

경혈식별 파라미터의 개선에 의한 혈위식별시스템 DM96A-2의 설계

이후하, 이윤기^{*}고수복, 정동명
원광대학교 공과대학 전자공학과
^{*}저창기능대학 전자공학과

Design of the Acupoint Discriminator(DM96A-2) by Improvement of Meridian Point Discrimination Parameter

Hu-Hak Lee, Youn-Ki Eo, ^{*}Su-Bok Ko, Dong-Myong Jeong
Dept. of Electronic Eng., Wonkwang Univ.
^{*}Dept. of Electronic Eng. Kye-Chang Technical College
E-mail : dmz@wonwnms.wonkwang.ac.kr

요 약

경혈을 대상으로 인체를 진단하는 의료기기는 경혈점에 미세한 직류전류를 인가하고, 이 점에서의 전기저항과 세포의 분극에 의해 반응하는 경락체계의 균형상태를 측정하여 인체를 종합적으로 진단한다. 따라서 전 과정이 정확한 경혈의 위치에서 이루어져야만 치료효과와 진단의 신뢰성이 보장된다.

그러나 대부분의 경락관련 치료기들이 정확한 혈위식별에 어려움이 있고 사용자의 전문적 숙련을 요구한다. 따라서 선행연구에서 일정한 주파수로 교호되는 자극패턴(SPAC) 방식을 사용하여 식별률을 높은 혈위식별기 DM96A-1을 개발하였다.

DM96A-1은 단일전원이 양방향으로 교호되는 전류로 자극펄스를 출력하고 측정범위가 0.5~50 μ A인 전류미터와 레베미터를 이용하여 혈위의 전류량을 표시한다. 이에 따라 방향전환 소자의 두 채널 제어신호가 교호되는 과도기에서 두 자극패턴의 중첩 도통에 의해서 누설전류가 발생하는 경우가 있으며 이를 제거하기 위하여 정밀한 조절을 필요로 하는 불편이 있었다.

따라서 이와 같은 단점들을 보완하여 신뢰성 있는 출력 파라미터를 얻을 수 있도록 마이크로프로세서 i80c196kc를 사용하여 DM96A-2를 재 설계하였으며 임상실험에 의하여 개선된 최적 파라미터의 타당성을 검증하였다.

I. 서 론

1970년대 독일의 볼(Dr. Reinhold Voll)이 경혈은 전기의 양도체이며 고전적인 자침점과 거의 일치한다는 연구보고를 한 이래 현재까지 경혈의 도전성은 경혈의 위치와 경락현상을 객관적으로 나타내는 가장 일반적인 지표라고 할 수 있다^[1].

그가 정립한 EAV(Electro Acupuncture according to Voll)^[2] 체계에 의해서 일본의 양도락기(경락장기진단기)

중국의 DH253이나 WQ-10D1과 같은 전자 혈위측정치료기, 독일의 EAV System, 국내의 Meridian DT 등이 개발되었으며 국내의에서 이 분야에 많은 연구결과 보고가 있었다^[3,4].

이러한 의료기기의 진단/치료 원리는 경혈점이나 측정점이 주변 부위보다 저저항 양도성을 갖는 인체 피부의 전기적 특성을 이용한 것으로 해당 경락의 양도점을 개측하여 장기기능을 진단하고 이를 기준으로 허실을 조절하거나, 치료 후 결과를 검증하는 공통점을 지니고 있다. 그러나 EAV 체계를 이용하는 진단기들은 모두 경혈이나 피부의 전기 양도점을 대상으로 하여 전극과 접촉압력을 필요로 하는 직류자극 방식을 사용하기 때문에 측정시 정확한 위치를 결정하기 위한 사용자의 숙련이 요구되고 피부상태에 따라 측정점 식별에 어려움이 있거나 시간이 소요되는 경우가 있다.

또한 전극의 누름 압력에 따라 환자나 여성의 경우 통증을 호소하는 등의 사례가 있어서^[5] 이와 같은 문제를 개선하기 위하여 직류형식이 아닌 단일전원 교류(SPAC: Single Power AC) 방식을 이용하여 DM96A-1 혈위식별시스템의 혈위 식별률을 증가시켰으나 시스템 개발과정에서 SPAC 패턴의 주파수와 출력방식 등의 개선이 요구되어 정밀실험에 의한 최적 파라미터를 추출하였다. 이와 같이 개선된 파라미터의 정확한 출력으로 신뢰성을 확보할 수 있도록 마이크로프로세서 제어구조의 DM96A-2 혈위식별시스템을 설계하였으며 임상실험을 실시하여 성능을 확인하였다.

II. 혈위식별시스템 DM96A-1의 분석

혈위 측정의 목적은 정확한 경혈 반응점을 안내하여 효율적이고 신뢰성 있는 진단과 치료가 되도록 하는데 목적이 있다. 진단이란 환자의 신체상태, 즉 건강상태나 질환유무 등을 판별하는 것이며 이것은 정확한 혈위에서 가능한 것이고 또한 진단 결과의 유효성이 좌우된다.

따라서 혈위식별 과정에서 환자 본래의 상태에 영향을 주는 것은 바람직하지 못하다. 아직 이와 같은 영향에 대한 계량적인 분석이 없는 상태이지만 혈위식별 단계 뿐만 아니라 치료조치 이전의 진단과정에서도 환자의 상태에 주는 영향을 최소화하는 것이 이상적이라고 할 수 있다.

이에 따라 선행연구에서 개발한 혈위식별시스템 DM96A-1은 이러한 조건을 만족시키기 위해 자극전압과 전류를 최소로 하되 인입 전하량과 동일한 전하량을 즉시 인출하는 방법, 즉 일정한 주파수로 전류의 방향이 교호되는 SPAC 방식의 자극패턴 방식을 제안하였다.

성능실험 결과 그림1과 같이 전류의 감쇠현상이 직류전류를 사용하는 Meridian DT에 비하여 현저하게 완화되는 결과를 얻었다. 혈위 식별시 측정전류가 감소되지 않는다는 것은 인체가 저항하지 않거나 저항을 위한 임계치에 도달하지 못하였음을 의미한다. 이것은 간접적으로 인체의 상태가 측정으로 인한 영향을 받지 않고 변화하지 않은 것으로 유추할 수 있다. 따라서 기존 시스템에서 제기되었던 측정에 필요한 자극전압의 전기 생리적 안정성과 전류 감쇠현상의 문제를 개선할 수 있었다.

그러나 전류 감쇠현상을 완화시키기 위해 그림2와 같이 설계된 교류형태의 자극패턴 발생 회로에서 4개의 아날로그 스위치를 교대로 제어하기 위한 두 채널 제어신호가 논리 '1'에서 '0'으로, '0'에서 '1'로 전환되는 순간 과도기에 소자의 채널간 순간 중첩에 의하여 부하와 함께 접지로 바이패스 되는 누설전류가 발생하게 된다.

이러한 단점을 제거하기 위한 각 채널 스위칭시간 사이에 여유 간격을 일정하게 유지하기 위하여 듀티비의 정밀한 조정이 필요하였다.

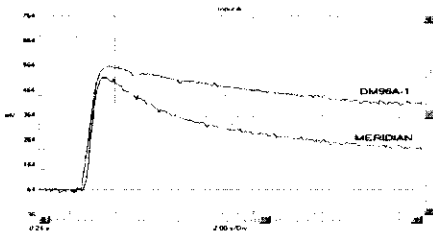


그림 1. 부하특성의 비교실험

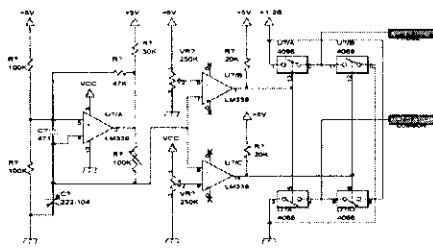


그림 2. DM96A-1의 자극패턴 발생회로

또한 혈위식별시 각각의 혈위에 대한 측정 전류값을 비교함에 있어서 미세한 차이가 발생할 경우 이들 혈위에 대한 정밀한 비교가 불가능한 단점이 있었다.

따라서 이를 개선하기 위해서는 H/W 조정에 의한 아날로그 제어방식에서 S/W에 의해 정확한 파라미터를 출력할 수 있는 마이크로프로세서 제어방식이 요구되었으며, 임상실험 과정에서 출력 파라미터를 객관적인 방법으로 최적치를 추천하여 혈위식별시스템의 성능을 개선하였다.

III. 혈위식별시스템 DM96A-2의 설계

1. 최적 주파수 추출

DM96A-1에서 사용한 6KHz의 SPAC 방식 자극출력은 주파수와 함께 경혈의 전류량이 증가하지만 보다 안전하고 식별효율이 우수한 주파수를 재검토하였다. 사용전압은 기본적으로 인체에 영향을 최소화 하여 경혈을 식별하기 위하여 수소 이온화 전압(1.36V)보다 낮은 1.28V의 직류전압을 경혈에 인가한 후 시간에 따른 전류량을 측정하였다. 실험은 인체중 측정이 용이한 손목과 발목 부위에 위치한 12경락중 각각 대표적인 경혈인 수태음폐경상의 LU9태연, 수양명대장경상의 LI5양계, 족양명위경상의 ST42충양, 족태음비경상의 SP3태백, 수소음심경상의 HT7신문, 수태양소장경상의 SI5양곡, 족태양방광경상의 BL65속골, 족소음신경상의 KI4대중, 수필음심포경상의 PC7대릉, 수소양삼초경상의 TE4양지, 족소양담경상의 GB40구허, 족필음간경상의 LR3태충혈 등을 대상으로 하였다.

경혈은 비경혈에 비해서 임피던스가 낮아 전류량이 크기 때문에 측정시작 후 인입전류의 최대값을 측정함으로써 식별이 가능하다. 그러므로 시간에 따라 전류의 감소를 억제하는 것과 비례하여 혈위 식별이 용이하게 된다.

따라서 1.28V의 SPAC 파형을 인가후 전류량이 가장 높은 주파수를 찾기 위하여 1차 실험을 실시하였다. 연령 20세에서 48세까지의 남녀 9명을 대상으로 40Hz에서부터 주파수를 연속적으로 증가시키면서 25KHz까지 검색하였다. 그 결과는 그림3과 같이 3KHz~10KHz 대역에서 경혈과 비경혈의 전류량 차이가 가장 크게 나타나고 있어서 보다 정밀한 파라미터를 얻기 위하여 실험을 실시하였다. 방법은 3KHz에서 주파수를 200Hz씩 증가시켜가면서 10KHz까지 측정하였으며 실험 결과를 평균치로 도시한 그림4에서와 같이 4KHz 부근에서 상대 전류량의 차가 가장 크게 나타났다.

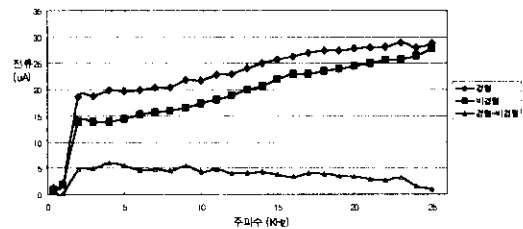


그림 3. SPAC 주파수 결정 실험(40Hz-25KHz)

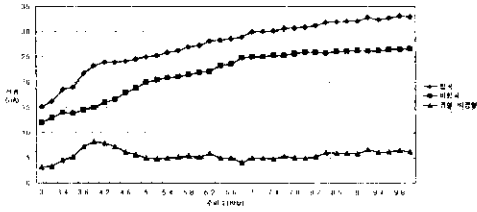


그림 4. SPAC 주파수 결정 실험(3KHz-10KHz)

2. 혈위식별시스템 DM96A-2 설계

최적 주파수 추출 실험에 의하여 4KHz를 혈위식별을 위한 SPAC 최적 주파수로 결정하여 시스템을 설계하였다. 차후 확장성과 정밀한 출력 파라미터를 발생시키기 위하여 마이크로 콘트롤러 i80c196kc를 사용하였으며, 경혈로부터 얻어진 전류값은 A/D 변환하여 저장하여 최대값과 최소값을 식별하고 LCD 디스플레이와 전류량에 비례한 음향신호를 출력할 수 있도록 설계하였다.

시스템의 전체구성은 그림5와 같으며 1CH 제어신호 ON 상태를 유지한 후 OFF 되고 다시 2CH 신호가 ON 되기 전에 5 μ s의 OFF 지연시간을 설정하여 누설 전류가 2 μ A 이하로 유지하도록 하였다.

또한 시스템을 최적 파라미터 추출 실험에 사용할 수 있도록 하기 위하여 출력모드 Set Key에 의해서 직류와 단방향 펄스, SPAC를 선택하고 SPAC의 주파수를 가변시킬 수 있도록 하였다. 출력 파형은 고속 출력이 가능한 HSO 포트를 사용하여 CPU의 제어시간과 독립적으로 출력되도록 하였으며 혈위는 절대값의 표시와 함께 최대값 이하의 평균입력을 비경혈로 보고 이 값과 상대적인 차이가 있는 피크치가 재 입력될 때 최대전류 부위인 경혈로 인식할 수 있도록 제어 알고리즘을 구성하였다.

이 시스템을 혈위식별 후 진단 모드의 선택에 의해서 진단측정이 가능하고 계속된 측정결과를 Meridian DT가 전극을 통하여 환자를 진단하는 형태로 전송함으로써 계속방식이 다른 알고리즘과의 진단결과를 비교·분석할 수 있도록 하였다.

임상용으로 제작된 혈위식별 시스템은 그림6과 같은 DM96A-2 혈위식별시스템으로 독립 운용되기도 하며 Meridian DT와 종속시켜 혈위식별과 함께 진단이 가능한 구조이다.

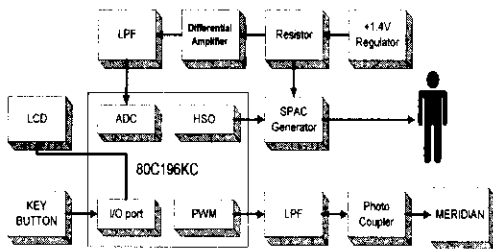


그림 5. 혈위식별시스템의 전체구성도

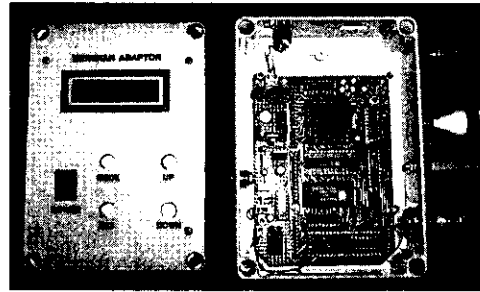


그림 6. 혈위식별시스템 DM96A-2

IV. 실험 및 결과고찰

전극으로 흐르는 전류의 방향을 전환하기 위하여 SPAC 4KHz로 설정된 출력 파라미터를 스위칭 과도에 누설전류가 발생하지 않도록 S/W 타이머를 이용한 제어 출력은 그림7과 같다. ON Time 보다 OFF Time 이 5 μ s 길어서 전체적으로 듀티비 49%를 정확하게 유지한 출력파형은 아날로그 스위치의 누설전류를 2 μ A 이하로 유지하였다.

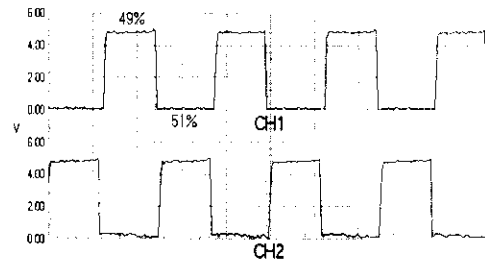


그림 7. 제안한 SPAC(4KHz)의 파형

다음으로 혈위식별기 DM96A-2의 혈위식별 성능을 확인하기 위하여 임상실험을 실시하였다.

실험장치는 Meridian DT의 전극출력을 혈위 식별기의 자극전원에 연결하고 메리디안 전극전류를 직접 출력하는 경우와 혈위식별시스템을 거쳐서 선택적으로 출력할 수 있도록 인터페이스 시키고 손목과 발목 부위 12경락의 대표 경혈점들을 대상으로 그 출력특성과 혈위식별 성능을 고찰하였다.

실험 방법은 전극팁의 스프링 수축거리를 기준으로 측정 전극을 200g중의 하중을 유지하면서 경혈을 중심으로 중심원상의 일정한 거리를 측정전극을 접촉시킨 상태에서 연속 측정하였다. 실험결과는 자극방식에 따른 혈위식별 능력을 확인하기 위하여 경혈과 비경혈에서의 전류량의 차이로 비교하였다. 그 결과는 그림8에서와 같이 DC 1.28V로 자극한 경우보다 SPAC로 자극했을 때가 전류량이 높게 측정되었으며, SPAC 중에서도 4KHz보다 6KHz에서 전류가 상대적으로 높다. 이것은 최적주파수 추출실험에서와 같이 주파수와 비례하여 전류량이 증가하는 결과와 동일한 결과이다.

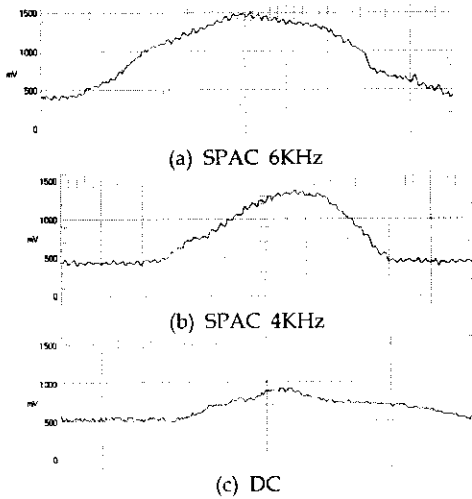


그림 8. 자극 방식에 따른 혈위식별 실험결과

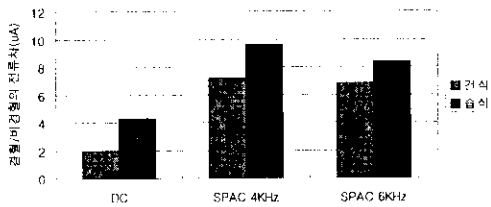


그림 9. 자극 방식에 따른 혈위식별능력 비교

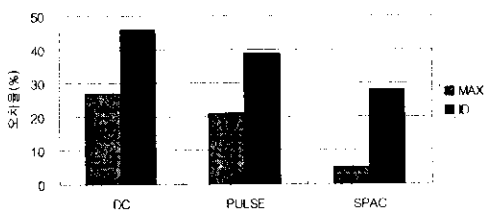


그림 10. 자극 방식에 따른 인체 영향력 비교

그러나 SPAC 4KHz와 6KHz의 경혈과 비경혈의 차를 비교한 전류치는 그림9와 같고, 12경락 전 경혈의 측정치를 평균한 도표에서 습식전극과 건식전극 모두에서 4KHz가 절대값과 무관하게 가장 높은 차이를 보여주고 있어서 제한한 4KHz 주파수가 SPAC 6KHz를 사용한 DM96A-1에 비해 혈위식별 성능이 개선되었음을 확인하였다.

또한 시스템 설계조건에서 혈위식별 과정 중에 환자 본래의 상태에 영향을 최소화하도록 설정하였으므로 이를 검증하기 위하여 출력전류의 방식에 따라 해당 혈위에서 1회 측정 후에 동일 혈위에서 10초 후 재 측정하는 방법으로 처음 값과 비교하여 인체 영향력의 정도와 재현성을 오차율로서 검증하였다.

실험방법은 20대 남 2명, 여 2명을 대상으로 수양병 대장경상의 LI5양계혈을 대상으로 측정하여 분석하였다.

우선 DC 1.28V로 10초 동안 측정하고 10초 휴식 후에 다시 같은 방식으로 4회 측정한 다음, 1.28 V_{p-p} 5Hz Pulse, Duty ratio 49% SPAC를 이용하여 위와 같은 방법으로 4회 측정하였다.

지그를 이용하여 측정압력과 위치를 고정하고 실험한 결과는 그림10에 도시한 것과 같이 SPAC가 DC나 PULSE 방식보다 최고값과 감쇠량으로 비교한 도표에서 인체에 대한 영향이 낮은 값을 나타내고 있다.

V. 결 론

설계된 혈위식별기 DM96A-2는 한의학적인 진단 및 치료의 기준이 되는 경혈을 대상으로 생체의 전기전도 특성에 의하여 혈위를 식별하는 시스템이다.

생체에 인가되는 전류의 교호패턴을 마이크로프로세서에 의해 제어함으로써 무효전류를 최소화 할 수 있도록 설정하여 두 채널의 듀티비를 완전히 일치시킴으로써 측정시 설정된 최적의 파라미터가 입력전압이나 부하전류의 변화에 따른 가변적 요소를 억제시킬 수 있도록 개선하였다.

인체에 1.28 V_{p-p} 4KHz의 교류패턴을 사용함으로써 혈위식별 과정에서 높은 전압이나 전류 감쇠현상을 일으키는 기존의 기기들과 비교하여 경혈의 자극 측정시에 인체에 대한 전기 생리적인 안전성을 확보하고, 혈위식별 다음 단계인 진단과정에서 우려되는 인체에 대한 영향력을 가능한 최소로 하는 구조로 설계되었다.

이러한 저전압 SPAC 패턴으로 경락과 비경락, 혈위와 비경혈 부위에서의 식별 성능이 개선되어 경혈의 위치를 효율적으로 식별할 뿐만 아니라 식별된 경혈의 혈위 부합율이 높고 반복 계측에 의한 인체 영향력이 감소되어 재현성이 증가되었음을 확인하였다.

따라서 개발된 DM96A-2 혈위식별시스템은 종래의 경락진단/치료기들이 정확한 혈위에서 작업이 가능하게 함으로써 진단과 치료의 신뢰성과 편리성을 향상시킬 수 있을 것으로 본다.

참 고 문 헌

- [1] Kuo-Gen Chen, "Electrical Properties of Meridians ", IEEE Eng. in Medicine and Biology, Vol. 15, No.3, p.59, 1996.
- [2] Horst Leonhardt, Fundamentals of Electroacupuncture According to Voll, Medizinisch Literarische Verlagsgesellschaft mbH. Uelzen.
- [3] Maria Reichmanis, Ph.D. et al. "Laplace Plane Analysis of Impedance on the H Meridian" American Journal Chinese Medicine, Voll. VII, No2. p188-193, 1979
- [4] Gatzke R, "The electrode, a measurement system viewpoint, in Hood J, Purser (eds)", Biomedical Electrode Technology, Academic Press, NewYork, pp96-116, 1974
- [5] American Journal of Acupuncture, (주)메리디언, 1977~1993.