

논문 2013-08-22

음성인식기반 스마트 의료조명 제어시스템 (Control System for Smart Medical Illumination Based on Voice Recognition)

김민규*, 이수인, 조현길
(Min-Kyu Kim, Soo-In Lee, Hyun-Kil Cho)

Abstract : A voice recognition technology as a technology fundament plays an important role in medical devices with smart functions. This paper describes the implementation of a control system that can be utilized as a part of illumination equipment for medical applications (IEMA) based on a voice recognition. The control system can essentially be divided into five parts, the microphone, training part, recognition part, memory part, and control part. The system was implemented using the RSC-4x evaluation board which is included the micro-controller for voice recognition. To investigate the usefulness of the implemented control system, the experiments of the recognition rate was carried out according to the input distance for voice recognition. As a result, the recognition rate of the control system was more than 95% within a distance between 0.5 and 2m. The result verified that the implemented control system performs well as the smart control system based for an IEMA.

Keywords : Voice, Recognition, Embedded, Control

1. 서 론

음성인식 기술은 자동차, 로봇, 모바일, 가전, 통신 등 다양한 분야에서 활용되고 있으며, 삶의 편의성을 높이기 위한 스마트 장치와 기기의 핵심 기술로 대두되고 있다 [1-4]. 또한, 의료 분야의 경우에도 스마트 의료기기에 대한 수요자 요구가 매년 증가하고 빠른 기술적 향상은 이루어지고 있지만, 현재까지도 음성인식 기술을 적용한 응용 제품 개발은 미진한 상태이다.

최근, 국내의 소형병원 및 동물병원에서는 의사 혼자서 수술이 가능하도록 보조할 수 있는 스마트 의료장치에 대한 필요성이 증가하고 있다. 따라서, 의공학 및 임베디드, IT 기술 등을 융합한 스마트 의료장치를 개발함으로써 수요에 대한 기술적 대응이 필요한 상황이다

본 논문에서는 소형병원이나 동물병원의 수술용 의료장치 중 수술 환부를 비추기 위한 무영등 및 의료용 LED 조명등에 적용 가능한 음성인식기술 기반의 제어시스템을 제안하였다. 제안한 시스템은 사람의 음성으로 의료조명 장치를 제어함으로써, 감염 위험에 대한 우려로 발생할 수 있는 의료장치 조작의 불편함을 해소하고, 수술 중 조명장치를 제어하기 위한 보조 인력을 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한, 최근에 연구되어지고 있는 동공추적 기술을 이용한 의료조명 장치 및 다수의 감지 센서를 이용한 의료조명 장치들에 비해 사용자와 장치 간에 편리한 인터페이스를 제공하고 장치 조작에 있어서 높은 신뢰도를 제공함을 확인하였다 [5].

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 제안된 제어시스템에 대한 개요로 시스템 구성, 음성 학습 모듈 및 음성인식 모듈을 설명한다. 특히 음성 학습 및 음성인식에 대한 구현 개념과 algorithm을 구체적으로 제시한다. 3장에서는 제어시스템의 하드웨어적인 구현 내용을 소개하고, 시스템에 대한 적용가능성 및 평가결과, 결론에 대해서 각각 4장과 5장에서 기술하였다.

* Corresponding Author (kimmk@etri.re.kr)

Received: 01 Feb. 2013, Revised: 12 Feb. 2013,

Accepted: 18 Mar. 2013.

M.K. Kim S.I. Lee: ETRI

H.K. Cho: SEMS

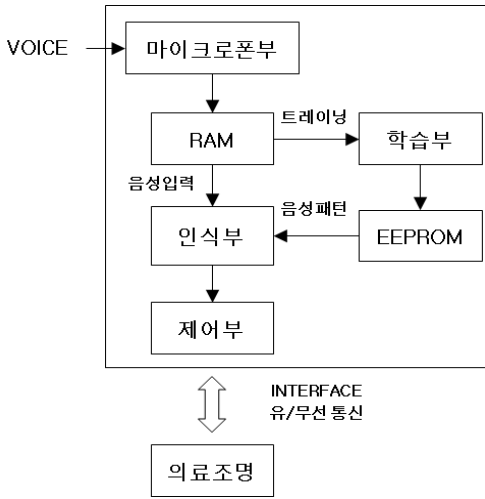


그림 1. 음성인식기반 스마트 의료조명 제어시스템의 구성도

Fig. 1 The component Block Diagram of the Control System for Smart Medical Illumination based on Voice Recognition

II. 제어시스템 개요

1. 시스템 구성

본 연구에서는 음성인식 기술을 기반으로 기존의 의료조명 장치에 스마트 기능을 부여하기 위한 임베디드 제어시스템을 구현하였다. 그림 1은 구현한 음성인식기반의 스마트 의료조명 제어시스템의 구성도이다 [6].

의료조명 제어시스템은 마이크로폰부, 음성학습부, 음성인식부, 메모리부(RAM, EEPROM) 및 제어부 등 크게 5가지 구성 요소로 분류된다. 우선 외부에서 제어용 음성 명령어가 마이크로폰 모듈을 통해 입력되고, 음성학습부에서 제어에 사용될 명령어들이 학습된다. 학습 프로세스가 완료된 후 학습된 명령어를 사용하여 음성인식부를 통해 인식 프로세스를 거친다. 인식 프로세스가 완료되면, 제어부를 통해 제어신호를 발생하여 유무선 통신으로 의료조명 장치의 스마트 기능을 제어한다. 본 논문에서는 제어시스템과 의료조명장치 간 RS-232를 사용한 직렬 방식의 인터페이스가 가능하도록 구현하였다.

2. 음성학습 모듈

의료조명 제어시스템은 사용자가 순서대로 음성패턴을 학습시키거나, 원하는 특정 음성패턴을 학습

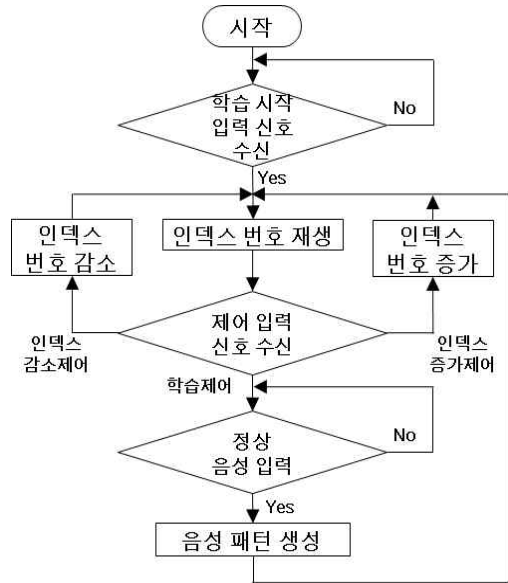


그림 2. 음성학습 순서도

Fig. 2 Flowchart of the Voice Training

시킬 수 있다. 그림 2는 사용자의 음성인식 패턴을 학습시키기 위한 순서도이다 [6].

그림 2에서 '시작'은 학습 시작을 위한 초기 단계이고 '인덱스 번호 재생' 단계는 저장할 제어명령어의 순번을 부여하는 단계이다. '제어 입력 신호 수신' 단계는 제어명령어에 대한 입력 여부를 판단하며 다음 학습 내용을 저장할 인덱스 번호를 증가하는 기능을 수행한다. 또한, '정상 음성 입력'은 학습할 음성 입력에 대한 적합 판정을 수행하는 단계이며, '음성패턴 생성'는 제어명령어 신호로 입력된 명령어 패턴을 생성·저장 하는 단계이다.

음성학습 알고리즘은 '시작' 단계에서 학습 시작에 대한 하드웨어적인 입력 신호가 인가되면, '인덱스 번호 재생' 단계로 넘어가게 되고, RSC 칩 내부 메모리에 저장된 인덱스 번호 생성에 대한 알림 메시지를 출력하여 입력 단어를 요청하게 된다. 인덱스 번호는 1번부터 순차적으로 생성되며, 각각 인덱스 번호가 할당된 EEPROM에 학습될 단어가 저장된다. 학습단어에 대한 수신은 일차적으로 칩 내부의 RAM에서 이루어지고 정상적인 입력이 이루어지면 EEPROM에 저장된다. 저장이 완료된 후, 다시 '인덱스번호 재생' 단계로 되돌아가고, 인덱스 번호를 증가한 후 다음 학습단어에 대한 음성입력을 받는다. 위와 같은 절차로 52가지의 단어 학습이 가능하며, 인덱스 번호를 가감한 후 반복 수행을 한다.

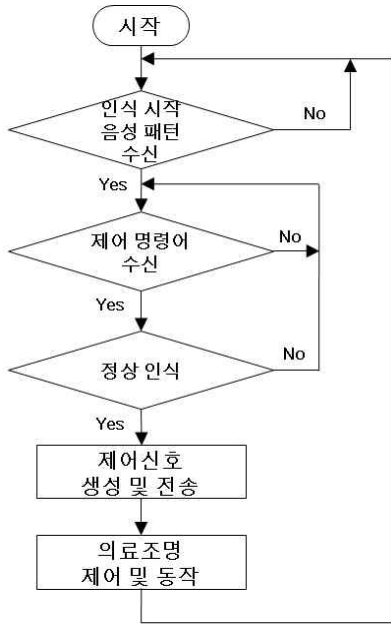


그림 3. 음성인식 순서도

Fig. 3 Flowchart of the Voice Recognition

구현된 제어시스템에서는 ‘조명’이라는 첫 번째 학습 단어가 시작 단어로 사용되고, 나머지 단어는 제어 단어로 각각 조명 제어 명령에 대응되도록 학습하였다.

3. 음성인식 모듈

음성학습이 완료된 후, 그림 3과 같이 사용자의 음성인식 과정을 수행할 수 있다.

그림 3의 ‘시작’은 음성인식 시작을 위한 초기 단계이고, ‘인식 시작 음성패턴 수신’은 인식 시작을 활성화하기 위해 ‘조명’이라는 명령어를 입력하는 단계이다. ‘제어명령어 수신’은 LED 조명을 제어하기 위해 실제 제어명령어를 입력하는 단계이다. ‘정상 인식’ 단계는 제어명령어에 대한 인식 적합을 판단하는 단계로 인식 에러가 발생한 경우 전단계로 이동하여 반복 실행된다. 다음으로 ‘제어신호 생성 및 전송’ 단계는 제어명령어 인식이 완료된 후에 시스템에서 LED 조명 제어를 위한 제어 신호를 발생하는 단계이고, ‘의료조명 제어 및 동작’ 단계는 제어 신호에 의해 LED 조명 장치가 제어되는 단계이다.

음성인식은 학습단어와 입력된 인식단어에 대한 매칭에 의해 판별되며, 그 과정은 다음과 같다. 시스템 하드웨어에 스위치를 통해 입력신호가 인가



그림 4. 음성인식기반 의료조명제어시스템 시제품

Fig. 4 Prototype of the Medical Illumination Control System based on Voice Recognition

되면 인식대기 단계로 들어가고, 시작을 위한 ‘조명’이라는 단어가 입력되도록 RSC 칩 내부 EEPROM에 저장된 알람 메시지를 출력한다. 시작단어인 ‘조명’이 입력되면 학습에서 EEPROM에 저장된 시작 단어와 매칭이 이루어지고 인식이 성공되면 인식단어 입력 단계인 ‘제어 명령어 수신’ 단계로 이동한다. 다음으로 내부 EEPROM에 저장된 제어 명령어 입력을 알리는 메시지가 출력되고, 사용자가 인식제어 단어를 입력하면 내부 RAM에 저장된다. 저장된 입력단어는 학습단어와의 매칭 단계가 수행되고, 인식 성공으로 판별되면 학습단계에서 정한 인덱스 번호에 따른 조명 제어 신호를 출력·전송한다. 하지만, 매칭판별에서 인식 실패가 되면 다시 인식제어 단어가 수신되는 단계인 ‘제어 명령어 수신’으로 되돌아가게 된다. 최종적으로 정상적인 인식에 의한 조명 제어 신호가 전송되면, 각각의 제어 신호에 따라 LED 의료조명장치에 밝기 조절 등 시스템 제어가 수행되어진다.

III. 제어시스템 구현

음성인식기반 의료조명 제어시스템은 Sensory사의 음성인식 전용칩인 RSC-4128 마이크로컨트롤러가 포함된 RSC-4x Evaluation Board를 사용하여 구현하였다. 이 RSC-4x 시리즈는 저가형, 고

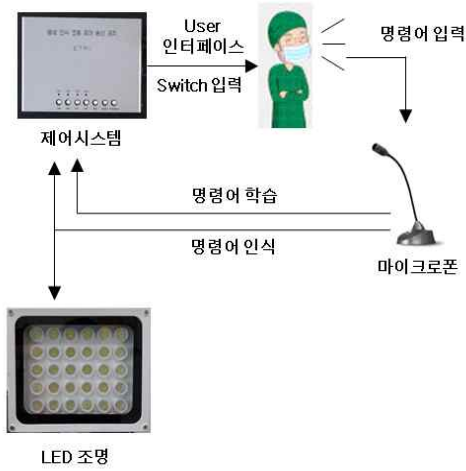


그림 5. 제어시스템 성능평가 실험을 위한 개략도
 Fig. 5 The Schematic Diagram for Performance Evaluation Experiment of Control System

성능의 음성인식 시스템 구현이 가능함으로, 이를 이용하여 의료조명 장치와 결합할 수 있는 음성인식기반 제어시스템을 제작하였으며, 구현한 의료조명 제어시스템은 그림 4와 같다.

본 제어시스템의 제어용 프로그램은 RSC-4x를 위한 전용 컴파일러를 사용하여 C언어로 프로그래밍 하였다. 또한, 실제 조명을 구동하는 하드웨어와의 프로토콜 정의 및 Serial 통신, 학습, 인터페이스, EEPROM 저장, 제어부 등을 구현하였다 [7].

IV. 실험 및 평가

구현된 제어시스템에 대한 적용 가능성을 평가하기 위해 특정 제어명령어들을 학습하였고, 시스템과 사용자 간 인터페이스 거리에 따른 시스템 성능평가 실험을 수행하였다. 그림 5는 제어시스템 성능평가 실험을 위한 구성 및 방법에 대한 개략도를 보여준다.

제어시스템에 대한 성능 평가를 위해 실험 환경은 실제 수술실 환경을 고려하여 외부의 잡음이 없는 실험실 공간 내에서 초기 제어명령어 학습자와 사용자(명령어 인식자)를 동일하게 한 상태에서 무지향성 콘덴서 마이크론을 사용하여 음성입력을 인가하였다.

또한, 시스템의 학습인지를 위한 시작 제어명령

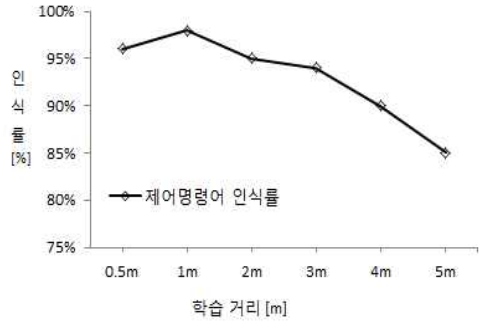


그림 6. 학습을 위한 제어시스템과 사용자 간 인터페이스 거리에 따른 인식률
 Fig. 6 The recognition rate according to the Interfacing Distance between the Control System and the User for Voice Training

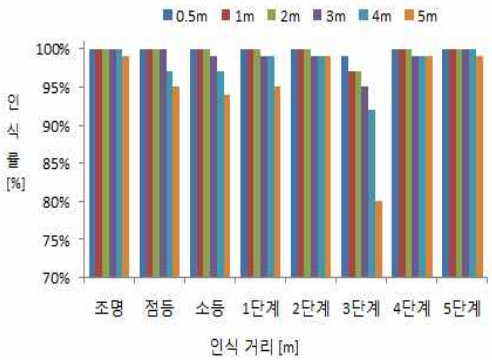


그림 7. 인식을 위한 제어시스템과 사용자 간 인터페이스 거리에 따른 인식률
 Fig. 7 The recognition rate according to the Interfacing Distance between the Control System and the User for Voice Recognition

어로 ‘조명’을 사용하였고, ‘점등’, ‘소등’, ‘1단계’, ‘2단계’, ‘3단계’, ‘4단계’ 및 ‘5단계’까지 7개 제어명령어를 이용하였다. 위 제어명령어 중에서 ‘점등/소등’은 조명을 켜고 끄기 위한 명령어이고, ‘1단계’, ‘2단계’, ‘3단계’, ‘4단계’ 및 ‘5단계’는 조명의 밝기를 조절하기 위한 단계별 밝기에 해당하는 명령어이다.

제어명령어 인식률에 대한 검증을 위해 시스템과 사용자 간 인터페이스 거리를 0.5m ~ 5m까지 변화해가며 측정을 수행하였다. 먼저, 학습 단계에서 시스템과 사용자 간 인터페이스 거리 설정과정

이 필요하며, 실제로 학습 거리에 따라 제어명령어 인식 단계에서 인식률에 대한 오차 범위가 커짐을 확인하였다. 따라서, 학습 거리에 따른 인식률 결과에 대한 분석을 하였고, 초기 학습 거리가 1m 간격에서 인식률이 가장 높음을 확인하였다. 그림 6은 학습 거리에 따른 8개의 제어명령어에 대한 인식률의 평균치를 구한 것이다. 실험은 마이크로폰에서부터 사용자의 거리에 따라 각각 시스템에 제어명령어들을 각각 학습하고, 각각의 경우에 대해 0.5m ~ 5m까지 인지 거리를 설정하여 인식률을 측정하였다.

그림 7은 제어명령어 학습 거리가 1m일 때, 명령어 인식을 위해 시스템과 사용자 간 인터페이스 거리에 따라 측정된 인식률을 보여준다.

시스템 인식률에 대한 실험 평가 결과에서 처럼 의료용 LED 조명 장치 제어를 위해 비교적 안정적 성능을 보이고 있으며, 실제 사용자와 시스템 간 인터페이스 거리인 0.5~2m 거리 내에서 '3단계' 명령어를 제외한 대부분의 명령어에서 95% 이상의 높은 인식률을 보임 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 수술 보조인력 없이 혼자서 수술을 집도하는 동물병원 및 소형병원 등 기타 유사한 환경에 적용 가능한 음성인식기반 스마트 의료조명 제어시스템을 제안하였다.

세부적으로 제안한 제어시스템은 마이크로폰부, 음성 학습부, 음성 인식부, 메모리부 및 제어부 등 크게 5가지로 구성하였고, RS-232를 사용하여 의료LED 조명장치와 직렬통신 인터페이스가 가능하도록 구현하였다. 시스템 내부는 Sensory사에서 제공하는 음성인식 전용칩인 RSC-4128 마이크로컨트롤러가 포함된 RSC-4x Evaluation Board를 사용하였다.

구현 시스템의 적용 가능성을 평가하기 위해 음성인식 거리에 따른 성능평가 실험을 수행하였고, 실험결과 비교적 안정적 성능을 보였다. 또한, 실제 시스템 인식 범위인 0.5~2m 거리 내에서 명령어 인식률이 95% 이상임을 확인하였다.

그 결과 구현한 시스템의 경우, 수술 시 인력이 부족한 소형병원 및 동물병원 등에서 사용하는 의료조명 장치에 적용 가능할 것으로 보이며, 작업 효율성 향상 및 간염 등 부가적인 위험요소 감소효과를 줄 것으로 기대한다. 또한, 향후 소형화를 통해

착용이 가능한 형태로의 구현 및 스마트 기능 보완으로 사용자의 편의성을 더욱 높여줄 것으로 보인다.

References

- [1] C.H. Lee, J.L. Gauvain, R. Pieraccini, L.R. Rabiner, "Large vocabulary speech recognition using subword units," *Speech Communication*, Vol. 13, No. 3-4, pp.263-279, 1993.
- [2] J. Manikandan, B. Venkataramani, "Design of a real time automatic speech recognition system using Modified One Against All SVM classifier," *Microprocessors and Microsystems*, Vol. 35, No. 6, pp.568-578, 2011.
- [3] S.H. Kloosterman, "Design and Implementation of a user-oriented speech recognition interface: the synergy of technology and human factors," *Interacting with Computers*, Vol. 6, No. 1, pp.41-60, 1994.
- [4] C.M. Rebman Jr., M.W. Aiken, C.G. Cegielski, "Speech recognition in the human-computer interface," *Information & Management*, Vol. 40, No. 6, pp.509-519, 2003.
- [5] D.G. Choi, B.J. Yi, Y.S. Kim, "Implementation of Auto Surgical Illumination Robotic System Using Ultrasonic Sensor-Based Tracking Algorithm", *Journal of Biomedical Engineering Research*, Vol. 28, No. 3, pp. 363-368, 2007 (In Korean).
- [6] Sensory, Inc., RSC-4x Target Board V2 Manual, 2007.
- [7] Sensory, Inc., RSC-4x Demo/Evaluation V2 Manual, 2007.

저 자 소 개

김민규

2000년: 영남대학교 기계공학부 학사.

2002년: 경북대학교 의공학과 석사.

2006년: 경북대학교 의용생체공학과 박사

현재, ETRI 선임연구원.

관심분야: 임베디드 하드웨어 및 소프트웨어, 의료IT, 지능로봇제어.

Email: kimmk@etri.re.kr

이수인

1985년: 경북대학교 전자공학과 학사.

1989년: 경북대학교 전자공학과 석사.

1996년: 경북대학교 전자공학과 박사.

현재, ETRI 대경권연구센터장.

관심분야: 임베디드 소프트웨어, DMB, 방송·정보통신.

Email: silee@etri.re.kr

조현길

2001년: 대구대학교 제어계측학과 학사.

2011년: (주)아크로엠 부장.

현재, (주)셈스 대표이사.

관심분야: 임베디드 소프트웨어, Real-time OS.

Email: hglife@sems.re.kr