

---

# 생체-전기적 반응에 의한 한의학적 진단시스템의 설계

이용흠, 장근중, 박창규\*

Design of Oriental Medicine diagnosis system  
by Bio-Electric Response

Yong Heum Lee, Geun Joong Chang, Chang-Gyu Bak\*  
Institute of Biomedical Engineering Research, Wonkwang University.  
Dept. of mechatronics Geuchang polytechnic College\*

## 요 약

인체 생리의 부조화에 의한 기능적 이상 진단이 가시화 장비나 임상병리 소견으로도 진단할 수 없는 경우가 있기 때문에, 현대과학과 의공학의 특성을 접목한 EFG(Electro Functio Gram: 機能電圖) 측정 개념의 진단기술 개발이 요구되고 있다. 따라서 이러한 기능적 진단기술을 이용하여 양·한방 모든 분야에서 기초 진단기로 사용할 수 있는 재현성과 신뢰성, 편리성을 갖춘 범용의 진단시스템으로 개발하였다. 또한, 한의학적 진단 및 치료를 위한 기와 혈의 인체 순환을 진단할 수 있는 사지 8CH(양, 음경락), 두부 2CH 동시계측 방법 및 일팔 부착식 전극을 개발하였다. 성인 남자 20명(정상인)을 대상으로 한 임상데이터 분석결과, 인체의 12경락의 상태 및 자율신경계통의 상태를 진단할 수 있어서, 진단장비로써의 유의성을 확인하였다.

따라서, 본 논문에서는 인체 12부위의 음경락 양경락을 측정할 수 있는 H/W 및 S/W를 구현하고, EFG 체계를 구축하여 생체-전기적 반응에 의한 한의학적 진단 시스템을 설계하였다.

## Abstract

It has been needed diagnosis technology of the EFG(Electro Functio Gram) measurement concept which is incorporated characteristic of modern science and biomedical engineering, because functio abnormality diagnosis can't diagnose with visualization instruments or clinical pathology. The general diagnosis system(EFG system) has been developed to use basic diagnosis instrument that has reappearance, reliance and convenience using the functio diagnosis technology, in the field of western/oriental medicine. Also, we improved sticking electrode and simultaneous measurement method of the limbs 8CH, head 2CH to diagnose body circulation of Qi and acupoints for Oriental Medicine diagnosis/therapy. The result of clinical for adult man 20 persons, the EFG system can diagnose state of 12 meridians and autonomic nervous system.

Therefore, in this paper, we designed of oriental medicine diagnosis system by bio-electric response with materialized H/W and S/W for 12 meridians state diagnosis of human body and system construction of the EFG.

## keyword

EFG, functio diagnosis, meridian, bio-electric response

---

\* 원광대학교 공과대학  
접수일자 : 2004. 1. 2

\* 생체공학연구소  
거창기능대학 메카트로닉스과

## 1. 서론

최근에 이르러 컴퓨터공학과 마이크로 전자공학을 이용한 생체의 계측, 정보처리, 제어 및 진단의 3대 역할이 의공학 및 생체공학, 외과학, 생리학, 한의학, 동서의학 분야까지 상호 보완적인 추세에 있다. 다양한 의료 기기의 획기적인 성능 향상과 신뢰성의 증대, 대체 재료와 치료제의 개발, 고도의 의료기술 파급 등이 이루어지고 있다. 기초기술과 첨단기술까지 모든 기술이 통합되어 동원되고 있는 생체공학과 의공학 기술은 주로 진단과 치료 기기에 적용되어서 생체의 내부나 조직의 상태를 가시적 또는 정량적으로 측정할 수 있도록 하는데 기여하고 있어서 현대의학의 발전에 중요한 역할을 담당하여 왔다.

그러나 이러한 기술의 응용분야는 인체를 해석함에 있어서 주로 조직·기관의 구조적인 형태에 치중하는 현대 의학적 진단/치료 개념에 응용됨으로써 증상에 대한 작용의 원인 치료에 역점을 두는 한방치료에는 이의 적용이 상대적으로 소극적인 경향이 있다. 한의학의 관점에서도 주로 마비 및 신경성 질환과 성인병, 만성질환의 치료에 있어서 인체 기능의 부조화 진단을 중심으로 하는 한의학적 진단과 치료 방식의 효과가 인정되어 그 위상이 부각되고 있으나 한의학의 특성인 침구와 한약의 임상적 효과를 객관적이고 계량적, 가시적으로 제시하는 진단기술의 부족으로 인하여, 기능적 진단의 유의성과 함께 치료 효과가 우수함에도 불구하고 그 적용에 제한을 받고 있는 실정이다.

따라서 질병진단에 있어서 X-Ray, CT, PET, MRI, 초음파, 체열촬영법 등의 가시화 장비나 임상병리 소견으로도 진단되지 않는 인체 생리의 부조화에 의한 기능적 이상의 진단을 현대과학과 의공학의 특성과 접목하여 심전도(EKG) 측정과 유사한 방법으로 구현하는 EFG(Electro Function Gram: 機能電圖) 측정 개념의 진단기술 개발이 절실하게 요구되고 있다. 본 논문의 목적은 이러한 기능적 진단기술을 이용하여 양·한방 모든 분야에서 기초 진단기로 사용할 수 있는 재현성과 신뢰성, 편리성을 갖춘 범용의 진단시스템을 개발

하는데 있다. 또한 한의학적 진단 및 치료를 위한 기와 혈의 인체 순환을 진단할 수 있는 사지 8CH(양,음경락), 두부 2CH 동시계측 방법 및 일괄 부착식 전극의 개발로 인체 12부위의 음경락 양경락을 진단할 수 있는 계측 방법과 EFG 체계 구축 및 시스템의 성능을 검증하고자 한다.

## II. 인체의 기능진단과 EFG 체계

### 1. 기능진단 방식의 분류

현재까지 실용화되고 있는 한의학적 진단 개념의 장기기능 진단에 관한 기술에는 크게 두 가지로 분류할 수 있으며, 그 하나는 서양 의학적 개념에서 해부학과 전기생리학, 피부 전기전도성을 이용한 생체전기 현상과 주파수해석 방법을 중심으로 한 생체공명 진단기로서 주로 독일의 MORA, BICOM, VEGA, RAYOCOMP 등의 상품명으로 실용화되어 있다[1,2,3,4]. 다른 하나는 주로 독일과 러시아, 동양권에서 EAV체계(Electro-Acupuncture according to Voll)[5]를 기초로 하여 측정전극으로 경혈 또는 양도점(Low Impedance point)의 전류량을 기준으로 장기의 기능 상태를 진단하는 생체기능진단기들로서 한국의 메리디안, 일본의 양도라기, 중국의 DH253(經絡電圖儀), NAM-AI(子午流注治療儀) 등으로 상품화되어 있다[6,7,8].

그러나 이러한 진단기들에 있어서 생체공명진단기는 손과 발에 접촉하는 단순 전극을 사용하여 진단방법의 편리성과 신속성 등에서 유리하나 동양의학의 경락체계를 그대로 반영하는 것으로는 볼 수 없고, 생체기능진단기도 EAV 측정점이 경락체계의 경혈과 반드시 일치하지는 않고 있으며 기기에 따라 전극의 복잡성이나 측정방법의 숙련성, 진단시간이 소요되는 등의 단점을 가지고 있어서 고전 동양의학의 문진과 맥진, 망진 등을 완전하게 객관화, 계량화 한 것으로 볼 수는 없다.

따라서 본 논문에서는 고전 한의학의 임상체계에 충실하며 생체공명진단기의 편리성과 신속성 그리고 생체기능진단기에서 일부 구현하고 있는 기와 혈의 인체 순환을 중심으로 한 경락체계의

기능을 심전도 측정방식과 같은 편리성과 객관성, 재현성을 가지면서 한의학적 진단이 가능한 EFG(Electro Functio Gram :기능전도) 체계를 구축하고자 한다.

이러한 진단기의 구조개념은 효율적으로 측정점(양도점)을 식별하는 기술과 측정전류가 공통전극과 측정점의 거리에 무관하여  $V=IR$ 의 공식이 적용되는 전도전류와는 다른 특별한 성질을 가지는 실험결과와[9], 자오류주 학설을 입증한 연구 발표[10]에서와 같이 경락전류가 나타내는 반도체의 전기적 특성과 유사한 전류의 방향성과 가변전압에 따른 전류패턴을 인식하는 기술, 그리고 경락의 진동자극과 반사파 측정에 사용된 진동 에너지와 맥파의 센싱 기술[11,12]과 경혈이 레이저 등의 외부자극이나 질환에 따라서 일정한 전압 파형과 맥파 변화가 발생하는 특성[13]을 근거로 하고 있다. 이와 같은 EFG 진단시스템의 구성은 피 측정자의 양손과 양발을 직접 측정하거나 공통전극을 파지 시키지 않고 손목과 발목부위의 경락에 일괄적으로 설치하는 측정 전극과 맥파센서를 병합하여, 심전도 측정과 같이 신속하고 편리하게 객관성 있는 진단자료의 추출을 가능하게 한다.

## 2. EFG 체계의 개요

생체에 있어서 세포수준 검사는 한계가 있으므로 세포를 하나의 이온 배터리로 보고 외부 미약전류 자극에 의한 반응으로써 질환과 건강상태를 진단하는 개념이 Dr. Voll의 EAV (Electro Acupuncture according to Voll) 체계이다[14]. 개념에 의하면 피부에는 다른 부위에 비해 저항이 낮고 도전율이 높은 일정 부위가 있고 이것이 고전 한 의학의 경혈점과 거의 일치하는 유의점으로 인정되고 있다[15]. 이 양도점과 사지사이에 미약전류인 직류전압을 걸면 그림1과 같이 시간의 경과에 따른 전도전류의 감쇠반응이 나타나고, 이것은 세포 전위의 이온화에 의한 분극작용의 결과로 보고 있다[16]. 물론 비양도점인 일반 피부에서도 감쇠현상은 동일하지만 그 절대값의 차이가 있고 양도점이 기존의 피부 등가회로인 2개의 저항과 1개의 캐패시터 회로에서 용량성은 더 크고 저항성은 더

작은 것과 같이 반응한다[17].

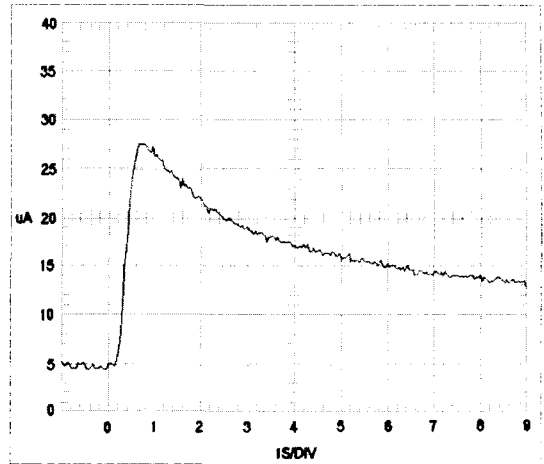


그림 1. 직류(DC)에 의한 전류반응 특성  
Fig. 1. Current response characteristic by DC

이러한 감쇠현상은 미약전류를 이용한 경혈의 식별에서 장애요인으로 작용하나 EAV 체계에서는 이 감쇠율을 진단요소로 사용되고 있다. 그러나 세포의 분극작용과 전자의 이동방향 즉 전류의 흐름 입장에서 보면 세포의 분극은 방향성이 있고 분극과 재분극의 회복시간이나 유지시간 등이 세포의 건강상태를 결정하는 중요한 요소가 될 수 있다.

따라서 직류를 이용한 일정한 방향의 전류자극과 분극에 따른 전류 감쇠율의 측정에 의한 진단 방식보다 양방향성의 전류자극에 의한 경혈 반응의 계측이 더 많은 진단요소를 얻어낼 수 있다. 이는 전기공학적인 관점에서 보면 직류에 의한 계측은 전극간의 저항값 변화를 알 수 있으나 교류성 전류에 의한 계측은 측정 전극사이의 임피던스값의 변화를 측정할 수 있기 때문이다.

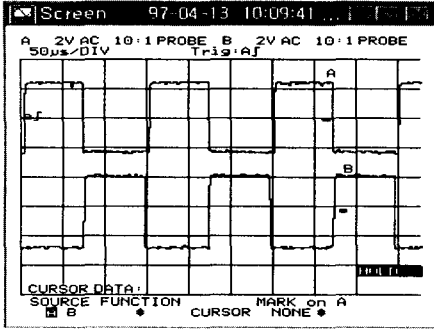
이에 따라 그림2(a)와 같은 단일전원교류(SP AC : Single Power Alternative Current) 패턴을 경혈에 인가하면 그림2(b)와 같이 직류자극에 비하여 임피던스가 낮아져서 전극과 피부사이의 접촉저항을 현저하게 감소시키고 동일한 전류에서 측정감도가 높아져서 혈위의 식별에 유리해진다.

### III. EFG체계 구현과 시스템의 설계

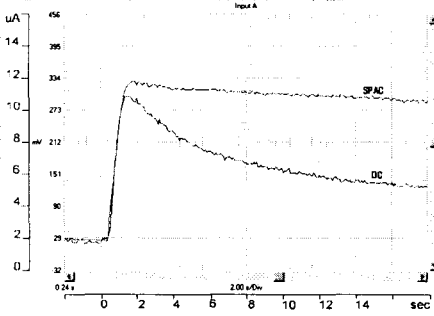
#### 1. 전극의 설계

인체에 전류를 인가하고 그 반응을 측정하기 위해서는 시스템과 피부를 인터페이스 시켜야 하고 그 수단으로써의 전극이 몇 가지 형태로 사용된다. 생체공명 진단기와 양도락 등은 양손으로 파지하고 양발의 바닥에 접촉하는 형태의 전극을 사용하고 있다. 그러나 이러한 접촉파지 방식은 환자의 협조를 요구하거나 측정자가 개입해야 함으로 중풍이나 어린이 환자 같은 경우에 측정이 곤란하다.

이러한 문제를 해결하고 양팔과 양발목, 두부 2 채널로 분리하여 10채널로 설계하였다. 경락의 양 경락과 음경락의 분리 계측을 가능하게 하기 위하여 그림3과 같이 클립방식의 전극을 사용하여 계측할 수 있도록 하였다. 클립방식으로 설계되어 피부와 접촉시 일정한 접촉면적과 압력을 유지하며, 고정할 수 있어서, 기존의 파지방식의 전극에서 나타나는 문제점을 해결할 수 있었다.



(a)



(b)

그림 2. (a) SPAC 발생을 위한 제어신호  
(b) SPAC/DC자극에 따른 전류반응 특성  
Fig. 2. (a) Signal for SPAC generation  
(b) Current characteristic by SPAC/DC

SPAC 방식의 Positive 자극과 Negative 자극 감도와 레벨을 정확하게 일치시킨 경우에도 전류의 방향에 따라 그 도전량이 달라서 경락이 에너지 흐름의 통로라는 한의학 이론의 관점에서 볼 때, 에너지 흐름에 방향성이 있는 것과 같은 전류 반응을 보이고 있다[18].

이상과 같은 피부와 경락·경혈의 전류방향에 따른 전기적 특성과 세포의 분극에 따른 다양한 감쇠반응 특성을 고려하여 자극전류의 방향과 최적의 주파수, 듀티비를 포함한 정형화된 자극패턴을 결정하고, 고정식 전극으로 한의학적 진단 유의성이 있는 인체부위에 인가하여, 반응 패턴을 얻어내고 이를 분석하여 인체의 장기와 자율신경계 등의 상태를 진단하고자 하는 것이 EFG(Electro Functio Gram) 체계이다.

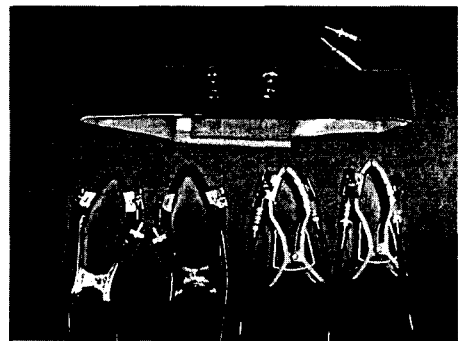


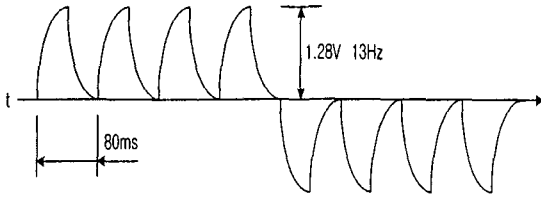
그림 3. 클립방식의 EFG 전극  
Fig. 3. EFG electrode of clip method

#### 2. 시스템 H/W의 설계

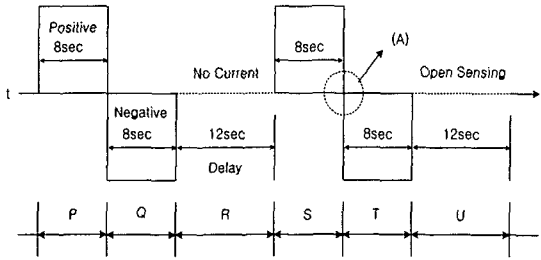
경락과 경혈 자극전류의 방향특성, 세포의 분극 반응에 의해 나타나는 자극 시간에 따른 감쇠특성 등을 종합적으로 계측하기 위해서는 자극전류의 방향전환 방법, 방향전환 주기, 자극주파수, 듀티비 등이 결정되어야 한다.

따라서 기초실험과 임상실험, 시스템 설계 등의 자료를 종합하여 가장 유의성이 있으면서 다양한

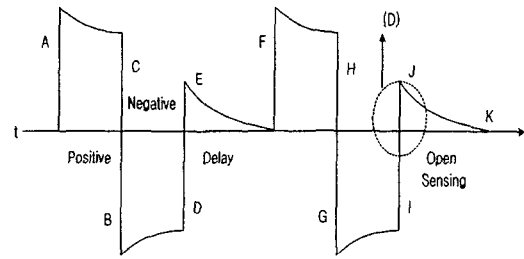
진단요소의 추출과 계측진단 방법의 효율성, 재현성, 신뢰성을 유지할 수 있는 EFG 패턴을 그림4와 같이 구성하였다.



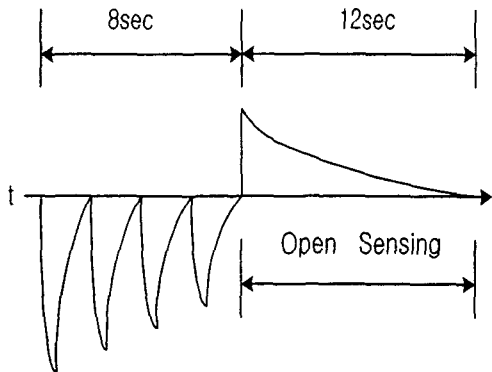
(A) 자극파형



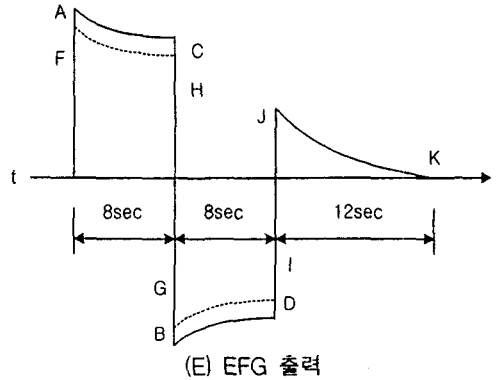
(B) 출력파형



(C) 부하특성



(D) 계측 파형



(E) EFG 출력

그림4. EFG 자극 패턴  
Fig. 4. EFG stimus pattern

그림4에서 (A)그림은 1.28V 13Hz 연속출력 파형이고 이 파형을 채널의 출력방향과 측정부위에 따라 출력 채널을 조합하여 인체에 출력한다. 그림 (B)는 (A)의 출력 파형이 한 채널의 56초 사이에 피부에 인가되는 전류의 출력패턴으로 순방향 8초, 역방향 8초 후 12초의 지연 후에 다시 8초, 8초를 반복하고 12초 동안 전류를 차단하여 분극된 세포의 기전력을 계측하는 형태로 구성되어 있으며 P~U 구간으로 각 출력단계를 구분하고 있다.

그림(C)는 (B)의 출력패턴이 인체에 인가된 상태에서 계측된 부하특성으로써 세포의 분극과 피부와 경락의 등가회로 상에서 주로 용량성의 작용으로 나타나는 감쇠특성을 보이고 있으며 E와J 레벨은 전류출력이 없고 세포분극과 근육의 기전력에 의해서 나타나는 피부전위로서 이를 계측하여 세포의 활동성이나 자극에 대한 반응속도 회복 특성과 관련한 진단변수로 사용하게 된다. 펄스형 자극 후에 이어지는 개방과 경혈의 기전력 계측 파형을 보이고 있는 그림이 (D)이다. 이와 같이 시간 축 상에서 시스템이 전극의 부착상태를 점검하기 위한 1초의 사전 출력과 2회의 교호출력, 지연, 개방계측 시간을 포함하여 1분간의 출력과 인입전류, 분극전류 등을 종합하여 분석을 용이하게 하고 정형화시키기 위하여 P~Q 구간의 A~D값과 S~T구간의 F~I 값을 중첩시키고 U구간의 J~K값인 개방계측 파형을 결합하여 각 구간의 절대값과 감쇠특성, 패턴특성을 파형과 그래프 상태에서 비교하고 분석이 용이하도록 구성한 형태

가 그림D와 같은 EFG 출력 패턴이다.

그림5는 이상과 같은 출력전류의 발생과 분배, 측정, 출력하기 위한 EFG 시스템의 H/W 구성이다. EFG 시스템의 전체구성은 그림5와 같이 마이크로프로세서 80c196kc를 중심으로 프로그램 메모리 32Kb와 데이터 메모리 32K를 이용하여 외부 입출력을 제어하고 있다.

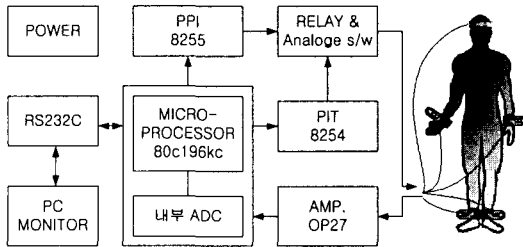


그림 5. EFG 시스템의 전체 구성  
Fig. 5. Construction of EFG system

이와 같은 제어장치의 회로는 어드레스 버스를 이용하여 인터페이스 소자인 PPI를 제어하고 PPI는 릴레이군의 제어를 위하여 ULN2803 1개를 이용하여 구동하였고 아날로그 스위치 4066을 이용하여 측정 채널을 선택할 수 있도록 하였다. 또한 계측된 전류량과 피부전위를 인식하기 위하여 별도의 A/D 변환기를 사용하지 않고 80c196kc에 내장되어 있는 A/D 변환기를 이용하여 10bit로 변환하였다.

분석결과와 그래프를 출력하기 위하여 PC 모니터에 데이터를 전송하기 위한 RS232C 전용IC와 삼각파 형태의 펄스파를 생성하기 위한 PIT 8254를 사용하였다. 인체를 미약 전류로 자극하기 위한 자극패턴의 발생은 80c196kc의 클럭에서 2Mhz 펄스를 사용하여 분주기를 통해 122hz를 얻어 이를 8254에 입력하여 out0와 out1을 AND하고 이를 적분회로를 통해 포토커플러 4N28의 출력단에서 1.28V, 13Hz의 출력패턴을 발생시키고 있다. 발생된 자극전류는 다시 릴레이 배열회로와 아날로그 스위치회로에 의하여 손과 발 머리 부분의 각 채널과 채널의 전류방향을 제어하게 된다. 또한 1.28V의 낮은 자극패턴에 의해 계측되는 전류량이 작기 때문에 A/D 변환이 어려워 이를 증폭하기 위한 증폭회로를 설계하였다. 10채널 측정시간 단축을 위하여 동시에 두 채널을

측정하기 위해 앞단의 증폭회로는 전원 분리된 두 계측 신호를 증폭하고, 뒷단에서 포토커플러를 통하여 시스템의 공통 접지로 두 채널의 아날로그 값을 동시에 프로세서의 A/D 변환단자에 각각 입력되도록 하였다.

전원은 시스템 전원과 동시측정을 하기 위한 두 채널로 3개로 분리하여 측정시 채널간의 영향을 주지 않기 위해서 시스템과 양 채널간의 접지를 분리하였다. 상용전원 220V를 15V 강압하여 정전압소자 7805CT로 메인전원 5V를 만들고 이를 다시 DC-DC 변환기를 이용하여 ±12V로 증폭소자 OP-27을 동작시키고 있다.

측정자가 시스템의 동작상태와 측정순서를 알 수 있도록 LED를 구동시켰다. LED의 표시기능은 다음과 같이 4가지 순서에 의해서 동작하는데 LED1은 측정전(PR) 각 채널의 1초 자극시간, LED2는 본 측정(L1, L2)인 Positive 8초, Negative 8초, Open Sensing 12초 동안의 시간, LED3은 측정후(PO) 각 채널의 1초 자극시간, LED4는 분석시간으로 컴퓨터에서 최종 분석결과를 유추하는 시간을 구분하기 위해서 표시하는 기능을 갖는다. 그림 6은 EFG 시스템의 시작품이다.



그림 6. EFG 시스템의 시작품  
Fig. 6. Sample of EFG system

### 3. 시스템의 S/W설계

#### 3-1. 제어 알고리즘

EFG시스템의 제어알고리즘은 크게 파형발생 및 채널제어와 얻어진 파형정보를 이용하여 분석하고, 측정 분석한 결과를 PC로 출력하는 기능으로 나누어진다. 제어장치는 자극패턴을 발생하기 위한 제어출력과 발생된 자극패턴을 정해진 채널순서로 방향을 결정하기 위해서 출력하고, 증폭기 출력을 A/D변환하여 파형 데이터를 생성한 다음

직렬 통신포트로 출력한다.

먼저, 모드를 설정하여 측정시간을 단축시키기 위해 10CH 동시 분할 계측을 선택하고, 자극패턴을 발생시키기 위한 PIT 8254를 구동하여 각 채널별로 자극하도록 하였다. 사전검사(PR)를 위해서 10CH을 각각 1초간 스캔하여 1초간 음(Negative)자극과 1초간 양(Positive)자극인 PR을 PC에서 그래프로 표시하기 위해 A/D 변환한 값을 직렬통신을 이용하여 전송한다. 10CH의 데이터를 전송한 후, 각 채널별 릴레이를 구동하여 측정된 전류량을 A/D 변환하여 8초간 음(Negative) 자극, 8초간 양(Positive)자극, 12초간 역류를 두 번 검사하여 분석하기 위해 PC로 전송한다. 후 검사(PO) 결과를 유추하기 위하여 A/D 변환값을 전송한다. 이와 같은 제어 알고리즘을 그림7에 도시하였다.

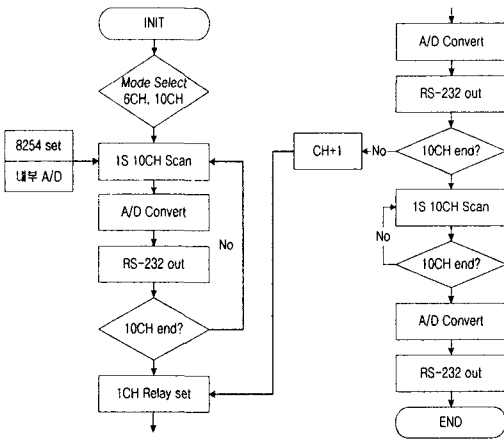


그림 7. EFG 시스템의 제어 알고리즘  
Fig. 7. Control algorithm of EFG system

### 3-2. 분석 알고리즘

메인 폼에서 Start key가 눌러짐에 의해서 시스템이 구동되어 계측할 수 있다. 그림8과 같이 왼쪽 상단의 그래프는 계측파형 분석을 위하여 현재 측정중인 채널의 A/D값을 실시간으로 그래프로 나타내고 있다. 하단의 그래프들은 이전의 채널들의 계측된 그래프를 도시하고 있다.

모든 채널의 계측이 끝나면 최종 결과가 새로운 창(윈도우)에 출력 폼으로 나타나게 된다. 출력

폼의 왼쪽 상단의 인체를 도시한 그림과 막대 그래프는 각 채널의 PR, L1, L2, PO를 나타내는 조절반응 그래프이다. 하단의 원형곡선은 각 채널 반응특성을 두 번 측정하여 나타낸다.

상단 중앙의 막대그래프는 각 채널의 절대진폭(AA), 비례인자(PF), 역행류 인자(RF)로서 AA 크기는 신체상에 피부저항과 전기충전을 받아들이 피부의 특성에 의해서 결정되고, PF는 각 채널에서 만성적인 장애부위를 결정하는 그래프이며, RF는 역행류 인자 또는 만성적 장애의 부위를 결정한다.

오른쪽 상단은 환자의 각 채널에 대한 최종적인 분석결과를 나타내고 있으며 어떤 부위에 이상이 있는지를 확인할 수 있다.

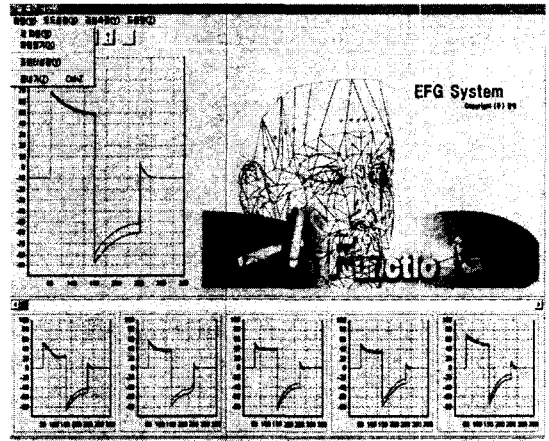


그림 8. 계측파형 표시를 위한 메인 화면  
Fig. 8. Screen for measuring waveform

상세한 계측 파형의 해석내용은 <표1>과 같으며, 자세한 분석은 매뉴얼을 참조한다. 이러한 내용은 기존의 계측파형 표시와 분석결과를 출력하기 위한 플로터의 좌표설계가 용이하지 않고 플로터의 메이커마다 데이터 전송 포맷이 달라서 인터페이스에 어려움이 있었던 플로터 방식에서 할 수 없었던 저장과 출력이 가능하여 기존방식의 문제점을 해결하고, 환자의 DB가 이루어질 수 있다.

<표 1> EFG 계측파형의 해석  
<Table 1> Analysis of EFG waveform

측정종류	AA	PF	RF
측정의 의미	A와B의 절대값 (Absolute Amplitude)	C와D의 상대적 비율(Proportional Factor)	역행전류 정도 (Reverse Current Factor)
처리방법	A ,  B	C / D	(E-F) / E
임상적 의미	인체의 전기적 반응정도	피부 저항비	인체에서 실제로 전압이 발생하는 정도
기준치	모든 측정에 대하여 일반적으로 40-60이 정상	측정1, 2은 1.3-1.5, 측정3, 7은 0.95-1이 정상	RF>1.0은 장애나양중 질환 RF<0.65은 만성병변이나 퇴행성 우려

#### IV. 실험 및 결과고찰

경락과 경혈 자극전류의 방향특성, 세포의 분극 반응에 의해 나타나는 자극 시간에 따른 감쇠특성 등을 종합적으로 계측하기 위해서는 자극전류의 방향전환 방법, 방향전환 주기, 자극주파수, 듀티비 등이 결정되어야 한다.

먼저, 최적주파수를 결정하기 위하여 주파수를 상승시켜서 1hz~25hz까지 측정하여 EAV체계에 서와 유사한 분극에 의한 감쇠특성과 구형파에 의한 임피던스 감소현상이 동시에 나타났다. 진단변수의 유지와 측정효율이 상승하는 효과를 얻을 수 있는 13hz의 전압 1.28V, 듀티비 40%로 결정하였다.

전류자극에 대한 세포의 반응은 자극시의 분극과 적응, 반작용뿐만 아니라 1차 자극과 일정시간 휴지 후에 재 자극하는 2차 자극에 대하여 적응과 부적응의 상태를 나타내게 되며 이것이 질병진단에 유용한 파라미터로 사용될 수 있다.

1차 자극 후에 8~12초가 경과 한 다음 2차 자극에 대한 측정 결과는 순응과 부적응 등의 결과를 나타내기도 하고 심전도의 S파와 같은 다양한 형태를 나타내며 이는 세포가 외부자극에 대하여 때로는 저항하거나 1차 자극에 대한 회복력으로 해석할 수 있어서 의미 있는 진단변수로 사용할 수가 있다. 이는 그림9와 같이 동일 채널에서 동일한 자극전류도 측정전극과 공통전극의 사이의 전류방향에 의해서 그 최대전류와 반응특성이 다

르게 나타나고 있음을 확인하고, 인체 에너지 흐름은 시간과 인체장기 부위에 따라서 규칙성이 있다는 한의학이론을 근거로 인체 에너지 흐름에 장애가 있을 경우, 좌우의 평형, 조화가 불균형하게 되기 때문에 진단 변수로 사용할 수 있을 것으로 판단된다. 기전력 또한 자극 후에 세포 반응의 크기와 형태에 따라 세포의 활성화 분극, 여기, 순응 등의 상태를 짐작할 수 있기 때문에 1차 순방향과 2차 역방향 자극과, 3차 무자극 기전력을 측정하여 진단변수로 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

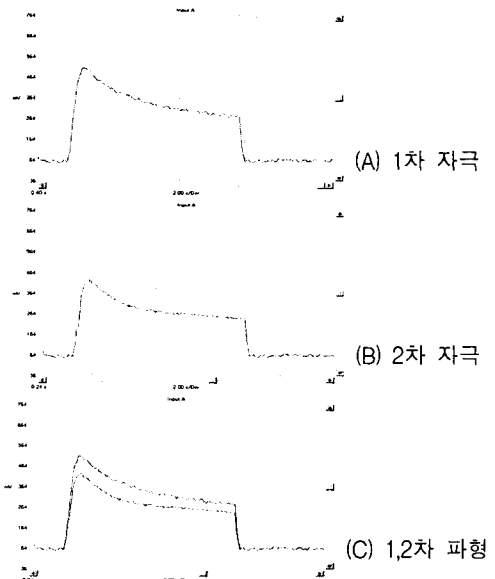


그림 9. 경혈의 시간차 자극에 따른 반응 특성  
Fig. 9. Response as time interval stimulus

EFG 시스템의 성능과 신뢰성을 검증하기 위해서, 그림10과 같이, 정상인 남자 20명(평균 26세)을 대상으로 성능실험을 실시하였다. 피 실험자들의 긴장상태 및 활동여부에 따라 측정결과에 영향을 줄 것으로 예상되어 10여분간의 안정상태를 유지한 후 편안하게 앉은 상태에서 측정하였다. 또한, 재현성을 검증하기 위해서 각 대상자별 2회 측정하여 그 결과를 비교 분석하였다. 이때, 잡음과 실장문제를 고려하며 전원과 본체회로는 모두 PCB 작업되고 전극 케이블도 실드형으로 하였다. 1차 실험에서 전극의 면적, 재질, 부착상태에 따라



채널간의 부하 저항값에 차이가 있어서 채널별로 감도를 조절 할 필요가 있었다. 이상과 같은 문제를 해결하기 위해서 측정된 전류량을 직렬통신을 통해 PC에 전송하여 실시간으로 표시할 수 있도록 하였고, 데이터를 저장·출력할 수 있어서 계측과 분석의 양 단계에서 설계된 성능을 유지할 수 있었다.



그림 10. EFG 시스템의 성능실험 장면  
Fig. 10. Test of EFG system

이와 같이 시스템을 이용한 20명에 대한 측정 결과는 그림11과 같이 PC상에서 모니터링 할 수 있으며, 저장 및 출력할 수 있다. 대상자 20명의 최종분석결과 그래프를 분석한 결과, 75%(15명)은 매우 흡사한 결과파형이 나타났으며, 1차, 2차 자극 레벨의 차도 매우 작게 나타났다. 그러나 15%(3명)는 측정 레벨이 매우 크면서, 1차, 2차 레벨차도 크게 나타났다. 이는 충분한 안정상태 이전에 측정된 것이거나, 약간 흥분된 상태로 보여진다. 또한 10%(2명)은 측정 레벨이 매우 낮게 나타나는 경우도 있었으며, 이는 기의 흐름이 비교적 낮은 사람에게서 나타나고 있어서, 측정 결과의 유의성을 확인할 수 있었다. 또한, 93%로 재현성이 높게 나타나고 있어서 시스템의 신뢰성도 확인하였다.

이와 같이, 10CH에 의해 측정된 파형을 분석하여 인체의 전반적 기능상태와 건강상태를 진단할 수 있고, 이상현상이 나타나는 특정 채널을 확인하여 인체의 해당 장기 및 기능저하 상태를 진단할 수 있음으로 이를 근거로 치료효과를 증대시킬 수 있을 것으로 사료된다. 13hz의 출력패턴이 인체에 인가된 상태에서 1차 자극과 2차 자극후 계

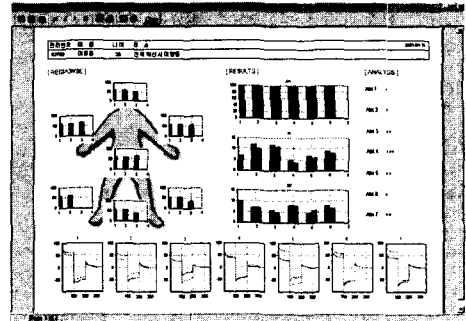


그림 11. EFG 시스템의 최종분석 결과  
Fig. 11. Final analysis result

측된 부하특성으로써 세포의 분극과 피부와 경락의 등가회로 상에서 주로 용량성의 작용으로 나타나는 감쇠특성을 보이고 있으며 세포분극과 근육의 기전력에 의해서 나타나는 피부전위으로써 이를 계측하여 세포의 활동성이나 자극에 대한 반응속도 회복특성과 관련한 진단변수로 사용할 수 있다. 이는 1,2차 자극패턴을 분석하거나, 1차, 2차 측정 레벨을 분석함으로써 반응 패턴을 얻어내고 이를 분석하여 인체의 장기와 자율신경계 등의 상태를 진단할 수 있어서, 비침습적인 방법으로 건강상태를 진단하고, 정신적, 육체적 피로 및 스트레스 정도를 진단할 수 있어서, 한의학적 진단시스템 및 자율신경 검진장비로 이용 가능할 것으로 사료된다.

## V. 결론

인체의 내부 장기 및 자율신경계통의 한의학적 기능진단을 위해서, 사지 8채널, 두부 2채널에 전기적 자극을 인가하고, 그 반응을 동시계측 하기 위한 4클립 1밴드 일괄 부착식 전극을 제작하였다. 10채널 EFG 시스템의 H/W 와 S/W를 설계하여 실험실 수준의 성능실험으로 타당성을 확인하였다. 설계된 H/W의 성능과 S/W의 제어성능, 분석 및 출력성능을 유지하고 재현성과 유의성을 나타내고 있음을 확인하였다. 또한, 인체영향력을 최소화하고, 인체의 기능진단을 위한 13hz의 1.28V의 최적 자극패턴을 추출하였다. 따라서 본 논문에서는 10채널 12부위 계측으로 한의학적 진

단이론에 부합되고 현대의학적 진단개념의 객관성과 진단의 편리성을 유지할 수 있는 EFG 체계와 실용시스템을 설계하였다. 본 시스템을 이용하여 환자에 대한 진단요소를 추출하고 이를 DB화할 수 있어서, 새로운 한의학적 진단기 개발과 응용에 영향을 줄 것으로 기대된다.

### 참고 문헌

- [1] MORA-Therapie, MORA-Super, MED TRO-NK, Germany.
- [2] 생체공명진단치료기, BICOM- I, Regumed GmbH, Germany.
- [3] 生體共鳴診斷器, VEGA D.F.M 722, Germany.
- [4] High Performance bio-resonator rayocomp PS 1000, Germany.
- [5] Reinhold Voll, "Topographic Positions of the Measurement Points in Electro -Acupuncture", Vol. I -III, Uelzen, 1977.
- [6] Bio-Functional Medical System Meridian, Korea.
- [7] 經絡電圖儀, DH253, 北京市大衛中醫科技公司, 中國.
- [8] 子午流注治療儀, NAM-AI, 四達新技術應用研究所, 中國.
- [9] 정동명 외, "경락/진단치료기의 성능 개선을 위한 혈위식별기 DM96A-1의 개발", 대한전자공학회, 학술대회논문집, Vol. 20, pp.429-432, 1997.
- [10] 정동명, 손인철, "경락활성의 우세방향 식별에 의한 자오류주학설의 객관화에 관한 연구", 한국정신과학회지, Vol. 2, No. 2, pp. 41-46, 1998.
- [11] 정동명, 김용진, 이용홍, "인체의 진동자극에 의한 경락실체의 유체역학적 분석", 대한의용생체공학회, 춘계학술대회논문집, Vol. 21, No. 1, pp. 92-93, 1999.
- [12] 정동명, 이봉구, "경락실체의 객관화를 위한 인체의 기계자극과 유체역학적 분석", 학술진흥재단 학제간연구중간보고서, 1999.
- [13] Zhang Ben, et al, "A Control Study of Clinical Therapeutic Effect of Laser-Acupuncture on Depressive Neurosis", World Journal of Acupuncture Moxibustion, Vol. 6, No. 2, p. 12, 1996.
- [14] Horst Leonhardt, Fundamentals of Electro-acupuncture According to Voll, Medizinisch Literarische Verlagsgesellschaft mbH. Uelzen.
- [15] Zhu Zong Xiang, et al. "Study in the Morphological Basis of Physiological and Biophysical Characteristics of Acupuncture Meridian.(Review), 1989.
- [16] Kuo-Gen Chen, "Electrical Properties of Meridians", IEEE Eng. in Medicine and Biology, Vol. 15, No. 3, p. 60, 1996.
- [17] Julia J. Tsuei, "The Science of Acupuncture Theory and Practice", IEEE Eng. in Medicine and Biology, Vol.15, No.3, pp. 52-53, 1996.
- [18] 정동명, "질환별 자침을 위한 경혈반응점의 시각화시스템 개발", 통상산업부 최종보고서, pp. 61-65, 1998.

### 저자 소개

#### 이용홍(Yong Heum Lee)

2001년 원광대학교 전자공학과 공학석사  
 2004년 원광대학교 전자공학과 공학박사  
 2004년 현재 : 한의공학사업단, 연구개발실장  
 ※ 주관심분야 : 한의공학, 생체공학(생체계측), 생체신호처리, 마이크로프로세서 응용, 의료전자

#### 장근중(Geun Joong Chang)

1997년 조선대학교 치의학대학원 보철과 석사졸업  
 2003년 원광대학교 전자공학과 박사 수료  
 현재 : 하나치과의원장  
 ※ 주관심분야 : 치의학, 의공학, 생체공학

#### 박창규(Chang-Gyu Bak)

1992년 부경대학교 전자공학과 공학사.  
 1997년 부경대학교 대학원 전자공학과 석사.  
 1998년 1월~ 현재 거창 기능대학 메카트로닉스과 조교수  
 ※ 주관심 분야 : 마이크로프로세서, 디지털 신호처리