 이후 8 년 후인 2026 년에는 초고령사회(20.8%)에 진입할 것이며 2050 년에는 65 세 이상 고령인구의 비중이 38.2%로 전 세계 최고령사회가 될 것으로 우려되고 있다(Choi, 2007). 경제적으로 보면 정년을 맞은 한국의 전후 베이비붐 세대가 50 대가 되면서 고령화 시대의 새로운 소비계층 '뉴 시니어(New Senior)로 부상하고 있는데, 이들은 종전 시니어세대와는 달리 여유 자산을 기반으로 적극적인 소비활동을 하는 세대가 중심이 되고 있다. 이미 이들은 총인구 중 50 대 인구의 비중이 13.7%를 넘어섰고, 가구주 연령이 50 대인 가구의 소비지출 비중은 국내 전체 소비의 22.5%에 이르며(Ahn, 2011), 신세대 고령인구의 뉴 시니어는 삶의 과정 동안 문화적, 경제적으로 급속한 발전을 목도한 세대라는 점에서 기존의 시니어와 구분된다. 문화적으로는 해외대중문화가 유입되고 한국의 대중문화가 질과 다양성 측면에서 급격히 진화하였던 1960~ 70 년대 유년기 청년기 시절을 보내 젊음과 창의성의 가치를 중요시하고 문화적 감수성이 발달하였으며 또한 청년기, 장년기에는 눈부신 경제 발전의 주역으로 활약하여 특유의 성취감과 자긍심을 갖고 있고 학습의지도 높으며, 또한 최근 은퇴시기를 맞으며 여유를 되찾은 뉴 시니어는 젊은 시절의 감성을 되찾고 싶은 깊은 향수를 느끼는 한편, 은퇴와 자녀의 독립 등으로 인한 삶의 단계변화에 따른 불안감도 갖고 있다(SERI, 2011).
이런 고령화 사회에서는 노년기를 건강하고 활동적으로 보내고 적절한 삶의 질을 유지하는 것이 가장 중요한

과제가 될 것이다. 고령화에 대한 정책수립은 과거 단순히 신체 정신기능의 쇠퇴에 따른 불편함을 해소하는 차원에서 발전하여, 현재는 은퇴 이후에도 일반인들과 마찬가지로 삶의 질을 확보해 주는데 초점이 맞춰지고 있고 노년기 삶의 질에 가장 영향력 있는 요인으로 심리학적 요인 중 노인의 성격, 정서가 생활만족에 영향을 미치는 것으로 보았고, 더욱이 연령, 종교, 사회모임, 결혼, 친구 등 사회적 네트워크와 참여수준의 정도가 삶의 질에 영향을 미치는 요인으로 나타났다(Cutler, 1973).
고령화 세대의 신체적, 정신적, 사회적 한계를 극복하고, 노년기의 삶의 질을 보장해주는 방법 중 하나로 대두되는 것이 IT 기술의 적극적으로 도입이며 지난 10 년간 우리나라는 IT 기술의 발달로, 인간생활 전반에 걸친 편리성을 제공함은 물론, 인맥관계 관리 등 시공간의 제약 없이 양질의 여가서비스를 받고 있다,(Lee & Seo, 2010). 그리고 IT 및 디지털 가전기술의 발전으로 통해 인간과 공존하는 환경에서 다양한 기능을 수행하는 로봇이 개발되어 실용화되고 있고, 특히 보행훈련 로봇, 이동보조 로봇, 간호로봇 등 다양한 형태의 로봇이 보다 나은 보건의료서비스를 제공하기 위해 개발되고 있다(Lee, 2004).
물리적 신체적 제한을 극복하기 위한 노력으로 신체활동 보조를 하는 로봇은, 기존의 기계 조정을 인간에게 전적으로 의존했던 전동 휠체어의 한계를 넘어 정신적으로 판단력이 취약한 고령층의 활동을 지원하기 위해 위치추적, 네비게이션, 사물인식 등 위치기반의 IT 기술을 접목시킨 이동로봇에 대한 개발이 이루어지고 있다
현재 여러 산업분야에서 사용성평가가 다양하게 이루어지고 있으나 고령친화제품에 맞는 평가지표 개발의 연구부족으로 보다 객관적이고 체계적인 사용성평가가 이루어지지 못하고 있다. 선행연구를 보면 고령자의 신체 기능(감각능력, 근력, 유연성, 운동기능 등)및 정신적 능력(기억력, 학습능력 등)은 청장년층에 비해 현저하게 저하된 상태이므로, 고령친화제품 개발 및 연구에 대해 일반 제품과 같은 시각에서 접근하는 것은 많은 문제를 유발하게 된다(Rogers, et al, 1998).
이에 사회환경의 변화에 따른 고령친화산업의 수요에 대응하고 국내 산업계의 발전과 기술 경쟁력의 바탕이 될 수 있는 고령친화제품의 사용성평가 체계 구축과 더불어 품목별 사용성평가 지표 개발이 시급한 상황이다.
본 연구에서는 고령친화 제품 중 가장 기술적으로 발전된 이동보조 서비스 로봇(이하 이동보조 로봇/ SFATR: Senior Friendly Autonomous Transportation Robot)인 사용성평가 지표 개발 및 사용성에 대하여 평가기준을 제시하고자 한다.
이는 기업의 신제품 개발에 필요한 실사용자그룹의 만족도를 측정할 기준을 마련함과 동시에 이동로봇에 대한 신개념과 사용자의 피드백을 시스템적으로 제공하는 기회를 마련하고자 한다. 이는 궁극적으로 고령자들의 신체적, 정신적 제약을 극복하기 위해 IT 융합기술을 도입한 제품을 적극적으로 보급할 수 있는 기회를 넓혀줄 것으로 기대한다.

2. Method

본 연구는 이동보조로봇의 사용성평가 지표를 개발하기 위해 1) 이동보조로봇의 제품 컨셉을 분석한 후, 2) 문헌고찰을 통해 관련 제품 컨셉을 공유하는 제품들의 기존 사용성평가 지표 사례를 살펴보고, 3) ISO 의 사용성평가 요소(ISO 9241-11)를 바탕으로 개발된 고령친화제품의 사용성평가 기준에 부합하도록 사용성평가 예비지표항목을 도출하고, 4) 전문가 평가와 사용자 평가를 통해 평가 지표를 개발하고, 검증한 후 이를 적용했다.

2.1 Concept of the SFATR (Senior Friendly Autonomous Transportation Robot)

이동보조로봇 (SFATR)은 일상생활에 제한이 있는 노약자들이 대형 실버타운 혹은 병원 등 한정된 공간의 각종 편의시설과 복지공간을 타인의 도움을 최소한으로 받으며 이동할 수 있게 해주는 제품이다. 이동보조 서비스 로봇에 노약자가 탑승하여 간단한 조작을 통해 목적지를 지정하면 로봇의 위치인식 시스템과 전자지도, 주변 사물 인식 시스템을 통해 최적의 경로를 찾고, 안전하게 이동할 수 있도록 해주는 자동주행 하는 것을 주 기능으로 하며, 그 이외에 보행 보조를 통한 재활운동, 안내자 추종주행, 복잡한 생활 공간에서의 위치 추정시스템에 의한 공간 정보 서비스 기능을 제공한다.

노약자 및 시각장애인을 위한 이동보조로봇은 독일 Fraunhofer Institute for Manufacturing and Autpmation 사의 Care-O-Bot, EU 의 Telematics Applications Programme 의 연구프로젝트로 개발된 PAM-AID (Personal Adaptive Mobility AID for frail visually impaired), Carnegie Mellon 대학의 Nursebot, MIT 의 PAMM (Personal Aid for Mobility and Health Monitoring), 등이 있으며, 한국의 이디, 이산솔루션 등도 최근 프로토타입의 제품을 선보인 바 있다.
이동보조로봇은 독자적 혹은 주변에 설치되어 있는 각종 위치정보 보조시스템을 이용 현재의 위치를 파악하고, 이동 중 장애물 등 돌발상황을 파악하는 센서모듈과, 가고자 하는 목적지까지 가장 안전하고 효율적인 경로를 탐색하여 이동을 유도하는 내비게이션 모듈, 그리고 실제 목적지까지의 물리적인 이동을 구현하는 운행모듈, 그리고 사용자와의 정보 입출력을 담당하는 UI 모듈로 나눠져 있다. 제품 형태로는 보행이 전혀 불가능한 노약자까지 보조할 수 있는 전동휠체어 타입과, 거동이 불편하긴 하지만 어느 정도 걸을 수 있는 노약자를 대상으로 한 전동보행기 타입 등이 있다.
2014 년 현재까지 실용화된 이동보조로봇의 가동 범위는 요양원, 병원 등 건물내이거나, 가장 발전된 형태라도 Silver Town Complex 정도의 대부분 실내에 국한되고 있다.
전술한 바와 같이 이동보조로봇의 개념이 아직 충분히 실용화, 보급화된 단계도 아니고, 제품의 형태 역시 일정한 것이 아니기 때문에, 제품의 핵심적인 기능을 바탕으로 사용성평가 지표를 만들 수 밖에 없다. 특정제품의 구체적 기능보다는 대부분의 이동보조로봇에 공통적으로 포함된 기본 기능을 평가할 수 있는 지표를 개발하도록 한다.

2.2 Process to develop the Usability Evaluation Criteria for the ATR

이동보조로봇의 사용성 지표 (UEC SFATR: Usability Evaluation Criteria for Senior Friendly Autonomous Robot)는 다음과 같은 단계를 거쳐 도출되었다.
1 단계로 다양한 형태의 이동보조로봇 제품들이 공유하는 핵심 기능을 확인하고, 2 단계로 그 핵심기능들을 포함하는 유사 제품의 사용성 지표를 벤치마킹하며, 3 단계로 우리나라 및 해외의 서비스 로봇 관련 혹은 고령자 혹은 노약자용 제품과 관련된 사용성 지표 및 평가 기준에 대한 선행연구들을 살펴보았다. 4 단계에서는 2, 3 단계에서 수집된 사용성평가 지표를 바탕으로 이동보조로봇에 대한 예비 사용성 지표항목과 세부질문 사항을 정리하였다. 5 단계에서는 이렇게 정리된 질문리스트를 로봇, 사용성평가, 고령자용 제품 전문가 등 5 인으로 구성된 전문가 집단의 자문을 거쳐 수정, 보완, 개선 과정을 거쳤으며, 6 단계에서는 이렇게 수정된 사용성평가 지표 및 질문리스트를 실제 이동보조로봇을 충분한 시간동안 이용한 고령자 사용자들에게 배포하고, 평가를 받았다. 7 단계에서는 이렇게 수집된 전문가 및 일반인 대상의 설문결과를 통계분석하여, 신뢰성 및 타당성을 확보하는 검증과정을 거쳤다.

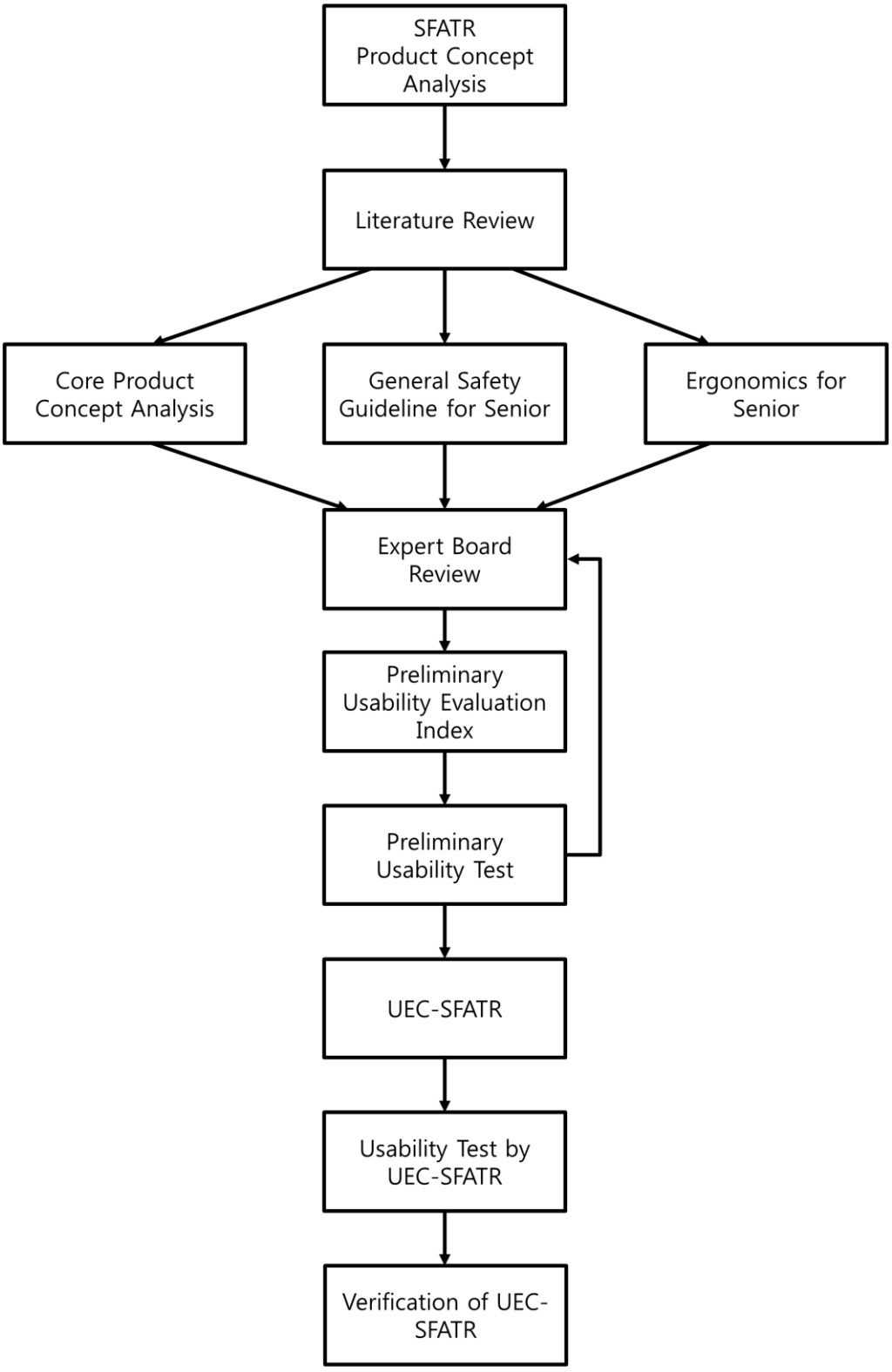

Figure 1. Development Process of the UEC-SFATR

2.2.1 Core product concepts of the SFATR

전술한 바와 같이 다양한 형태의 이동보조로봇이 개발되고 있지만, 현재 상용화에 가장 근접하고, 또 가장 유연하게 이동보조 기능을 수행할 수 있는 서비스 로봇은 전동휠체어를 기반으로, GUI(Graphic User Interface)기반의 입출력 기능과, 내비게이션 기능, 각종 센서부를 통해 안전하고 편안한 주행을 가능하게 만든 제품의 형태로 만들어졌다. 즉 벤치마킹 대상의 제품군으로 보자면, 전동휠체어, 스마트폰/태블릿 PC 등 스마트기기, 내비게이션, 그리고 요양보호사의 특징을 복합적으로 가진 제품이라고 할 수 있다.

2.2.2 Related Studies of the SFATR

노약자를 위한 이동보조로봇에 대한 사용성평가는 보조과학기술 (Assistive Technology)의 사용성평가를 기초로 한다. 신체의 일부가 제 기능을 하지 못하는 노약자, 장애인 등의 활동을 보조해주기 위한 기술이 적용된 제품의 평가를 위한 도구로는 S. Arthanat, Bauer, Lenker, Nochajski, and Wu (2007)의 USAT (Usability Scale of Assistive Technology)이 있다. 또한 이를 전동휠체어에 적용한 사용성 연구 역시 Sajay, et. al (2009)에 의해 진행되었으며, 단순 전동휠체어가 아니라, 안전성을 높인 충돌방지기능을 갖춘 전동휠체어에 대한 사용성 연구도 Wang. 등에 의해 이루어졌다(2011). 국내에는 전동휠체어의 사용성평가 지표에 대한 연구는 전무한 실정이며, 수동휠체어에 대한 연구도 대부분 휠체어를 사용할 수 있는 환경에 대한 설계, 접근성 평가 등에 집중되어 있고, 휠체어 자체의 사용성평가 지표에 대한 연구는 고령친화산업 사용성평가 지표개발 (2011)에 의해 수동휠체어의 사용성평가 지표 개발 연구 정도에 국한되어 있다.
GUI 기반의 입출력기능에 대한 연구는 Kim 과 Noh (2013)의 웹사이트 사용성평가 등이 있으며, 모바일 내비게이션 어플리케이션에 대한 사용성평가는 (Jeong & Jeong, 2013)에 의해 연구된 바 있다.
위와 같은 서비스로봇 관련 제품에 대한 선행연구에서 이동보조로봇의 사용성평가와 관련된 항목을 정리하면 표 1 과 같다.

Table 1. Comparison of Usability Criteria for Autonomous Transportation Robot related studies

	USAT	Wang	KHIDI	Kim, Y.H.	Jeong, Y.S
Domain	General	Power Wheelchair	Wheelchair	Web Site	MobileUX
Effectiveness	O	O		O	O
Efficiency	O	O		O	O
Ease of use	O	O	O	O	
Suitability	O		O	O	O
Adjustability	O		O	O	O
Reliability	O		O		
Comfort	O	O	O		
Appearance	O	O	O		O
Storage	O				
Portability	O				
Safety	O		O		
Privacy & Security	O				
Environmental impact	O	O			
Novelty	O				

Durability	O				
Maintenance	O				
Value/Worthiness	O	O			
Satisfaction		O	O	O	O
Speed		O			
Learnability	O			O	O
Noise	O		O		
Accessibility	O			O	O
Controllability			O	O	
Easy to Clean			O		
Readability				O	
Clarity				O	
Feedback				O	

한편 서비스 로봇 관련 국가 규격으로는 한국 지식경제부 기술표준원의 KS 서비스 로봇의 안전 지침 KS B 6936 및 서비스 로봇의 안전 통칙 KS B 6935 이 있다. 또한 우리나라보다 고령화 사회에 대한 인식이 앞서 있는 일본의 경우 일본공업규격 JIS 를 통해 모든 정부조달물품에 대해 고령화 인구를 배제하지 않을 것을 요구하고 있다. 2004 년부터 JIS X8341 시리즈 (정보통신기기, 소프트웨어 및 서비스에 대한 고령자, 장애자 배려설계지침) 제정하였고, 2014 년에는 자국의 생활지원로봇 안전규격을 국제표준규격 (ISO 13482)로 지정받았다. 미국도 2001 년 Rehabilitation Act 508 조 개정을 통해 정보접근성 배려제품을 정부조달 기준으로 정하고 있다.

2.2.3 Preliminary Usability Evaluation Criteria of the SFATR

이동보조로봇의 연관제품 사용성평가에 대한 선행연구와, 한국 및 일본 등 주요국가의 서비스로봇에 대한 안전지침을 바탕으로 다음과 같은 원칙에 의해 전문가 회의를 거쳐 예비지표를 도출하였다.

첫째, SFATR 의 제품 및 서비스 측면에서의 핵심 기능분석
둘째, 선행연구의 대상이 된 제품 및 서비스가 제공하는 핵심 기능과의 공통점/유사점 비교
셋째, 고령친화적 제품에 공통적으로 요구되는 안전 규격 등 분석
넷째, 사용자(=고령자)의 신체적, 정신적 특성 반영
다섯째, SFATR 의 본격보급을 위한 상품성

이와 같은 원칙에 입각하여, 전문가의 자문을 통해 Safety, Controllability, Efficiency, Satisfaction 의 4 개 영역의 예비지표를 도출하였다.

<u>Safety</u>

이동보조로봇의 대상이 거동이 불편하거나, 반사능력이 일반인보다 떨어지는 고령자 혹은 장애인을 대상으로 하는 제품인 만큼, 가장 먼저 고려되어야 할 사용성평가 지표는 '안전성'이다. 지식경제부 기술표준원의 KS 서비스 로봇의 안전 지침(KS B 6936) 및 서비스 로봇의 안전 통칙(KS B 6935)에 따르면 서비스 로봇의 위험원을 기계적 위험원, 전기적 위험원, 열적 위험원, 소음으로 인한 위험원, 인간 공학적 원리를 무시할 때 발생하는 위험원, 인간이 탑승할 때 발생하는 위험원 등으로 분류하고 있다. 본 연구에서도 이를 기준으로 제품특성을 고려한 안전성 평가 항목을 도출하였다.
제품 자체가 스스로 움직이는 이동성을 갖추고 있고, 또 제품의 사용환경이 실내, 실외 등 다양하며, 제품이 고령자에게 부담이 될 수 있을 정도로 상당히 무겁기 때문에, 각종 상황에서의 안정적 동작이 가장 기본적인 평가항목이 되었다. 예비 사용자 평가에서는 '정지', '이동'의 두 가지 상황에서

제품이 넘어지거나 신체에 줄 위험성을 평가하였다. 또한 상대적으로 약한 자극에도 부상의 위험성이 큰 고령자의 신체특성을 감안하여, 로봇이 사용자와 접촉했을 때를 가정하여, 사용자의 부상위험 정도를 '접촉유해성' 항목으로 평가하였다.
그 외에도 로봇의 가동, 혹은 이동시 탑승 혹은 가동범위 주변의 고령자들이 충분히 그 것을 인지하고 대응할 수 있는가 하는 '이동속도', '반응정도'에 대한 평가와, 전기모터 작동 기기로서의 '감전위험성'도 평가 대상에 포함시켰다.

Controllability

이동보조로봇은 고령자들이 스스로 로봇을 조작해서, 자신이 원하는 위치로 자동 또는 수동으로 이동을 하는 것을 기본 기능으로 하고 있다. 보조자의 도움 없이 직접 로봇을 다루는 것이니만큼 IT 기기에 익숙하지 않은 고령자의 행동 특성, 학습능력과, 사용자를 태우고 실내 / 외를 이동하는 기기의 특성을 감안할 때, 직관적이고, 쉽게 배울 수 있으며 위기상황에 대처가 가능한 '조작성'의 확보가 필수적이다. 또한 이동보조로봇 자체가 사용자를 싣고 원하는 목적지까지 이동을 하는 제품이므로 '구동성'에 대한 평가지표도 추가하였으며, 이는 원하는 지점까지 이동을 정확하게 하는 정도를 나타내는 방향성 정도를 측정하였다. 이동 중 비상사태 및 기타 상황에 대처하기 위하여 사용자가 원하는 즉시 멈출 수 있는 브레이크 작동에 대한 정도를 평가하였다. 여기에는 브레이크의 작동과 해제에 대한 문항이 포함되었다.

Efficiency

이동보조로봇은 이동에 중점을 두고 있는 기기이므로 누구나 쉽게 조작이 가능하고, 일관적이고 정확한 정보를 제공하여 사용자가 이용을 하는데 간편하게 하는 것이 중요한 요소이다. 조작성과 더불어, 사용자들이 원하는 목적지로 가고자 로봇을 이용할 때, 그 조작법을 얼마나 쉽고 빠르게 습득할 수 있는가에 대한 학습용이성도 중요한 평가기준이 된다. 또한 이동 또는 정지 중, 사용자가 POI(Point of interest : 관심지역정보), 검색결과 등에 대하여 정확한 정보를 받을 수 있는지에 대한 평가도 필수적이다. 그 외에 사용자가 IT 기기에 대한 사전 지식이나 경험 없이도 바로 사용이 가능한지를 평가하는 '접근성', 인터페이스가 사용자에게 혼란을 주지 않는지에 대한 '일관성', 운전상황에서 로봇이 제공하는 정보를 사용자가 얼마나 쉽게 인식할 수 있는지에 대한 '가시성', 그리고 사용자가 필요한 정보만을 제공하는가에 대한 '간결성'에 대한 평가 항목도 포함시켰다.

Satisfaction

이동보조로봇에 대한 사용성평가에는 전술한 제품 기능에 대한 평가도 중요하지만, 결국 그 제품을 사용해본 경험에 대한 평가가 제품의 질을 판단하는 중요한 지표가 된다. 만족도 평가 항목은 이동보조로봇을 사용한 경험에 대한 만족도를 세부항목으로 평가하기 위한 지표로, 사용자가 기대하는 기능을 제품이 얼마나 충실하게 반영되고 있는지를 평가한다.

Table 2. Preliminary criteria of the UEC-SFATR

Domain	Item
Safety	Stability(Moving, Stop, Heel), Contact hazard, Moving Speed, Responsiveness, Electric shock Safety
Controllability	Power Switch, Display, Charge, Moving, Installation, Contents, Driving, Break, Arm rest, Foot Stand, Leg Support, Frame
Efficiency	Ease of Learning, Accessibility, Accuracy, Consistency, Visibility, Simplicity
Satisfaction	Ease to use, Driving Stability, Machine weight, Ergonomics, Mobility, Driving Comfort, Noise, Aesthetics, Expandability, Customizability, Exterior Design, Manual Comprehensibility, User Environment, Persistency, Product Recommendation, Service Quality

2.3 Verification of the Preliminary Criteria of the UEC-SFATR

2.3.1 Participants

예비 사용자 평가를 위한 대상자 수는 Virzi (1992), Nielsen and Landauer (1993), Wharton, at el (1994) 등에 의해 처음으로 주장되었고, Nielsen(2000)에 의해 정리된 사용자 평가의 매직넘버 5 원칙에 의거하여 실 사용자 5 명으로 선정하였다.
예비 사용자 평가에 참여한 실사용자 5 명은 스마트 기기의 사용경험이 있는 60 세 전후의 고령자 중 사용성평가에 자발적으로 참여의사를 밝힌 자로, 한국형 간이 정신상태 검사 결과 23 점 이상이고, 설문조사에 참여할 정도로 한글의 읽기와 쓰기가 가능한 자를 대상으로 선정하였다.
전문가 집단은 고령친화제품에 대한 기능과 속성을 충분히 이해하고, 고령자의 신체적.정신적 특성을 고려할 수 있으며, 스마트기기의 특성을 잘 알고 있어 대상기기를 평가하고 분석할 수 있는 전문가로 구성하였다. 로봇기술 전문가 1 인, 사용성평가 전문가 1 인, 스마트 기기 UX 전문가 1 인, 고령친화제품 전문가 1 인, 고령층 의료 전문가 1 인 등 총 5 명이 사용성평가 지표를 도출하는데 참여하였다.

2.3.2. Preliminary Test Procedure

이동보조로봇 사용자 예비평가 항목에 대한 검증은 제품의 실제 사용그룹이 될 고령자 5 명을 대상으로 하여 SFATR 을 사용하게 한 후, 예비평가 항목 설문지와 인터뷰를 통해 사용성 및 설문지에 대한 이해도를 평가하였다.
그 결과를 전문가 집단 (5 명)의 검토를 거쳐 수정 보완해서, 최종 사용성평가 지표를 도출하였다.

2.3.3. Preliminary Results Review

예비평가 항목에 대한 검증에서 중점을 둔 사항은, 첫째, 일반 사용자들이 설문지 문항을 정확히 이해하고 응답하는가, 둘째, 세부 문항이 평가하고자 하는 개념을 정확히 질문하고 있는가, 셋째, 너무 중복되거나, 모호한 항목은 없는가 등이었다.
일반인 5 명 대상의 예비평가 설문결과 및 보충 인터뷰를 전문가 자문회의 평가 결과, 중복성이 강한 정지안정성 등의 문항을 통합하고, 사용자들이 이해하기 힘든 모호한 접촉유해성, 일관성 등의 항목에 대해 좀 더 명확하고 상세히 기술하였으며, 이동보조로봇의 특성을 제대로 반영하지 못한 안전성, 만족도 등의 항목은 질문을 추가 및 개선하였다.
이 같은 사항을 반영하여 본 평가지를 개발하였다.

2.4 Usability Tests by the UEC-SFATR

확정된 이동보조로봇 사용자평가 지표 및 설문지로 실제 고령자를 대상으로 한 본 평가를 실시하였다.

2.4.1 Participants
예비 사용자 평가와 마찬가지로 본 평가에 참여한 실사용자들은 모두 스마트 기기의 사용경험이 있는 60 세 전후의 고령자 중 사용성평가에 자발적으로 참여의사를 밝힌 자로, 한국형 간이 정신상태 검사 결과 23 점 이상이고, 설문조사에 참여할 정도로 한글의 읽기와 쓰기가 가능한 자를 대상으로 선정하였다.
연구 대상자 수 역시 Nielsen 의 사용자평가 매직넘버 5 를 기준으로 하되, 좀 더 정확한 평가를 위해 각각 특성이 다른 4 개 집단으로 나눠 평가를 실시하였다. Nielsen 의 매직넘버 5 의 원칙(2003)은 특정 제품의 사용성문제를 비용대비 효과 측면에서 가장 효율적으로 찾아내기 위한 대상자수 산정 원칙으로, 대표성을 가진 5 명의 사용자라면 평가대상 제품의 사용성문제를 80% 이상 찾아낼 수 있다는 것이다.

본 연구의 대상제품이 첨단기술을 바탕으로 한 스마트 기기이고, 대상 사용자가 고령인구 전체라는 점을 감안하면, 대표성을 가진 사용자를 선정하는데 있어서도 다양한 요소를 고려하지 않을 수 없었다. Mayes and Fowler (1999), Massey, Khatri, and Montoya-Weiss (2007)등 기술집약적 제품 및 정보기술에 대한 연구에서, 기술수용도 및 사용성에 가장 큰 영향을 주는 요소는 성별과, 기술숙련도이다. 즉 본 연구 대상인 첨단기술제품에 대한 사용성평가에서 대상제품의 사용자를 명확히 대표할 수 있는 사용자군을 뽑으려면 성별과, 기술숙련도, 즉 기술에 대한 경험과 익숙한 정도가 반드시 고려되어야 한다.
따라서 성별 (남성 vs 여성), 기술숙련도 (익숙 vs 미숙)의 집단으로 나눠 각각 집단별로 5 명씩을 선발, 총 20 명을 대상으로 하는 것이 연구대상 제품군의 문제점을 찾아내는데 가장 효율적이고 바람직한 연구대상자군이 된다고 판단하였다.
본 연구의 기술 숙련도의 기준 중 스마트 기기 미숙은 스마트폰을 사용하지만 단순한 전화, 문자만 주고받는 경우, 컴퓨터를 사용하나 단순히 인터넷 기사만 보는 경우 이며, 스마트 기기 익숙은 스마트폰을 사용하면서, 전화 문자 외의 어플리케이션(SNS 어플리케이션, 메모 어플리케이션 등)을 잘 활용하는 경우, 컴퓨터를 사용하면서 단순한 인터넷 기사 검색 외에, 소셜 네트워크 서비스 인스턴트 메신저, 커뮤니티 활동을 하는 경우이다.
실험 참가자 총 20 명의 평균 연령은 만 68.5 세(±6)였으며, 전술한 바와 같이 남자 10 명, 여성 10 명으로 이루어졌다.

Table 3. Test Participants by group of the UEC-SFATR

		Technology		Expert Group
		Unfamiliar	Familiar	
Gender	Male	5	5	5
	Female	5	5	

2.4.2 Process

동일한 조건 하에서의 사용성평가를 위하여 일상적인 실험환경을 사용성평가 실시 기관인 대구시니어체험관 내에 구성하여 그 공간에서 대상기기를 직접 사용해보고 각 항목을 평가하도록 했다. 특히 사용자 평가의 대상인 고령자는 대상기기 사용 중에 이동보조로봇에 대한 평가를 하는 것이 어렵기 때문에 사전에 미리 기기사용 매뉴얼, 평가 항목을 알려주어 사용 중, 사용 후 평가가 용이하도록 하였고, 세부 문항에서 우선 긍정, 부정의 답을 얻은 후 이에 대하여 긍정 / 부정의 정도에 대하여 응답하도록 하여 평가의 정확성을 높였다.

Figure 2. Usability Test Photo

2.5 Statistical Analysis

개발된 사용성평가 지표 항목의 내적타당성은 전문가 집단에 의해 평가를 하였으며, 일관성은 ICC (Intraclass Correlation Coefficient)를 통해 검증하였다.
연구자간 일관성 검정을 확인하기 위한 지표는 코헨의 카파 계수, 플리스의 카파계수, ICC (Intraclass Correlation Coefficient, 급간상관계수) 등이 사용된다(Richman, Makrides, & Prince, 1980). 코헨이나 플리스의 카파계수가 주로 동일한 대상자의 Test-Retest결과 간의 일관성검증에 이용되는 반면, 본 연구와 같이 사용성평가 항목에 대해 3명 이상의 평가자가 각 항목을 평가하였고, 평가의 척도가 명목평가가 아닌, 리커트 4점 척도에 의한 서열척도인 경우에는 ICC를 사용한 통계분석이 올바른 방법이다. 사용성평가 지표 개발에 있어서는 각 평가자들이 완전히 동일한 평가를 하는가 여부가 중요한 것이 아니라, 동일한 사안에 대해 일관된 경향을 가지고 평가를 하느냐가 관건이므로 신뢰도의 지표로 ICC with consistency를 통해 검증하는 것이 일반적이다. ICC 평가기준은 Fleiss (2004), Nunnally, Bernstein, and Berge (1967), 그리고 Richman et al. (1980) 등에 의해 제시되었으며, 대체적으로, 0.8~1.0 이면 매우 신뢰할 만하고, 0.6~0.79 이면 중등도의 신뢰도를, 0.59 이하면 신뢰성을 의심할만 하다는 것이 일반적인 학계의 평가기준이다.
ICC 신뢰도 통계는 SPSS 21.0 for Windows 를 사용하여 분석하였다.

3. Results

이동보조로봇의 항목별 평가자간 신뢰도 분석 결과, 안정성, 조작성, 만족도 등 모든 항목에 걸쳐 매우 신뢰할만한 ICC 를 얻을 수 있었다.
안정성 영역의 ICC 는 0.850 로 매우 신뢰할만한 ICC 범위인 0.8~1.0 범위 안에 들어와, 평가자간 신뢰성을 확보하였다. 안정성 영역의 세부 항목별 ICC 를 보면 이동안전성 0.882, 정지안정성 0.879, 감전유해성 0.874, 반응정도 0.868 등 모든 세부항목에서 0.8 이상의 안정적 신뢰도를 보였다.
조작성 영역의 ICC 역시 0.848 로 매우 신뢰할만한 수준으로 일부 항목(학습 용이성)을 제외한 나머지 항목도 모두 0.82 이상의 매우 높은 신뢰도를 보이고 있어, 사용자지표 설계에 있어 신뢰성을 확보하고 있다.
만족도 영역의 ICC 역시 0.902 의 매우 높은 신뢰도를 보였다.

Table 4. ICC summaries of the UEC-SFATR

Domain	Item		ICC	
Safety	Stability (Stop)		0.879	0.850
	Contact Hazard		0.861	
	Moving Speed		0.858	
	Responsiveness		0.868	
	Electric Shock Safety		0.874	
	Stability (Moving)		0.882	
Controllability	Power Switch	Location	0.878	0.848
		Operation	0.891	
	Display Control	Switch Location	0.899	
		Switch Operation	0.883	
	Charge	Installation	0.889	
		Charge Operation	0.884	
	Contents	Ease to Search	0.910	
		Malfunction Prevention	0.899	
		System Responsiveness	0.901	
	Driving	Direction	0.889	
Efficiency	Ease of Learning		0.778	0.808
	Accuracy		0.858	
	Accessibility		0.825	

	Consistency	0.828	
	Visibility	0.889	
	Simplicity	0.872	
Satisfaction	(Reverse) Noise	0.901	0.902
	Exterior Design	0.918	
	Manual Comprehensibility	0.924	
	Environment	0.920	
	Persistency	0.920	
	Product Recommendation	0.906	
	Service Quality	0.908	

※ ICC : 0.80~1.00 Highly Reliable, 0.60~0.79 Reliable

4. Discussion

본 연구는 거동이 불편한 장애인 및 고령층의 일상생활을 크게 제한하는 요소 중 하나인 이동의 문제를 첨단 IT 기술을 통해 극복하기 위한 이동보조 서비스로봇에 대한 객관화된 사용성평가 지표를 개발하고, 그것을 타당화하는데 그 목적이 있다.
SFATR, 즉 고령친화적 이동보조 서비스로봇은 병원, 요양원 등 모니터링 가능한 제한된 공간 (실내 혹은 실외 등)에서 장애인, 고령자 등을 현 장소에서 원하는 장소로 이동하는데 도움을 주는 로봇제품으로 단순히 사람을 태운 상태에서 기기의 운행을 전적으로 탑승자에 의존하는 전동휠체어와는 달리, 주위 모니터링, 네비게이션 기능을 갖추고, 원하는 목적지 입력을 받아 최적경로를 찾고, 자동으로 운영하면서, 중간에 장애물, 행인, 돌발상황 등을 스스로 감지해서 회피할 수 있는 기능을 갖춘 첨단 서비스 로봇이다.
이는 시설 내 이동에 있어 서포트를 해주는 보조인에 대한 필요성을 최소화 해주고, 거동이 크게 불편한 탑승자도 중간 개입 없이 이동시켜줌으로써 전동휠체어 대비 적용분야로 크게 확장시킬 수 있으며, 노인들의 프라이버시도 보호해준다는 장점을 가지고 있어, 우리나라 뿐 아니라, 미국, 유럽, 일본 등 선진국에서도 활발히 연구개발 되고 있는 첨단 제품군이다.
기존의 국제 규격인 ISO 및 한국 규격인 KS 규격의 생활보조 서비스로봇에 대한 규격이 제시되어 있지만, 첫째, 이들 규격은 '안전'에 초점을 맞춰있고, 둘째, 이동보조로봇이라고 하는 특정 분야 제품에 특화되어 있지 않은 일반적인 규격이라는 한계가 있었다.
또한 유사제품인 수동 혹은 전동휠체어 등의 사용성에 대한 연구는 있었으나, 자동운행기능을 가진 이동보조 로봇에 대한 사용성 연구는 국내외를 막론하고 거의 진행된 적이 없다.
특히 일반인이 아니라, 스마트 기기에 대한 이해도, 학습도가 떨어지는 고령층을 사용대상으로 한 실버제품이라는 특수성까지 고려된 사용성지표 연구는 거의 이루어진 바 없다.
본 연구는 이와 같은 고령자 친화적 이동보조서비스로봇의 제품특성과 그 사용자를 충분히 고려한 사용성지표개발에 대한 방향을 제시하고자 했다.

5. Conclusion

이동보조서비스로봇에 대한 사용성 지표 개발은 첫째, 연관제품 및 서비스로봇에 대한 각종 안전규격 등을 감안하여 예비 평가문항을 설계하고, 전문가 집단의 자문 하에서 이동보조 서비스로봇을 경험해본 고령자들에게 설문조사, 인터뷰를 거쳐 세부 문항에 대한 이해도를 점검하고, 중복문항제거, 세부문항 개발 및 보완을 통해 유효성이 높은 최종 사용성평가 지표를 개발하였다.
이렇게 도출된 사용성평가 지표를 다시 성별, 스마트기기 익숙도를 감안, 사용자를 대표할 수 있는 4 개의 소집단으로 나눠 제품을 경험하게 하고, 그 경험을 설문지를 통해 수집한 후, 통계패키지를 이용, 세부 항목별 신뢰도를 검증하였다.
본 연구는 이동보조 서비스로봇이라는 아직 초기단계의 특화된 서비스로봇에 대한 제품의 사용성, 안전도, 만족도를 객관적으로 평가할 수 있는 도구를 개발, 사용자 경험을 수치화함으로써 향후 제품 개발 및 제품 경쟁력 평가에 가이드를 제공할 수 있게 되었다.

기존 KS, 혹은 ISO 규격이 일반적인 서비스로봇에 대한 안전성을 검증하는 가이드라인인데 반해, 본 연구의 사용성 지표는 필수적인 안전성은 물론이고, 전반적인 제품의 만족도와 경쟁력을 측정할 수 있는 기반이 되었다는 점에서 의의가 크다고 하겠다.
후속연구에서는 제품의 사용환경에 초점을 맞춰, 실제로 제품 구동에 필요한 물리적인 규격, 사용자가 제품을 편하게 사용할 수 있는 인체공학적인 가이드라인을 제시하고자 한다. 또 이를 국가 규격화시키고, 다시 국제규격으로 발전시킬 수 있도록 지표를 보다 정교화시키는 연구도 병행하고자 한다

Acknowledgements

This work was funded by grants from Korea Health Industry Development Institute (Grant-2013-63).

References

Amendments, US Rehabilitation Act. Section 508. PL., 1998.

Ahn, Shinjyun, 3 Keywords of New Senior Generation, *SERI Management Note*, 96, Samsung Economic Research Institute, 2011

Arthanat, S., S. M. Bauer, J. A. Lenker, S. M. Nochajski, and Y. W. Wu, Conceptualization and measurement of assistive technology usability. *Disabil Rehabil Assist Technol*, 2 (4), 235-48, 2007

Arthanat, Sajay, Yow Wu B. Wu, Stephen M. Bauer, James A. Lenker, and Susan M. Nochajski, Development of the Usability Scale for Assistive Technology-Wheeled Mobility: A preliminary psychometric evaluation. *Technology & Disability*, 21 (3), 79-95, 2009.

Bevan, Nigel, Carol Barnum, Gilbert Cockton, Jakob Nielsen, Jared Spool, and Dennis Wixon , The magic number 5: is it enough for web testing? *Paper read at CHI'03 extended abstracts on Human factors in computing systems*, 2003.

Choi, Sookhi, The influence and impact of Aging Society in Korea and Japan, *SERI Research Report*, Samsung Economic Research Institute, 2007.

Cutler, Stephen J , Voluntary association participation and life satisfaction: A cautionary research note. *Journal of Gerontology*, 28 (1), 96-100, 1973.

Fleiss, JL, *The design and analysis of clinical experiments*, 1986. New York, John Wiley& Sons, 2004

ISO, ISO. DIS 13482: Robots and robotic devices–Safety requirements–Non-medical personal care robot. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2011

Jeong, Y. S., & Jeong, B. Y. Usability Evaluation Criteria for Mobile Navigation Using AHP. *Journal of the Ergonomics Society of Korea, Vol. 32*(No. 5), pp.443-448, 2013. doi: 10.5143/JESK.2013.32.5.443

JIS, X, 8341 Guidelines for older persons and persons with disabilities. In Information and communications equipment, software and services, 2004.

Kim, Yeon Hee and Roh, Seungwan, Development of website usability test scale for reinforcement of design consulting, *Journal of Korea Design Knowledge*, 25 (-), 67-78, 2013.

Development of Usability Criterior for Senior Friendly Products, Korea Health Industry Development Institute, 2011.

Lee, Eunghyuk, Service Robot for Home, *IT Report*, Korea Electronics Technology Institute, 2004.

Lee, Hoyoung and Seo, Wooseok, Rethinking Cultural Capital and Inequality in the Digital Age , *Journal of cultural policy*, 23 (-), 69-95, Korea Cultural Policy Institute, 2010.

Massey, Anne P, Vijay Khatri, and Mitzi M Montoya-Weiss, Usability of Online Services: The Role of Technology Readiness and Context*. *Decision Sciences*, 38 (2), 277-308, 2007

Mayes, John T., and Chris J Fowler , Learning technology and usability: a framework for understanding courseware. *Interacting with computers*, 11 (5), 485-497, 1999.

Nielsen, Jakob, and Thomas K Landauer, A mathematical model of the finding of usability problems. *Paper read at Proceedings of the INTERACT'93 and CHI'93 conference on Human factors in computing systems*, 1993.

Nielsen, J. *Why you only need to test with 5 users.* Alertbox, 2000. www.useit.com/alertbox/2000319.html (retrieved by Oct.14, 2014)

Nunnally, Jum C, Ira H Bernstein, and Jos MF ten Berge, *Psychometric theory*, Vol. 226: McGraw-Hill New York, 1967.

Richman, J, L Makrides, and B Prince, *Research methodology and applied statistics, part 3: measurement procedures in research*, Physiother Canada, 32 (4), 253-257, 1980.

Rogers, Wendy A, Beth Meyer, Neff Walker, and Arthur D Fisk, Functional limitations to daily living tasks in the aged: A focus group analysis. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 40 (1), 111-125, 1998.

Samsung Economic Research Institute. *Three keywords of New Senior generation*, 2011.

Section 508 of The Rehabilitation Act: The Road to Accessibility, http://www.section508.gov (retrieved Oct 14, 2014).

Standard, Korean. KS B 6935 Service robots – safety guidelines, 2006a.
KS B 6936, Service robots – safety instructions, 2006b..

Virzi, Robert A, Refining the test phase of usability evaluation: how many subjects is enough? *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 34 (4), 457-468, 1992.

Wang, Rosalie H, Alex Mihailidis, Tilak Dutta, and Geoff R Fernie, Usability testing of multimodal feedback interface and simulated collision-avoidance power wheelchair for long-term-care home residents with cognitive impairments. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 48 (7), 801-22, 2011.

Wharton, Cathleen, John Rieman, Clayton Lewis, and Peter Polson, The cognitive walkthrough method: A practitioner's guide. *Paper read at Usability inspection methods*, 1994.