

---

# 전신마비환자용 기능적 전기자극기 화자인식 시스템의 개발

진달복\* · 이영석\*\* · 이현희\*\*\* · 정호춘\*\*\* · 임승관\*\*\* · 여운진\*\*\*

## Development of Speaker Recognition System in FES for General Paralysis Patients

Dal-bok Chin · Yung-seok Lee · Hyeon-hee Lee · Ho-chon Jeong · Seung-kwan Lim · Un-chin Yeo

---

이 논문은 2001년도 원광대학교 교비 연구지원비 및 전북 산학연 컨소시엄에 의한 논문임.

---

### 요 약

본 논문은 전신마비환자를 위한 FES(Functional Electrical Stimulator) 시스템 모드 변환 중의 하나를 선택할 수 있게 하는 화자 인식 시스템을 개발하고자 한다. 교통사고나 산업재해로 인한 마비환자가 늘어나고 있는 현대사회에서 환자의 운동 보조를 위해서 또는 운동 능력의 회복을 위하여 FES 시스템에 대한 연구가 늘어나고 있다. FES의 동작은 휴지, 운동, 치료 등 몇 개의 모드를 선택해야 하는데, 사지마비환자의 경우에는 키패드 조작이 불가능하므로 가장 일반적이고 자연스러운 언어로 이들 모드를 선택하고자 한다. 화자 인식 소자로는 Sensory(주)의 RSC-300을 사용하였고, FES 시스템과 RSC-300의 인터페이스는 PIC16F84마이크로 컨트롤러를 사용하였다.

### ABSTRACT

The purpose of this study is to develop the speaker recognition system which can select one of operating modes in FES for general paralysis patients.

As spiral injury by traffic accident, industrial disaster, or stroke has been increased, the development of FES(Functional Electrical Stimulator) system is urgent to prevent paralysis and atrophy, and to assist the patients walking.

For these patients we developed FES system(1). To operate this system one of several operating modes must be selected, As this can not be done by general paralysis patients, an attempt has been tried in this study to select the mode by speaker recognition system.

RSC-300 of sensory co. has been chosen as a speaker recognition chip, and PIC16F84 is adapted to interface RSC-300 and FES system.

---

\*원광대학교 공과대학 전기전자및정보공학부교수

\*\*아산정보기능대학 정보통신과 교수

\*\*\*원광대학교 공과대학 전기전자및정보공학부 박사과정

접수일자 : 2003. 5. 10

## 1. 서론

본 논문은 전신마비환자가 기능적 전기자극기(FES)를 착용하는 경우 M0에서 M9에 이르는 모드 및 기능을 언어로 선택하기 위한 환자 인식 시스템을 개발하는데 그 목적이 있다.

산업재해, 교통사고, 뇌졸중 등의 증가로 인하여 척추손상 환자가 늘어가는 추세이어서, 이들 환자에게 필연적으로 오는 하지근의 마비 및 위축을 미리 방지하고 혈액순환을 증가시켜 주며 보행을 보조해 주는 등의 다양한 기능을 가진 기능적 전기자극기의 개발은 시급하다고 할 것이다.

이에 저자 등은 족하수환자의 보행 보조를 위한 기능적 전기자극기를 수년에 걸쳐 개발한 바 있다[1].

이것은 그림 1과 같이 정상인의 근전도에서 얻은 자극 패턴을 표면 전극을 통하여 해당 신경의 운동점에 인가함으로써 필요한 동작을 얻는 것으로, 이런 동작을 얻기 위해서는 휴지, 운동, 치료 등 몇 개의 모드를 선택해야 하는데, 사지마비환자의 경우에는 키패드 조작성이 불가능하므로 가장 일반적이고 자연스러운 언어로 이들 모드를 선택하고자 하는 것이다.

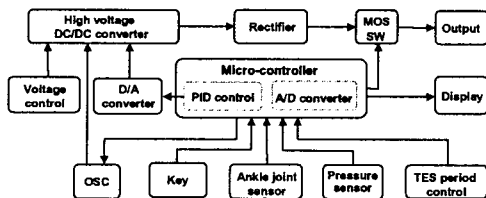


그림 1. 기능적 전기자극기의 블록선도  
Fig 1. Block diagram of FES

## II. 전신마비 환자를 위한 기능적 전기자극기의 동작

원래 기능적 전기자극법이란 마비된 근육을 지배하는 운동점에 전극을 연결하고 외부로부터 중추의 명령에 유사한 전기자극을 인가하여 마비된 근육을 수축시키는 방법으로서, 기능적 전기자극기로 이를 실현하기 위해서는 몇 가지 선결해야 할 것이 있다.

첫째는 마비된 근육을 지배하는 신경의 운동점에 전기자극을 어떻게 연결하느냐의 문제이다. 지금까지는 주로 마비된 근육에 경피 삽입술로 전극을 삽입하는 방법을 사용하고 있는데, 이 방법은 낮은 전압으로도 제어가 가능하고 정확한 동작신경에 연결할 수 있는 장점이 있는 반면 수술에 따른 신체적, 정신적, 경제적 부담이 크고, 특히 삽입부위에 대한 기계적, 위생적 관리에 문제점이 있다[2][3]. 그래서 본 기능적 전기자극기에서는 그림 2와 같이 외부전극을 통하여 간접적으로 신경의 운동점에 전기자극을 주는 방법을 택하였다. 이것은 자극전압을 30V~150V로 높여주어야 하기 때문에 약간의 불쾌감과 불안감을 주는 단점이 있는 대신 수술이 필요 없고 관리가 쉽다는 장점이 있다.

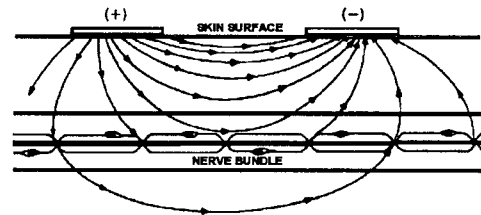


그림 2. 피부 자극  
Fig 2. Skin stimulation

둘째는 요구되는 동작에 대한 자극패턴을 어떻게 만드느냐의 문제이다. 유사한 자극패턴을 마이크로프로세서에서 직접 만드는 방법도 있지만, 본 연구에서는 요구되는 동작에 대한 정상인의 근전도에서 얻은 생체 자극패턴을 기억시켜 놓았다가 필요할 때마다 출력시켜 주는 방법을 사용하였다.

셋째는 이 기능적 전기자극기를 사용하는 환자가 오랫동안 보행할 때 근육의 임피던스 변화나 근피로 현상으로 인하여 보행이 제대로 되지 않을 경우에 대한 대비책이다. 본 연구에서는 광검출식 관절각 센서를 개발하여 보행 피로를 감지하고 이에 따라 자극레벨을 자동적으로 조절되도록 하였다.

그림 1은 이상과 같은 것을 바탕으로 구성된 기능적 전기자극기의 블록선도이다. 보행의 시작과 끝은 압력센서의 on-off에 의해서 검출하고, 관절각의 각도는 전술한 관절각 센서로 검출한다. 이들 검출기로부터 얻는 정보에 따라 전기자극의 시기 및 레벨을 정

한다.

이 기능적 전기자극기는 이상의 보행보조 기능 외에도 테스트 모드와 훈련모드가 있고 각 모드당 몇 개씩의 기능이 있어서, 전체적으로 M0에서 M9까지 기능 선택키가 키패드에 장치되어 있다.

이 기능적 전기자극기는 1일 30분, 60분, 90분, 120분 등으로 1주 간격으로 증가하면서 훈련을 한 결과 근력은 29.7%, 근 피로도는 22.9% 감소됨이 확인된 바 있다.[1]

### III. 전신마비환자용 기능적 전기자극기 화자인식 시스템의 하드웨어 설계

본 화자인식 시스템의 하드웨어 설계에 있어 무엇보다 문제가 되는 것은 인식률 높은 화자인식기의 선택이다. 인식률과 안정성이 본 시스템의 성패를 좌우하기 때문이다.

현재 인터넷을 통하여 구입할 수 있는 화자인식기에는 여러 가지가 있으나, 화자인식률에 있어서나 크기에 있어 단연 월등한 것은 sensory사의 RSC-300이라고 판단한다. 이것은 그림 3과 같은 구조로, 12비트 A/D변환기와 16개의 I/O라인, 2개의 타이머 모듈, 448바이트의 레지스터 RAM과 2K바이트의 데이터 RAM, 그리고 신경회로망을 채용하고 있는 8비트 마이크로컨트롤러로 이루어진 화자인식 전용 칩이다. 그림 4는 이 칩을 중심으로 설계된 화자인식 시스템이다. 이것은 4MIPS의 처리속도에 인식률은 화자독립의 경우 97%, 화자종속의 경우 99%이다[4].

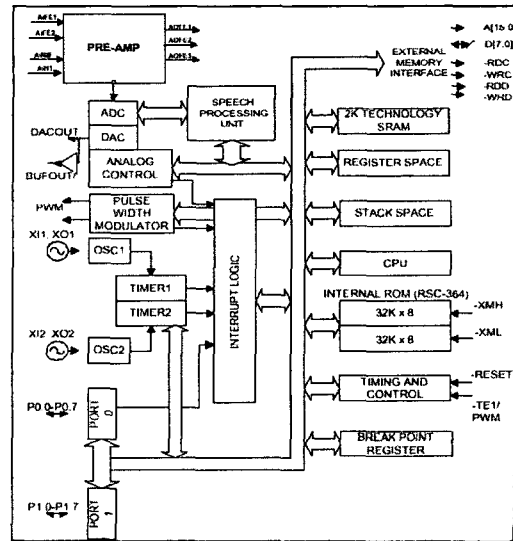


그림 3. RSC-300의 블록선도  
Fig 3. Block diagram of RSC-300

화자인식기가 정해지고 다음으로 문제가 되는 것은 이 화자인식기의 출력상태를 어떻게 기능적 전기자극기의 CPU에 알리느냐이다. 다른 화자인식기도 그렇지만 Sensory사의 화자인식 전용칩 RSC-300도 미리 등록된 단어를 인식할 경우 특정 포트라인을 논리 1로 한다. 그러므로 이들 포트라인의 정보를 기능적 전기자극기에 전달하기 위해서는 다음 몇 개의 방법 중 어느 것을 사용해야 한다.

그 첫째는 음성인식기의 포트라인과 기능적 전기자극기의 포트라인을 1대 1로 연결하고, 화자인식기의 어느 포트가 1인가를 기능적 전기자극기의 포트 정보에서 알도록 하는 방법이다. 이 방법은 하드웨어 및 소프트웨어는 간단하나 기능적 전기자극기의 포트라인(정확히 말한다면 이를 제어하는 마이크로컨트롤러 (PIC16C74)의 포트라인)이 많이 사용된다는 단점이 있다.

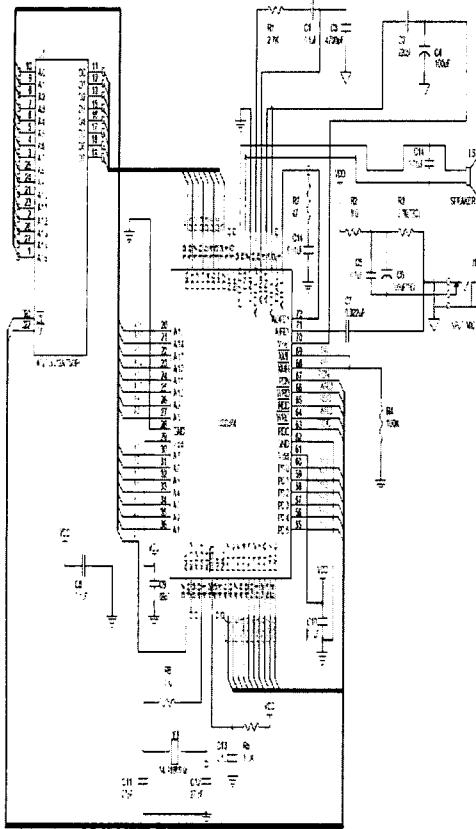


그림 4. RSC-300을 중심으로 한 화자인식 시스템  
Fig 4. Speaker recognition system by RSC-300

둘째는 74HC165와 같은 병렬입력-직렬출력 시프트 레지스터로 화자인식기의 각 포트 상태를 병렬로 받아서 PIC16C74의 SSP 기능을 이용하여 직렬 전송하는 방법이다. 이 방법은 기능적 전기자극기의 포트를 최소한으로 줄일 수 있으나 기능적 전기자극기와 화자인식기 사이에 병렬입력-직렬출력 시프트레지스터가 필요하다는 단점이 있다.

셋째는 PIC16F84와 같은 간단한 마이크로컨트롤러로 화자인식기의 포트 출력을 받아서 부호화한 후 RS232C 기능을 이용하여 기능적 전기자극기에 전송하는 방법이다. 이것은 이미 다른 용도로 사용되고 있는 RS232C 포트를 사용할 수 있으므로 실질적으로 전기자극기의 별도 포트를 필요로 하지 않을 뿐만 아니라 포트 정보를 부호화해서 보내기 때문에 M0~

M9의 10개 포트 정보를 1개 바이트로 보낼 수 있다. 또한 기능적 전기자극기를 제어하는 마이크로컨트롤러(PIC16C74)의 확장 기능 처리 프로세서로 사용할 수도 있다. 이런 이유로 마지막 방법을 본 연구에서는 사용하기로 하였다.

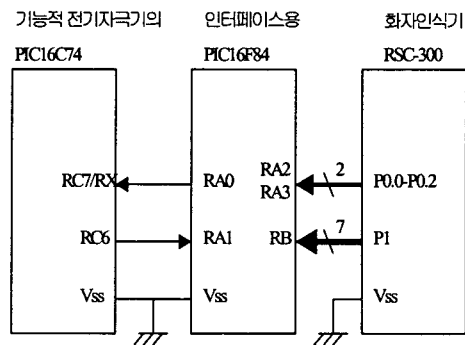
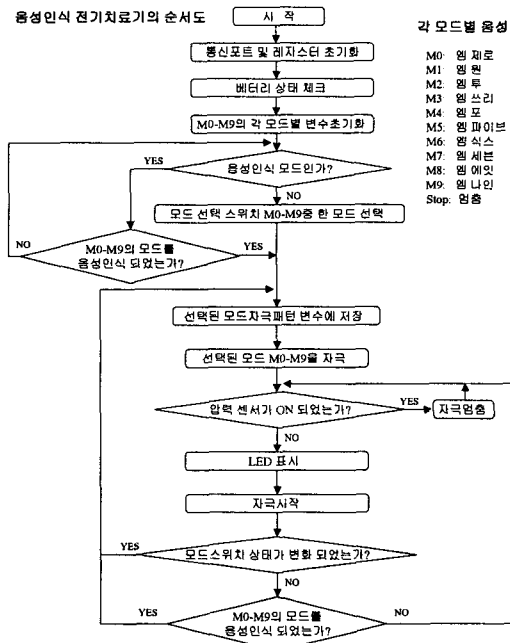


그림 5. 전신마비 환자용 FES 화자인식시스템의 블록선도

Fig 5. Block diagram of speaker recognition system in FES for general paralysis patients

그림 5는 이 방법에 의하여 사지마비환자용 기능적 전기자극기 화자인식 시스템을 설계한 것이다. 기능적 전기자극기의 PIC16C74에서 기능 선택 정보가 필요해서 RC6을 논리 1로 하면 PIC16F84는 이를 탐지하고 RA2~RA3과 RB0~RB7을 통하여 입력한 M0~M9의 상태를 부호화하여 RA0를 통하여 PIC16C74의 직렬포트 RC7/RX에 직렬 전송한다



- 각 모드별 음성
- M0: 음 지료
  - M1: 음 천
  - M2: 음 투
  - M3: 음 쓰리
  - M4: 음 포
  - M5: 음 파이브
  - M6: 음 식스
  - M7: 음 시븐
  - M8: 음 에잇
  - M9: 음 나인
  - Stop: 멈춤

그림 6. 기능적 전기자극기 제어부 순서도  
Fig 6. Flowchart of control part of FES

#### IV. 전신마비환자용 기능적 전기자극기 화자인식 시스템에 대한 소프트웨어 설계

이 시스템의 소프트웨어는 기능적 전기자극기와 화자인식 시스템 사이에 있는 PIC16F84를 중심으로 논한다.

기능적 전기자극기의 PIC16C74는 기능 선택 정보가 필요할 때마다 RC6를 일정기간 동안 논리 1로 함으로써 이를 PIC16F84에 알려 주고, 이를 검지한 PIC16F84가 화자인식기의 각 포트라인 상태를 직렬 전송할 때 PIC16C74는 SCI모듈의 RS232C 기능으로 받아들이면 되기 때문이다. PIC16F84의 소프트웨어는 PIC16C74의 RC6의 상태를 RA1로 탐지하는 것으로부터 시작된다. 탐지하고 있다가 이 비트가 1이면 RA 2~RA3과 RB0~RB7을 읽어서 4비트 BCD코드로 고친다. 그런 다음 이것을 하나의 바이트로 확장해서 PIC16C74에 직렬전송한다. 그런데 PIC16F84에는 직렬전송 기능이 없다. 그래서 순전히 소프트웨어로 이를 할 수 밖에 없다. 기능적 전기자극기 제어부의 순서도는 그림 6과 같고 PIC16F84부의 순서도는 그림 7과 같다.

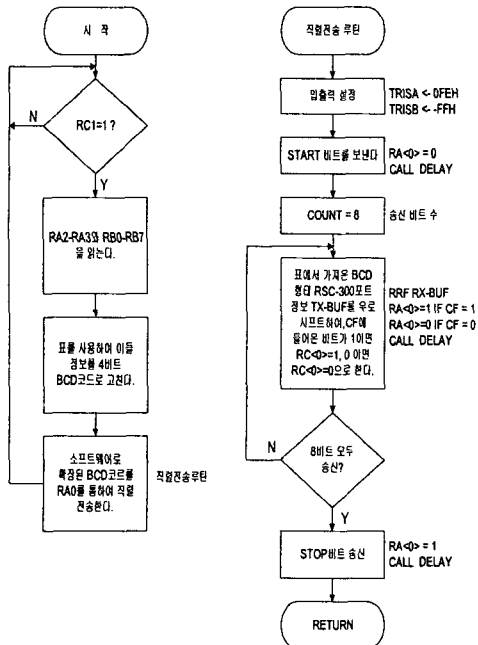


그림 7. PIC16F84부의 전체 순서도  
Fig 7. Flowchart for PIC16F84 part

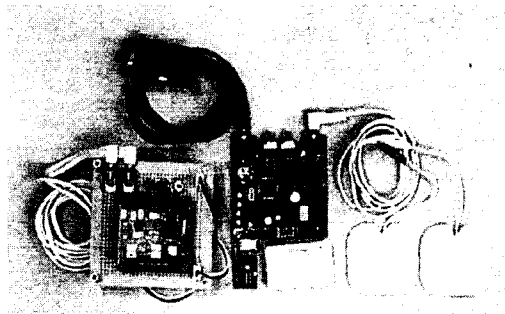


그림 8 전신마비 환자용 화자인식 FES시스템의 외관  
Fig 8. External view of speaker recognition system in FES for general paralysis patients

#### V. 실험

그림4와 같은 하드웨어의 PIC16C74에 프로그램을 기입해 넣고, PIC16F84에도 프로그램을 기입해 넣는다.

PIC16F84에는 앞에서 논한 프로그램을 탑재하고,

PIC16C74에는 본래의 기능적 전기자극기 프로그램에 기능 설정의 필요가 있을 때마다 얼마간 RC6를 논리 1로 함으로써 그 사실을 PIC16F84에 알리고 이에 응해서 PIC16F84가 코드화된 RCS-300 포트라인의 상태를 직렬전송해 주면 이것을 일정의 번지에 받아들이는 부분만 첨가해 놓은 것이다. 시스템을 기동하고 우선 인위적으로 RSC-300의 어느 포트를 논리 1로 하고, 이 정보가 PIC16C74에 제대로 전달되는지를 실험한 결과 틀림없이 전달됨이 확인되었다. 문제는 RSC-300의 각 포트라인(P0.0~P0.1과 P1.0~P1.7)이 M0~M9의 기능 설정어에 따라 제대로 세트되느냐에 있다. 이에 대하여는 RSC-300의 개발시스템(RSC-300/364 Development Kit)의 부재로 폭 넓은 실험은 할 수 없는 상태이지만, 간이 실험 시스템(Sample Application Circuit Die)을 통한 실험에서는 24회 실험에서 23회 제대로 동작됨을 확인할 수 있었다.

### VI. 결론

교통사고 등으로 척추손상환자가 증가되는 추세이어서 이런 환자가 사용할 수 있는 기능적 전기자극기의 개발이 시급하다고 사료되어 본 연구에서는 본인 등이 개발한 기능적 전기자극기에 환자 인식기를 접목하여 언어에 의한 기능 선택을 시도하였다.

화자인식기로서는 화자중속의 경우 99%를 자랑하는 Sensory 사의 RSC-300을 택하고, 이것의 포트라인 상태 정보는 PIC16F84 통하여 직렬전송하였다. PIC16F84는 직렬전송이 하드웨어로 지원되지 않기 때문에 순전히 소프트웨어 방식으로 이를 실현하였다. 개발시스템의 미비로 실험이 충분히 이루어지지는 못했지만 간이 실험 시스템(Die)에 의한 실험에서는 성공률이 96%에 달했다. 앞으로 계속 보완해서 100%에 가까운 시스템으로 개발할 예정이다.

### 감사의 글

본 연구는 2001년도 원광대학교 교내연구비와 전북 중소기업청 산학연 컨소시엄 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다.

### 참고 문헌

1. 진달복, 박병립, 임승관, 정호춘, 이상세 "족하수환자의 보행보조를 위한 피드백 제어형 전기자극기의 개발" 대한의용생체공학회 제20권 제2호 pp183-190 1999년.
2. kengo A., Masaaki M., hideki A., "Functional Neuromuscular Stimulation System Using an Implantable Hydroxyapatite Connector and a Microprocessor-based Portable Stimulator", IEEE Trans Biomed Eng, vol. 36, pp746-753, 1989.
3. Malcolm H., Douglas J., Amanda C.B., Kennedy R., Joseph C., "Peroneal Stimulator: Evaluation for the Correction of Spastic Drop Foot in Hemiplegia", Arch Phys Med Rehabil, vol. 77, pp19-24, 1996.
4. Sensory, "RSC-300/364 Recognition, Synthesis, Control", Data book, p17-35, 1999.

### 저자 소개



**진달복(Dal-Bok Chin)**

조선대학교 전기과 공학사  
조선대학교 전기과 공학석사  
전남대학교 전자과 공학박사  
원광대학교 전기전자정보공학부 교수  
※관심분야 : 음성합성및인식, 의용생체공학



**이현희(Hyeon-Hee Lee)**

원광대학교 전자과 공학사  
원광대학교 전자과 공학석사  
원광대학교 전자과 공학박사과정  
※관심분야 : 음성인식, 화자인식, 의용생체공학



**이영석(Young-Seok Lee)**

원광대학교 전자과 공학사  
원광대학교 전자과 공학석사  
원광대학교 전자과 공학박사과정  
아산정보기능대학 정보통신과 교수

※관심분야 : 전기 시스템, 음성합성



**정호춘(Dal-Bok Chin)**

원광대학교 전자과 공학사  
원광대학교 전자과 공학석사  
원광대학교 전자과 공학박사과정

※관심분야 : 의용생체공학, 제어 시스템



**임승관(Dal-Bok Chin)**

원광대학교 전자과 공학사  
원광대학교 전자과 공학석사  
원광대학교 전자과 공학박사과정

※관심분야 : 의용생체공학, 제어 시스템

**여운진(Un-chin Yeo)**

원광대학교 전자과 공학사  
원광대학교 전자과 공학석사  
원광대학교 전자과 공학박사과정  
※관심분야 : 음성인식, 화자인식, 의용생체공학