

# URC 로봇 소프트웨어 시험 평가 방법 및 사례 연구

황 선 명<sup>†</sup> · 정 연 구<sup>††</sup>

## 요 약

URC(Ubiquitous Robotic Companion)이라는 개념은 로봇은 다양한 서비스를 어느 곳에서나 어느 때나 사용자가 제공 받을 수 있도록 네트워크 기반으로 한 로봇 시스템을 일컫는다.

이는 로봇에 네트워크를 활용하여 로봇이 제공할 수 있는 응용서비스를 확장하고 로봇이 모든 기능을 자체적으로 가짐으로써 안개 되는 기술적, 비용적 문제를 네트워크를 통해 기능을 분담하는 것이다. URC 소프트웨어 컴포넌트는 크게 HRI, 로봇액션 등으로 구분되는데 본 논문에서는 URC 컴포넌트의 시험평가를 위하여 품질모델 분석과 컴포넌트 시험 성능 평가 기준서를 설계한다. 또한 품질 프로세스 정의, 테스트케이스 설계 및 URC 컴포넌트 테스트와 평가 사례를 제안한다.

키워드 : URC, 지능형 로봇, 테스트케이스, 품질 프로세스

## A Testing Method for URC Robot Software

Hwang, Sun Myung<sup>†</sup> · Chung, Yunkoo<sup>††</sup>

### ABSTRACT

URC robot offers necessary service anytime and anywhere by using a network to the robot, expanding the applicable service, keeping all the functions in itself, it undertakes functions for the causing problems through the network.

URC software components are composed of HRI(Human Robot Interaction), robot action technology and others. We analyze the quality models based on ISO/IEC 9126, define URC components evaluation specification consists of 4 parts such as generic rule, instance rule, evaluation value and test method. And we define the quality process and test case design for URC, and show a testing and evaluation process for URC components.

Key Words : URC, Intelligent Service Robot, Test Case, Quality Process

### 1. 연구배경

80년대의 산업용 로봇에서부터 90년 들어 관심을 갖게 된 가정용 로봇으로 사회적 욕구에 따른 시장의 변화가 요구되고 있다. 이러한 환경변화에 따라서 정보통신부에서는 2004년부터 로봇의 가격이 저렴한 다양한 서비스제공이 가능한 URC(Ubiquitous Robotic Companion)이라는 개념의 네트워크 기반 로봇을 개발 하게 되었다.

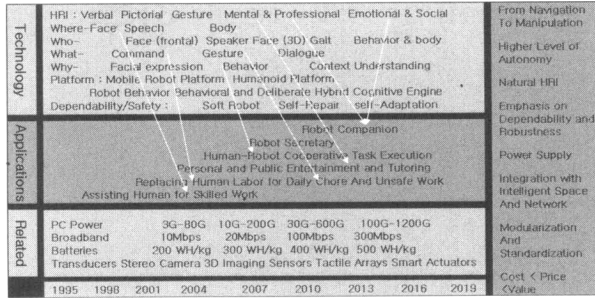
이탈리아 Ambrogio의 잔디깎이 및 미국 IROBOT상의 Roomba 청소로봇, 전시장 안내로봇인 CMU의 Minerva가 있으며, NEC의 PaPeRo와 MIT의 KISMET등은 음성, 영상 인식 및 감성인식 기술을 갖고 있다. 로봇의 외형이 사람과 같은 KAIST의 AMI, 독일의 Hermes, Mitsubishi의 Wakamaru 등 휴머노이드 로봇등은 음성, 비전, 촉각인식 기술등의 멀티 모달상호 작용 등 통합인지기술이 필수적이다. 이같은

서비스 로봇 들은 HRI기술을 제공하고 있는데 인간 로봇 상호작용기술에 대한 로드맵은 다음 (그림 1)과 같다.

지능형 로봇은 작년부터 가정용 서비스 로봇을 필두로 서서히 시장을 형성해 가고 있다. 가정용 서비스 로봇에서 가장 먼저 시장을 형성하고 있는 청소 로봇은 기능은 단순하나 낮은 가격으로 시장에 접근하는 모델, 최고의 기능과 높은 가격으로 접근하는 모델, 마지막으로 중간 노선을 갖는 모델 등 크게 3부류로 상품군이 이루어지고 있다. 이들 중 어느 것이 시장을 석권할 지는 아무도 모른다. 다만, 청소 로봇의 성능 대 가격 측면에서 일반 수요자가 어느 모델을 선호하느냐가 매우 중요한 관건이다. 이러한 측면은 청소 로봇과 같이 특정 작업을 수행하는 로봇보다 다양한 서비스를 목표로 하는 정보 서비스의 로봇의 경우 더욱 두드러지게 나타날 수 있다. 즉, 지능 로봇 개발자 입장에서 거의 유사한 로봇들이 가격대 성능 측면은 포함한 비즈니스 모델에 따라 시장에서는 큰 차이를 나타낼 수 있다. 따라서 정보 서비스 로봇은 지능 로봇 기술, 비즈니스 모델, 사업자간 Value chain, 시장 및 경제 상황 등 많은 요소들이 고려되

<sup>†</sup> 종신회원 : 대전대학교 컴퓨터공학과 교수

<sup>††</sup> 정 회 원 : 한국전자통신연구원 영상인식연구팀 책임연구원  
논문접수 : 2007년 5월 8일, 심사완료 : 2007년 7월 6일



(그림 1) 인간 로봇 상호작용 거시적 로드맵

어아 시장을 창출할 수 있다.

2006년 말부터 실제 사업화가 이루어질 우리나라에서는 성장 잠재력이 큰 지능형 로봇 시장을 확보하기 위하여 로봇 시스템의 각 컴포넌트의 품질을 보증하기 위한 국제 표준에 기반한 평가프로세스 수립과 URC시험평가를 위한 테스트 케이스, 시험평가 규격 등의 개발이 필요하게 되었다.

URC는 언제 어디서든지 필요한 서비스를 제공하는 로봇으로 네트워크를 이용하여 로봇이 제공할 수 있는 응용 서비스를 확장하고 로봇의 핵심기능을 컴포넌트화 하여 통합된 기능을 네트워크를 통해 제공하는 것이다.

URC로봇은 로봇의 핵심기능을 S/W 및 H/W가 결합된 컴포넌트 형태로 구현하고 지능형 서비스 로봇 이용자가 쉽게 이용할 수 있도록 개발한다. 이때 기능적인 컴포넌트가 다양한 로봇 플랫폼에 쉽게 적용할 수 있도록 최대한 Portability를 확보할 수 있는 형태로 개발한다.

본 연구는 URC 시스템을 구성하는 핵심기능 컴포넌트에 대하여 시험평가를 위한 규격을 개발하는데 목적이 있다. 이는 2006년말 부터 실제 사업화가 이루어질 우리나라의 지능형 로봇시장을 선점하여 로봇 컴포넌트의 품질 보증을 위한 평가 프로세스 및 절차, URC 시험평가를 위한 테스트 케이스, 시험·평가 규격 등의 개발을 내용으로 한다.

본 논문은 2장에서 URC 컴포넌트 시험평가 항목 및 시험절차에 대하여 기술하고, 3장은 이를 적용한 시험 사례를 보여주고, 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

## 2. URC 컴포넌트 시험 평가 항목 및 절차

### 2.1 URC 컴포넌트

일반적으로 로봇의 기능을 구현하는 S/W 컴포넌트는 크게 2가지로 나누는데 자율주행 및 제어 부분과 상호작용 및 제어 부분이다. 자율주행 관련 컴포넌트로는 Navi-guide 컴포넌트, 지도작성 컴포넌트, 자율주행 컴포넌트 등이며 휴먼-로봇 상호작용 관련 컴포넌트는 영상인식 컴포넌트, 음성인식 컴포넌트, 영상기반 인터랙션 컴포넌트 등이 있다.

#### 2.1.1 자율주행 및 작업제어

환경지도 작성은 자율주행에 의한 2차원 환경지도 작성으로 복원률이 95%이상 되어야 하고, 저가의 센서를 활용한다.

<표 1> ISO/IEC 9126과의 대응관계

번호	메트릭	품질부특성	품질특성
4	기능 구현 완전성 (FIC)	적합성	기능성
6	경계값 처리율 (BEC)	적합성	
8	기능 구현 정확성 (ADF)	적합성	
12	접근 통제 가능성 (ACC)	보안성	
14	접근 감시 가능성 (AMC)	보안성	
16	기능표준 준수율 (FCR)	준수성	
18	인터페이스 표준 준수율 (ICR)	준수성	신뢰성
21	결함발생율(FOR)	성숙성	
23	다운회피율(DAR)	고장허용성	
24	고장회피율(FAR)	고장허용성	
25	오조작회피율(IOA)	고장허용성	
27	데이터 회복율(DRR)	회복성	
34	평균 반응시간(MIST)	반응시간	효율성
35	평균 처리율(MTM)	처리량	
36	평균 처리시간(MTT)	처리시간	
39	데이터전송율(DTR)	전송속도	사용성
52	오류 복구용이정도 (ERA)	운영성	
53	오류 방지정도 (EPA)	운영성	
54	메시지 이해 용이정도 (MRA)	운영성	이식성
62	진단기능 지원 (DFS)	분석성	
75	적용환경 적용률 (AFR)	적용가능성	
78	설치 가능률 (IAR)	적용가능성	
80	제거 가능률 (UIR)	적용가능성	

자기위치 추정은 인공표식을 이용하고, 움직이는 물체가 없는 공간에서 실시하며, 10Hz 이상, 오차 ±20cm, ±5도 이내에서 성공률 93% 이상이 되어야 한다.

경로 계획은 실시간 최단 경로 계획 기법을 사용하고, 작업 제어는 완전 인지 환경에서 작업 및 행동 표현 구조를 제시하고 센서 정보 변화에 대한 API를 제작한다.

#### 2.1.2 상호작용(HRI)

얼굴영역 감지 및 추적기술은 1m 이내에서 정면 얼굴이 95% 이상 감지되어야 하며, 일단 정면얼굴을 감지 한 후에는 정면 얼굴이 아닌 경우에도 지속적인 추적기능이 보유되어야 한다.

의도인식인 경우에는 일정조명 하에서 정면얼굴에 대하여 5가지 표정을 80% 이상 인식하여야 한다.

학습 추론 기반 상호작용은 단어 중심의 명령에 대하여 10Hz 이상의 상호작용을 해야 한다.

목표물 추적은 일정조명 하에서 한사람만이 존재할 경우, 로봇이 따라다닐 수 있는 기능을 구현한다.

주의 집중은 손뼉 등 특정의 소리에 반응하여 돌아보고, 다음 명령을 기다리는 상태로 전이해야 한다.

음원추적은 정숙한 환경에서 5m 반경이내에서 95% 이상 인식해야 한다.

### 2.2 URC 컴포넌트 시험평가 항목

로봇의 기능을 구현하는 컴포넌트의 평가 항목은 URC를 설계하고 구현한 설계 및 구현팀의 설계명세를 대상으로 하여 ISO/IEC 9126 품질 모델의 메트릭, 품질 부특성, 품질 특성과 대응시켜 평가 기준을 작성한다

ISO/IEC 9126 품질 모델은 크게 6가지의 품질 특성(기능

성, 신뢰성, 효율성, 사용성, 유지보수성, 이식성)과 21개의 품질 부특성, 40개의 매트릭스를 정의하고 있다.

본 연구에서는 URC 설계 명세를 컴포넌트 별로 분석하여 ISO/IEC 9126과의 대응관계를 분석하였으며, 그 결과 URC 컴포넌트 명세는 ISO/IEC 9126의 6개 품질 특성, 14개의 품질 부특성, 23개의 매트릭과 매핑할 수 있었으며 그 결과는 다음과 같다.

### 2.3 컴포넌트 시험 성능 평가 기준 규격

본 연구에서 제시한 컴포넌트 시험 성능 평가 기준 규격서의 작성 방법은 다음과 같이 네부분으로 나눌 수 있다.

#### 2.3.1 GR.CN.nn

컴포넌트의 성능평가 항목을 일반화한 내용으로, 향후 표준 규격에서 정의할 수 있는 부분이다. GR(Generic Rule)을 의미하며, CN은 컴포넌트의 약자로 2자로 구성하며, 두자리의 일련번호를 붙여나간다.

#### 2.3.2 기준 규격

시범적으로 정부에서 계획하고 있는 가정용 로봇을 가정 한 컴포넌트 성능에 대한 평가 항목이다. Generic Rule을 본 연구에서 구체화된 내용들로, 이 규격에 따라 평가 기준 및 테스트 방법이 결정된다.

#### 2.3.3 평가 기준

성능평가 항목에 대해 적용 가능한 평가기준을 가능한 한 정량적으로 기술한 것이다. 각 컴포넌트의 기능 뿐 아니라 성능을 포함한 것으로 하나 이상 반드시 정의하여야 한다.

#### 2.3.4 테스트 방법

위 평가 기준에 대해 구체적으로 적용할 수 있는 시험 방법 등을 정의한 것이다. 별도의 테스트케이스를 작성할 수 있다.

### ● 영상기반 사용자 인식 컴포넌트(IR) 기준 규격(예)

GR.IR.01	영상기반 사용자 인식 컴포넌트는 등록 및 인식 오류가 발생시 이를 알려주는 기능을 제공하여야 한다.
기준 규격	1) 영상기반 사용자 인식 컴포넌트는 등록 및 인식 실패 시 실패요인을 사용자에게 알려주어야 한다.
평가 기준	등록 및 인식 오류 발생 검출률(%) = 하향조정 : 90%(기능성 기능구현 정확성)
테스트 방법	1) 등록 및 인식 실패시 총 5개의 실패요인을 제공한다. - 로봇 시야에 사용자가 존재하지 않아 실패한 경우 - 사용자와 로봇과의 거리가 너무 가까워 실패한 경우 - 사용자와 로봇과의 거리가 너무 멀어서 실패한 경우 - 사용자가 로봇을 정면으로 보지 않아서 실패한 경우 - 조명상태가 양호하지 않아 실패한 경우 2) 위 5개의 실패요인이 발생하는 상황을 각 3회 이상 제시하여 매번 실패요인을 사용자에게 알려주면 합격

### ● 음성기반 사용자 인식 컴포넌트(VR) 기준 규격(예)

GR.VR.01	음성기반 사용자 인식 컴포넌트는 주어진 음성매체를 통해 제한된 문장을 이용하여 화자를 등록할 수 있는 기능을 제공하여야 한다.
기준 규격	1) 음성기반 사용자 인식 컴포넌트는 On-line과 Off-line으로 화자를 등록할 수 있어야 한다. 2) 음성기반 사용자 인식 컴포넌트는 온라인 등록시 세 문장 이내의 문장을 이용해서 화자를 등록할 수 있어야 한다.
평가 기준	1) On-line 화자 등록 정확성 = 100%(기능성- 기능구현 정확성) 2) Off-line 화자 등록 정확성 = 100%(기능성- 기능구현 정확성)
테스트 방법	1) 임의의 10명의 화자 등록 대상자를 선택한다. 2) On-line으로 세 문장 이내 문장을 이용하여 화자를 등록한다. 3) 모든 On-line 화자가 등록되면 합격 4) 임의의 10명의 Off-line 등록 대상자를 선택한다. 5) Off-line으로 여러 문장을 이용하여 화자를 등록한다. 6) 모든 Off-line 화자가 등록되면 합격

## 3. 시험 평가 사례

### 3.1 음성기반 사용자 인식 컴포넌트

본 사례는 음성기반 사용자 인식 컴포넌트의 일부 기준에 대해 시험평가한 것이다. Generic rule에서 기술한 내용을 세분화하여 기준 규격으로 정의하였고, 각 기준 규격들은 보다 상세한 시험환경 및 시험 상황 설정과 함께 실제 시험하는 과정 및 결과를 보여준다.

#### 3.1.1 평가 환경 - 사용된 음성 DB

실험에 이용되는 음성 데이터는 로봇(애니봇 1차 보드), 2차 보드, 로봇(애니봇 3차 보드) 그리고 PC환경(SENNHEISER사의 MD 425 마이크, CME사의 XCORPIO 사운드카드)에서 수집되었다. 각 데이터베이스의 특징은 다음 <표 2>와 같다. <표 2>에서 C는 어린이, A는 성인, O는 노인을 나타낸다.

#### 3.1.2 문장 독립적 화자 인식

본 평가 기준은 사용자가 말한 문장에 무관하게 화자를 인식하도록 하는 것이다.

(기준규격 1) 음성기반 사용자 인식 컴포넌트는 화자의 목소리 변화에 적응하여야 한다.

#### [시험검증 방법]

- 1) Claimed Speaker는 성인 남자 4명, 성인 여자 1명을 선정한다.
- 2) Imposter는 성인 남자 3명, 성인 여자 2명을 선정한다.
- 3) 필요한 DB를 선정한다. PC환경에서 수집한 남녀 50%: 50%, 변성기 이전 어린이 30%, 성인 50%, 노인 20%로 구성된 100명의 화자 데이터를 이용한다. 각각 화자당 150개의 문장(0.5m, 1m, 2m 각각 50개의 문장)을 이용한다.
- 4) 시차적용 적용시 시차는 0일~4일까지 5개로 나뉜다.

<표 2> 실험에 사용된 DB들의 특징

DB명	I	II	III	IV
보드	애니봇1차 보드	애니봇2차 보드	애니봇3차 보드	PC환경
환경	무향시설물 내 (SNR 25 dB)	조용한 사무실 환경 (SNR 25 dB)	약간 주변 잡음이 있는 사무실 환경	무향시설물 (SNR 25 dB)
화자 수	120명	8명	20명	120명
화자 비율	남:여=60:60 C:A:O=26:60:24	남:여=1:1 20대 8명	남:여=17:3 성인 20명	남:여=60:60 C:A:O=26:60:24
적용 문장	로봇 명령어 및 문장	로봇 명령어 및 문장	로봇 명령어	로봇 명령어 및 문장
수집 거리	0.5 m, 1 m, 2 m	0.5 m, 1 m, 2 m	0.5 m, 1 m, 2 m	0.5 m, 1 m, 2 m
시차 적용		1차 ~ 5차		
로봇 명령어	1.5초	1.5초	1.5초	1.5초
문장	3초	3초		3초
음성 데이터 저장	16KHz/16 Bit, Linear PCM, Intel byte format	좌동	좌동	좌동
발성 목록	<표 3> 참조	<표 3> 참조	<표 4> 참조	<표 3> 참조
기타	심한 기계적 잡음 및 신호 잡음	1차 보드 시의 잡음이 많이 감소		잡음이 거의 없음

<표 3> DB\_1 발성 목록

로봇 명령어 35 문장		
<ol style="list-style-type: none"> <li>내일 날씨 정보 알려줘</li> <li>지금 경부 고속도로 교통상황 어때?</li> <li>오늘 상세일정 알려 줄래?</li> <li>아빠에게 전화 연결시켜 줘</li> <li>내가 제일 좋아하는 팝송 들려봐</li> <li>티브이 프로그램 검색해 줄래?</li> <li>극장가 영화 정보 부탁해</li> <li>동영상 이메일 보여 줄래?</li> <li>내 건강 체크 좀 해 줄래?</li> <li>재미있는 구연동화 들려줘</li> <li>애니봇 내가 누구지?</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>오늘 스케줄이 어떻게 돼?</li> <li>홈 모니터링 해 줄래?</li> <li>내게 온 영상 쏘지 보여줘</li> <li>내 혈압 측정 좀 해 줄래?</li> <li>영어 회화 공부하고 싶어</li> <li>오늘 방송된 주요 뉴스 뭐야?</li> <li>오늘의 주식 정보 알려 줄래?</li> <li>깨끗하게 집안 청소 좀 해줘</li> <li>내가 좋아하는 게임하고 싶어</li> <li>애니봇 이리 와서 나랑 놀자</li> <li>나한테 전자신문 읽어줄래?</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>다른 티브이 채널 들려줘</li> <li>여섯시 모닝콜 부탁해</li> <li>오늘 하루 내 운세가 어때?</li> <li>스포츠 뉴스 알려줘</li> <li>우리 재미있는 게임 할래?</li> <li>혹시 전화 메시지 왔었니?</li> <li>오늘 무슨 요일이지?</li> <li>우리 아이들 무엇 하는지 보여줘</li> <li>가발만한 좋은 여행지 추천해줘</li> <li>웨이브 파일 재생해줘</li> <li>여기 위치 정보 얘기해줘</li> <li>얼른 의사 선생님 불러와</li> <li>아침 시 뉴스 녹화 예약해줘</li> </ol>
모든 음소가 골고루 포함된 15개의 문장		
<ol style="list-style-type: none"> <li>가장 좋은 치료법은 병에 걸리기 전에 먼저 예방하는 것이다</li> <li>나쁜 습관을 버리고 좋은 습관을 가져야 한다</li> <li>남에게 대접을 받으려거든 남을 대접하라</li> <li>단점을 고치는 것보다는 장점을 키우는 것이 좋은 것이다</li> <li>마음의 주인은 자기 자신이며 세상의 주인은 마음이다</li> <li>믿음을 가진 사람에게서는 모든 것이 가능하다</li> <li>마보는 완벽을 추구하고 현자는 배움을 구한다</li> <li>부지런한 것은 값을 매길 수 없는 보배이다</li> <li>사람이 자신이 하는 일에 열중한 때 행복은 자연히 따라온다</li> <li>아무리 높은 목표라도 노력하면 할 수 있다</li> <li>시간은 주어지는 것이 아니라 만들어 가는 것이다</li> <li>자기를 희생할 줄 아는 사람만이 위대해질 수 있다</li> <li>책으로부터 지식을 배우고 인생에서 시혜를 배운다</li> <li>풍족한 사람이란 자기가 갖고 있는 것으로 만족할 수 있는 사람이다</li> <li>훌륭한 사람은 오직 자기가 할 수 있는 일을 한 사람이다</li> </ol>		

<표 4> DB\_3 발성 목록

<ol style="list-style-type: none"> <li>내일 날씨 정보 알려줘</li> <li>지금 경부 고속도로 교통상황 어때?</li> <li>아빠에게 전화 연결시켜 줘</li> <li>내가 제일 좋아하는 팝송 들려봐</li> <li>티브이 프로그램 검색해 줄래?</li> <li>극장가 영화 정보 부탁해</li> <li>동영상 이메일 보여 줄래?</li> <li>내 건강 체크 좀 해 줄래?</li> <li>재미있는 구연동화 들려줘</li> <li>애니봇 내가 누구지?</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>오늘 스케줄이 어떻게 돼?</li> <li>홈 모니터링 해 줄래?</li> <li>내게 온 영상 쏘지 보여줘</li> <li>내 혈압 측정 좀 해 줄래?</li> <li>영어 회화 공부하고 싶어</li> <li>오늘 방송된 주요 뉴스 뭐야?</li> <li>오늘의 주식 정보 알려 줄래?</li> <li>깨끗하게 집안 청소 좀 해줘</li> <li>내가 좋아하는 게임하고 싶어</li> <li>애니봇 이리 와서 나랑 놀자</li> </ol>
--	---

〈표 5〉 음성인식 컴포넌트 시험 평가 규격(02)

GR.VR.02	음성기반 사용자 인식 컴포넌트는 사용자가 말한 문장에 무관하게 화자를 인식할 수 있는 기능을 제공해야 한다.
기준 규격	1) 음성기반 사용자 인식 컴포넌트는 화자의 목소리 변화에 적응하여야 한다. 2) 음성기반 사용자 인식 컴포넌트는 등록 문장 길이에 무관하게 화자를 인식할 수 있어야 한다. 3) 음성기반 사용자 인식 컴포넌트는 임의의 문장에 대해 화자를 인식할 수 있어야 한다.
평가 기준	1) 식별오류율 ≤ 10% (기능성-기능 구현정확성) 2) 인식오류율 ≤ 10% (기능성-기능 구현정확성)

- 5) 각 Speaker에 대해 임의의 문장을 말하도록 한다.
- 6) 식별오류율 및 인증오류율이 기준 이하이면 합격으로 처리한다.

[시험 결과]

〈표 6〉 시차 적응 화자인식 실험 결과

적용수행	시차(인)	0	1	2	3	4
수행하지 않음	식별오류율	0%	6.67%	10%	16.67%	16.67%
	인증오류율	1.67%	3.33%	5%	3.33%	1.66%
수행 함	식별오류율	상동	3.33%	3.33%	3.33%	3.33%
	인증오류율		1.67%	1.67%	1.67%	0%

- (기준규격 2) 음성기반 사용자 인식 컴포넌트는 등록 문장 길이에 무관하게 화자를 인식할 수 있어야 한다.

[시험검증 방법]

- 1) Claimed Speaker는 성인 남자 4명, 성인 여자 1명을 선정한다.
- 2) Imposter는 성인 남자 3명, 성인 여자 2명을 선정한다.
- 3) 필요한 DB를 선정한다. PC환경에서 수집한 남녀 50%:50%, 변성기 이전 어린이 30%, 성인 50%, 노인 20%로 구성된 100명의 화자 데이터를 이용한다. 각각 화자당 150개의 문장(0.5m, 1m, 2m 각각 50개의 문장)을 이용한다.
- 4) 등록 음성 길이 약 3초 문장 3개에서부터 2개씩 증가시키면서 15개의 문장까지에 대해 각 Speaker에 대해 임의의 문장을 말하도록 한다.
- 5) 식별오류율 및 인증오류율이 기준 이하이면 합격으로 처리한다.

[시험 결과]

〈표 7〉 등록 문장 수 별 화자인식 실험 결과

등록문장 수	식별 오류율	인증 동일 오류율
3	7.33%	18.19%
5	3.24%	10.67%
7	2.19%	9.71%
9	1.24%	8.19%
11	0.6%	7.43%
13	0.38%	8.00%
15	0.48%	7.72%

- (기준규격 3) 음성기반 사용자 인식 컴포넌트는 임의의 문장에 대해 화자를 인식할 수 있어야 한다.

[시험검증 방법]

- 1) Claimed Speaker는 PC환경에서 수집한 남녀 50%:50%, 변성기 이전 어린이 30%, 성인 50%, 노인 20%, 총 10명을 선정한다.
- 2) Imposter는 남녀 50%:50%, 변성기 이전 어린이 30%, 성인 50%, 노인 20%, 총 10명을 선정한다.
- 3) 필요한 DB를 선정한다. PC환경 수집 DB와 2차보드 수집 DB를 이용한다.
- 4) 화자 식별은 Claimed Speaker 10명을 대상으로 한다.
- 5) 검증은 Claimed Speaker와 Imposter에 대해서 화자 모델과 UBM에 Log likelihood 값의 차이를 이용하여 인증 여부를 결정한다.
- 6) 추가적으로 2차 보드에서 수집한 성인 남자 2명(Claimed Speaker, Imposter 각각 1명)의 음성 DB를 이용하여 추가적으로 실험한다.
- 7) 등록 음성 길이 약 3초 문장 5개를 이용한다.
- 8) 식별오류율 및 인증오류율이 기준 이하이면 합격으로 처리한다.

[시험 결과]

〈표 8〉 PC 환경 수집 DB를 이용한 문장 종속, 독립 화자 인식 실험

	문장 종속	문장 독립
인식 오류율	1.00	1.00
인증 오류율	3.00	6.50

〈표 9〉 2차 보드 수집 DB를 이용한 문장 종속, 독립 화자 인식 실험

	거리	인식 오류율	인증 동일 오류율
문장 종속	0.5m	0%	0%
	1m	0%	0%
	2m	0%	0%
문장 독립	0.5m	0%	3.3%
	1m	0%	10%
	2m	0%	33.33%

3.1.3 명시된 환경 하의 화자 인식

본 평가 기준은 사용자가 말한 문장에 무관하게 화자를 인식하도록 하는 것이다.

본 평가 기준은 명시된 환경 하에서 화자를 인식하도록 하는 것이다. 이 보고서에서는 3가지 기준 규격 중 “3) 음성기반 사용자 인식 컴포넌트는 3m 이내 로봇의 모든 방향에서 95% 이상 화자를 인식할 수 있어야 한다.”에 대해 시험검증을 실시한다.

본 평가기준은 화자인식률을 구하는 것이 목적이 아니라 화자 인증에 기준이 되는 임계 값을 결정하는데 있어 거리별로 얼마나 안정적으로 임계 값을 결정할 수 있는지 판단하는 것이 목적이다.

<표 10> 음성인식 컴포넌트 시험 평가 규격(03)

GR.VR.03	음성 기반 사용자 인식 컴포넌트는 명시된 환경 하에서 지정된 인식율 이상 인식 가능해야 한다.
기준 규격	1) 음성 기반 사용자 인식 컴포넌트는 10인 기준 사람 수 만큼의 95% 이상 화자를 인식할 수 있어야 한다. 2) 음성 기반 사용자 인식 컴포넌트는 잡음환경 5~15dB에서 95% 이상 화자를 인식할 수 있어야 한다. 3) 음성 기반 사용자 인식 컴포넌트는 3m 이내 로봇의 모든 방향에서 95% 이상 화자를 인식할 수 있어야 한다.
평가 기준	인식율 >= 95% (기능성 - 기능구현 정확성)

(기준규격 3) 음성 기반 사용자 인식 컴포넌트는 3m 이내 로봇의 모든 방향에서 95% 이상 화자를 인식할 수 있어야 한다.

[시험검증 방법]

- 1) Claimed Speaker 및 Imposter 각각 1명을 선정한다.
- 2) Difference를 구할 때 필요한 UBM은 PC환경에서 수집한 남녀 50%: 50%, 변성기 이전 어린이 30%, 성인 50%, 노인 20%로 구성된 100명의 화자 데이터를 이용한다.
- 3) 화자 모델 생성을 위해서 2차 보드에서 수집된 0.5m에서 1.5초 길이 문장 5개를 이용한다.
- 4) 인식에는 2 차 보드에서 수집된 1.5, 3, 4, 5초 길이의 문장 5개를 0.5m, 1m, 2m 각각에서 수집하여 이용한다.
- 5) 식별오류율 및 인증오류율이 기준 이하이면 합격으로 처리한다.

[시험 결과]

<표 11> 화자인증 Difference 결과(Speaker)

문장 길이(초)	거리	Claimed Speaker		
		0.5m	1m	2m
1.5		0.023	0.089	0.062
1.5		0.040	0.053	0.086
1.5		0.058	0.055	0.060
1.5		0.054	0.035	0.079
1.5		0.067	0.049	0.054
3		0.035	0.059	0.066
3		0.062	0.035	0.060
3		0.051	0.032	0.055
3		0.014	0.031	0.063
3		0.008	0.019	0.052

<표 12> 화자인증 Difference 결과(Imposter)

문장 길이(초)	거리	Imposter		
		0.5m	1m	2m
1.5		0.205	0.162	0.095
1.5		0.182	0.164	0.135
1.5		0.186	0.150	0.132
1.5		0.169	0.181	0.110
1.5		0.178	0.152	0.132
3		0.216	0.170	0.121
3		0.206	0.170	0.135
3		0.196	0.173	0.137
3		0.209	0.175	0.134
3		0.195	0.177	0.151

인식기와 근접한 상태에서 검증이 이뤄질수록 그리고 검증 문장의 길이가 길어 질수록 Claimed Speaker와 Imposter의 difference 분포는 더욱더 멀어지므로, 보다 안정적인 화자인식 시스템을 위해서는 가까운 곳에서 긴 문장으로 검증을 수행해야 할 것이다.

3.2 영상기반 사용자 인식 컴포넌트

본 사례는 영상기반 사용자 인식 컴포넌트의 일부 기준에 대해 시험평가한 것이다. Generic rule에서 기술한 내용을 세분화하여 기준 규격으로 정의하였고, 각 기준 규격들은 보다 상세한 시험환경 및 시험 상황 설정과 함께 실제 시험하는 과정 및 결과를 보여준다.

3.2.1 평가 환경 - DB 개요

전체 DB의 구성은 다음 <표 13>과 같다.

3.2.2 명시된 환경에서 사용자 인식

본 평가 기준은 명시된 환경하에서 사용자를 인식하도록 하는 것이다. 본 논문에서는 제시된 4가지 기준 규격중 일부에 대해 시험 검증을 실시한다.

(기준규격 3) 영상기반 사용자 인식 컴포넌트는 3m 거리 이내에서 90% 이상의 인식율을 보여야 한다.

<표 13> 영상기반 사용자 인식 DB 개요

용 도	DB ID	대상인원	1인당 영상수	촬영회수	총 영상수
특징추출 및 분류기 훈련용 (TR)	TR	55명	50장	1회	2750장
사용자 인식엔진 성능평가용 (EV)	EVFA (가속)	10명	150장	개인별다름 (총합 137회)	20550장
	EVGU (손님)	20명	150장	1회	3000장
사용자인식 실패요인 실험용 (FL)	FLBL (역광)	9명	150장	1회	1350장
	FLNF (비정면)	10명	150장	1회	1350장
	FLLD (원거리)	10명	100장	1회	900장
합 계		85명			29,900장

〈표 14〉 영상인식 컴포넌트 시험 평가 규격

GR.IR.03	영상기반 사용자 인식 컴포넌트는 명시된 환경 하에서 지정된 인식을 이상 인식 가능해야 한다.
기준 규격	1) 영상기반 사용자 인식 컴포넌트는 허용각도 이내에서 90% 이상의 인식율을 보여야 한다. 2) 영상기반 사용자 인식 컴포넌트는 10인 이내 사람에게 대해 90% 이상의 인식율을 보여야 한다. 3) 영상기반 사용자 인식 컴포넌트는 3m 거리 이내에서 90% 이상의 인식율을 보여야 한다. 4) 영상기반 사용자 인식 컴포넌트는 200~1200 룩수 이내 조명에서 90% 이상의 인식율을 보여야 한다.
평가 기준	인식율 >= 90% (기능성 - 기능구현 정확성)

[시험검증 방법]

1) 다음 SVM을 설정한다.

- ☞ SVM(IDF01) : EVFA\_10명×5일×5장(#1~5)= 250장 / Same : 25C2×10=3000 / Total: 6000/ Model:719kb
- ☞ SVM(IDF02) : SVM(IDF01)과 동일조건에 2m로 훈련 / Model:1013kb
- ☞ SVM(IDF03) : SVM(IDF01)과 동일조건에 3m로 훈련 / Model:1048kb
- ☞ SVM(IDAll) : EVFA\_10명×4일×2장(#1, 2)\* 3(거리별) =240장/Same:24C2×10=2760 /Total:5520/ Model:930kb

2) 다음 Gallery를 설정한다.

- ☞ 거리별
  - 1day : 1일×20장(#31~50) = 20장
  - 5days : 5일×4장(#1~4) = 20장
- ☞ 통합갤러리
  - 1day : 1일×7장(#31~#37)×3(거리) = 21장
  - 5days : 5일×2장(#3, 4)×3(거리) = 30장
- ☞ Probe 5장

3) 각 조합별 시험 후 인식율이 해당 기준을 넘으면 합격으로 처리한다.

[시험 결과]

〈표 15〉 영상기반 사용자 인식 시험결과 예

평가 ID	거리	SVM	TU	Gallery	Probe	Rank1 (PDF)	비교 (MAX)	비교 (Dual)
G12	1m	SVM (IDF01)	X	1day	5장	87.391	85.401	87.15
G14		SVM (IDF01)	X	5days	5장	95.985	96.058	95.985
G22	2m	SVM (IDF21)	X	1day	5장	78.175	74.234	77.96
G24		SVM (IDF21)	X	5days	5장	93.212	90.292	93.139
G32	3m	SVM (IDF31)	X	1day	5장	64.536	60.511	64.31
G34		SVM (IDF31)	X	5days	5장	89.562	86.350	89.197

4. 결 론

URC 로봇의 핵심적인 기술은 인간/로봇 상호작용 기술(HRI) 과 자율주행기술로 나누어 지는데 이들 필수기능을 네트워크를 통해 외부의 센싱기능과 프로세스 기능을 충분히 활용할 수 있도록 하는데 특징이 있다. 이들 핵심기능인 URC 로봇의 소프트웨어들은 음성정보처리 및 인식, 영상정보처리 및 인식 컴포넌트들과 로봇의 이동 및 조작 등에 관한 지도작성, 자율주행, navi guide 컴포넌트들로 세분화 된다.

본 논문은 이 같은 URC 로봇 컴포넌트의 품질을 보장하기 위하여 국제 표준인 ISO/IEC 9126, ISO/IEC 14598, ISO/IEC12207 등을 기반으로 품질 평가 모델을 이해하고 이를 통하여 URC 컴포넌트 시험 평가 프로세스 및 시험평가 표준에 도달하도록 시험평가 규격을 설계하였다. 또한 개발된 테스트 케이스를 평가 프로세스에 따라서 URC 로봇 시스템에 적용하고 그 결과 또는 문제점을 분석 하였다

본 연구에 대한 기대 성과와 활용방안은 다음과 같다.

첫째, 국내외의 서비스 로봇의 산업화가 활성화 되었을 시 국내의 제품에 대한 품질평가 기준으로 사용자 및 개발자에게 이용될 뿐 아니라 국제시장에서도 국제 표준 활동을 통하여 시장점유가 가능하리라 기대된다.

둘째, 서비스로봇의 지각과 행동에서의 신뢰성뿐 아니라 표준적이고 개방적인 기술인 개방성, 새기능 추가 특성인 확장성, 다른 로봇과의 공유 가능한 호환성 등의 품질특성에 대한 확보가 가능하고 국제 표준 수준에 준하는 품질특성을 설정하여 로봇 제품의 정략적 품질을 측정 할 수 있다.

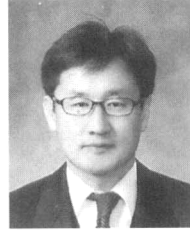
셋째, 저렴하고 다양한 서비스를 제공하기 위하여 네트워크 기반 환경을 제공함으로써 네트워크 상에서의 데이터 전송 및 동기화 등의 특성을 최대한 활용할 수 있다.

현재 정보통신부에서 추진하고 있는 URC 사업의 경우는 네트워크를 기반으로 하는 정보 서비스 로봇으로 상급 언급된 내용 외에 네트워크 인프라 환경도 시장 창출에 중요한 역할을 한다. 이러한 관점은 과거에는 로봇 자체의 성능이 중요시 되는 로봇 단말기 자체만으로 사업을 하였으나 이제는 이동통신 사업과 같이 시스템적으로 사업이 추진됨을 의미한다. 따라서 URC 사업이 활성화되면 단지 로봇 단말기 및 부품 사업뿐만 아니라 로봇 정보 서비스 사업, 로봇용 콘텐츠 사업, 네트워크 서비스 사업 등 많은 산업이 동시에 활성화되기 때문에 차세대 성장동력 사업에서 추구하는 차기 국가 성장 사업이 가능한 유망한 사업 분야라고 말할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] H. Kim, "Network based intelligent service robot - URC", ETRI CEO information No.15, 2004  
 [2] H. Kim, Y. J. Cho, and S. R. Oh, "CAMUS: A Middleware Supporting Context aware Services for Network based Robots", IEEE Workshop on Advanced Robotic and its Social Impacts, 2005  
 [3] ISO/IEC TR 9126, Software engineering - Product quality

- part1 : Quality model (2003)
- part2 : External Metrics (2003)
- part3 : Internal Metrics (2003)
- part4 : Quality in Use Metrics (2003)
- [4] Regis P.S.Simao, Arnaldo Belchior "Quality Characteristics for Software Components : hierarchy and Quality Guides, LNCS 2693 pp.184-206, 2003
- [5] ISO/IEC 14598, Software Product evaluation
  - part 1 : General Overview
  - part 2 : Planning and Management
  - part 3 : Process for Developers
  - part 4 : Process for Acquirers
  - part 5 : Process for Evaluators
  - part 6 : Document of Evaluation Modules
- [6] ISO/IEC 12207, Software Life Cycle Process
- [7] 정보통신 진흥 연구원, "IT 차세대 성장동력 기획보고서 (지능형서비스로봇)," 2003.
- [8] 조영조, 지능형 서비스 로봇과 URC(Ubiquitous Robot Companion), 주간기술동향, 2004
- [9] 도낙주, 윤정원, 유원필, URC 구현을 위한 스마트 액션 기술: 지능형 주행 및 조작, 전자통신동향 분석, 제20권, 제2호, 2005.
- [10] 한국전산원, "광대역통합연구개발망 활용 BcN 기반 지능로봇 서비스 구현 및 시험검증에 관한 연구", 연구보고서, 2005.



### 황 선 명

e-mail : sunhwang@dju.ac.kr

1982년 중앙대학교 전자계산학과(이학사)

1984년 중앙대학교 소프트웨어공학전공 (이학석사)

1987년 중앙대학교 소프트웨어공학전공 (이학박사)

1989년~현 재 대전대학교 컴퓨터공학과 교수

1997년~현 재 ISO/IEC JTC7/WG10 한국운영위원

1998년~현 재 한국정보통신기술협회TTA 특별위원

2000년~현 재 한국S/W프로세스심사인협회(KASPA) 이사

2000년~현 재 한국정보처리학회 논문지 편집위원

관심분야: 소프트웨어 프로세스 모델, 품질 매트릭스,

소프트웨어공학 표준화, 컴포넌트 품질측정, 테스트 방법론



### 정 연 구

e-mail : ykchung@etri.re.kr

1979년 고려대학교 전자공학과(학사)

1986년 미국 Cleveland Stage Univ. 전산학과 (석사)

1991년 미국 Wayne State Univ. 전산학과 (박사)

1991년~현 재 한국전자통신연구원 영상인식연구팀

관심분야: 영상인식, 영상처리