

수지부 감각정보에 중점을 둔 한의학전 전자 맥진 시스템에 대한 고찰

Oriental Pulse Diagnostic Apparatus with an emphasis on sense on fingers

김 병 철* · 채 한**

Byoung-Chul Kim and Chae-Han

요 약

본 연구는 전통적인 수지(手指)를 이용한 진맥환경 하에서 객관성 있는 정량적 정보를 수집하기 위해 한의학 진단법에 입각한 맥상(脈象)과 병상(病象)진단을 위한 시스템을 개발하는데 그 목적이 있다. 이를 위하여 우선, 최적합한 진단정보를 취득하기 위한 진맥기로서 골무형태의 센서유닛을 제안하고, 이것을 인지, 중지, 약지에 장착하여 전통적인 방법으로 척관촌(尺關寸)점의 맥압파를 측정하는 방법을 제시하였다. 다음으로, 이 진맥기를 사용하여 한의 진단학에서 정의하고 있는 부침지삭허실(浮沈遲數虛實)맥으로 표현되는 육조맥(六祖脈)과 홍(洪), 유(濡), 혁(革), 산(散)맥 등을 포함하는 28맥을 객관적으로 인식할 수 있음을 해석적으로 밝혔다. 끝으로, 이 진맥기로서 측정한 압맥파로부터 맥상 진단에 기초가 되는 주요 파라미터를 추출하는 방법을 제시했다.

Abstract

This study aims to develop a system for diagnosing pulse and disease conditions based on oriental medical classics to collect objective quantitative information in the traditional pulse examination environment that uses fingers. For this purpose, the study suggested a thimble-type sensor unit as the most appropriate pulse analyzer and proposed a traditional method to measure the pulse pressure wave on the spots of cheok, gwan and chon by installing the pulse analyzer on the forefinger, middle finger and medical finger. Then, it was interpretively found that this pulse analyzer enables us to objectively recognize 28 pulses defined in Oriental medical classics including the yukjo pulse, described as the buchimisak-heosil pulse, and the hong, yoo, hyeok and san pulses. Finally, the study proposed a method to extract key parameters essential to pulse condition diagnosis from the pulse pressure wave measured by this pulse analyzer.

Keywords : Oriental Pulse Diagnostic Apparatus, Oriental Diagnostic Apparatus , Diagnostic Apparatus,

I. 서 론

맥진(脈診)은 수지(手指)로서 환자의 요골동맥(橈骨 動脈)상의 압맥파(壓脈波)를 촉각(觸覺)하여 맥상(脈象)또는 병상(病象)을 진단하는 것으로, 한의학에서 활용하는 진단 방법인 사진(四診)중에서도 가장 중요한 위치를 차지하고 있다. 그러나 압맥파의 측정

을 전적으로 의 손가락 촉감에 의존하고 있는 관계상, 수집되는 정보는 다분히 한의사의 경험과 주관에 치우치게 되어 있어 정량화가 어렵고 객관성이 적어 진단의 적격성이 문제가 되는 경우가 많다. 국내에서는 1969년 이봉호 교수가 최초로 맥진기를 개발하였으며 70년대 초에는 백희수에 의한 회수식 맥진기를 개발하였으나 이에 대한 지속적인 연구 개발이 이루어지지 못하여 왔다. 특히, 최근 주목을 받고 있는 원격진료 시스템을 구현하는 경우에는 진맥자가 수집한 맥진 정보를 전자신호화 하여 전송할 필요가 있는데, 아직도

* 부산대학교 바이오시스템공학부 바이오정보전자전공

**부산대학교 한의학전문대학원 한의학과

논문 번호 : 2008-1-12 접수 일자 : 2008. 3. 20

심사 완료 : 2008. 4. 14

* 이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

진단의 주요 요소인 맥진에 의한 수지(手指)감각을 적절히 정량화하는 방법이 개발되지 못하고 있다. 최근, 각종 전자 센서를 사용한 맥파 측정기가 많이 개발되고 있기는 하나, 그 대부분은 진맥수단을 기계화하여 심장, 순환기 계통의 기질적 특성의 변화를 진단하는 것을 목적으로 하는 것이어서 한의학적 이론에 근거한 맥진에 적용하기에는 부적합하다. 이러한 전자측정기들은 한방 맥진에는 불필요한 정보까지 검지, 처리하는 반면, 한방에서의 맥상진(脈狀診)이나 맥차진(脈差診)에 필요로 하는 데이터는 제외되어 있는 것을 볼 수가 있다.[1][2][3][4] 그 중에는 한방맥진의 전자화를 목적으로 한 것도 있으나[5][6][7], 진맥과정의 전자화에 주력한 나머지, 압력의 인가와 진맥점의 동정(同定)을 자동화하여 객관적인 데이터를 수집하는데 그치고 있을 뿐, 한방 맥진에서 손가락을 통해 촉지(觸知)되는 맥압과의 감(感)에 관한 정보는 정량화하지 못하고 있다. 또한 전자적으로 측정된 데이터와 임상 경험과의 상관성에 대한 기초 데이터간의 상관관계를 중심으로 한 기초 임상데이터의 축적이 이루어지지 못하게 된다. 이러한 전자 진맥기는 진맥수단이 기계화되어 있기 때문에 한의사로 하여금 수년간의 임상 경험을 통하여 체계화한 전통맥진에 관한 학식과 임상경험을 전혀 활용할 수 없게 함으로서, 진단 템플릿의 개발은 물론이고, 시스템의 지속적인 업그레이드를 불가능하게 한다. 지금까지 발표되어 있는 대부분의 전자맥진기는 맥압과의 특징을 측정하여 그것을 DB에 축적되어 있는 진단 템플릿과 비교하고 그 상관성으로부터 환자의 맥상(脈狀)이나 병상(病狀)을 판단하는 진단기능이 구비되어 있다. 이것을 위한 진단 템플릿은 모름지기 숙련된 한의사가 오랜 임상경험을 기초로 작성하여야만 하고, 그 후에도 시스템의 학습 루틴(Routine)에 따라 지속적으로 업데이트 함으로써 임상에서의 진단 정확률을 향상시킬 수 있어야 한다. 그러나 한의사가 자신이 수지(手指)를 통하여 직접 진맥하지 못하는 상태에서 한의학 이론에 따른 적격한 진단 템플릿을 개발한다는 것은 극히 어려운 문제라 할 수가 있다. 한방 맥진의 전자화를 위한 시스템은 크게 진맥(診脈)유닛과 진단유닛으로 나눌 수가 있다. 이 중에서 진맥유닛은 신체상의 진맥점에 수지(手指)를 접촉시켜 맥상 또는 병상 진단을 위한 각종 정보를 수집하는 것이고, 진단유닛은 이러한 정보를 종합 분석하여 맥상을 인식하고 나아가 병상까지 판단하는 장치를 의미하는 것으로 이해되고 있다. 일반적으로 맥진(脈診)이라 하면 이 두 기능을 합친 것으로 생각되고 있으나, 전자장치를 구현하는데 있어서는 두 기능을 독립적으로 설계하는 것이 효율적이다. 특히 소형 맥진기의 경우는 경제적 측면에서도 진단 기능만을 보유하고 진단기능은 보다 대형 시스템에 위임하는 경우가 많다.

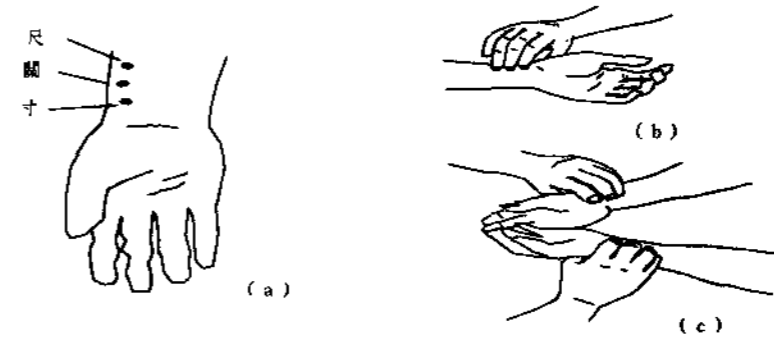


그림 1. 전통적 진맥방법
Fig. 1. Traditional Mekjin method

그러나 스탠드 얼론(Stand Alone) 형태로 응용되는 맥진기는 이 두 기능을 함께 구비한 것이 있지만 이 경우에도 진단기능은 극히 제한적인 수준에 머물고 있다. 따라서 한방맥진의 전자화를 위해서는 우선적으로 진맥 시스템을 전자화 할 필요가 있는데 아직도 한의학에 기초를 둔 임상 진단을 위한 실증적인 전자진맥기는 실용화되지 못하고 있다. 본고는 이러한 현실에 주목한 것으로서, 오랜 전통을 지닌 수지(手指)식 진맥 환경하에서 한의학이 정의하는 각종 맥상을 인식할 수 있는 정량적 데이터를 수집, 처리하는 전자맥진기를 구현하는 구체적 방안을 고찰한 것이다.

II. 한방 맥진의 전자화에 있어서 고려되어야 할 사항

현재 한의학임상에서 일반적으로 채택되고 있는 맥진은 육부정위(六部定位) 맥상진(脈狀診)과 맥차진(脈差診)으로, 일직부터 한방의학에 있어서 이환된 장부(臟腑)와 경로(經路)의 추정, 병증(病証)과 병인(病因) 및 치료방법을 결정하는 주요수단으로 되어 왔다. 맥상진을 위한 진맥법(診脈法)은 그림 1과 같이 환자의 요골동맥(橈骨動脈) 부위에 있는 촌구(寸口),관상(關上),척중(尺中)의 셋 진맥점(診脈點)에 인지(人指),중지(中指),약지(藥指)를 각각 위치시킨 후, 적절한 압압력(押壓力)을 인가하여, 그 때 나타나는 혈관벽의 박동을 촉지(觸知)하여 관능적으로 압맥파(壓脈波)의 상태를 측정한다. 숙련된 는 이 방법으로 압맥파의 크기(맥압:脈壓), 빈도(맥박:脈拍), 형상(形狀)을 촉각(觸覺)을 통해 인지한 후, 한의학의 맥상진(脈狀診) 또는 맥차진(脈差診)의 이론에 따라 장부(臟腑)의 병증(病証), 병인(病因) 또는 치료방법 등을 결정한다. 맥상의 종류는 여러 가지가 정의되어 있는데, 그 중에서도 일본에서의 이십사맥(二十四脈), 중국에서의 이십팔맥(二十八脈), 우리나라에서의 칠표팔리구도(七表八裡九道)등이 잘 알려져 있으며, 대체로 표 1 과 표2 와 같이 정리할 수가 있다.[8] 그러나 실제적으로는 이러한 세분된 차이는 명확히 구별하기 어렵고, 각 맥상에 대한 의미 부여도 애매하기 때문에 최근에는 이를 대폭 간략화하는 추세에 있다. 현재 한방 맥진에서 기초가 되어 있는 것은 표 1에 표시한 바와 같은 부침지수허실(浮沈遲數虛實)로 표현되는 기본적인 육조맥

(六祖脈)이다. 표 1을 볼 때, 육조맥의 맥상은 촌관척(寸關尺)의 셋 진맥점(診脈點)에 인가하는 압력의 크기와, 그 때 수지(手指) 끝이 감지하는 맥압의 크기 및 주기(맥박수의 역수)가 판단 파라미터가 된다는 것을 알 수가 있다. 그 중에서도 맥박의 강도가 맥상인식의 가장 주요한 인자가 되는데, 필자의 실험에 의하면 대체로 100-180g 범위의 압력에서 최대의 맥압과가 감지된다면 중맥(中脈)으로 분류하고, 그 보다 적은 압압력에서 맥과가 감지되면 浮脈, 그 보다 큰 압압력을 인가하여야만 맥과가 감지된다면 沈脈으로 구분한다. 따라서, 육조맥의 맥상진(脈狀診)만을 목적으로 한다면, 전자식 압력 센서를 사용하여 요골동맥의 맥압과를 측정하여 이것을 디지털 신호화한 후, 위의 세 가지 파라미터를 추출하면 된다는 것을 알 수가 있다. 우수한 촉진(觸診)능력을 지닌 한의사는 표 2와 같은 보다 섬세한 맥상까지도 인지할 수가 있다. 측정기로 하여금 이 수준의 진맥을 기대한다면, 맥압의 크기만이 아니고 맥압과의 형태 즉, 파형을 측정하고 그것을 분석할 수 있는 기능도 필요해진다. 그러나 이 경우에도 숙련된 한의사가 손끝으로 식별할 수 있는 수준 이상의 미세한 파형 변화는 장치의 간편화와 코스트 문제를 고려해서라도 수집할 필요는 없을 것이다. 한편, 육부정위맥차진(六部定位脈差診)에 있어서는 그림 1(c)와 같이 환자의 좌우 양손목의 촌관척(寸關尺) 진맥점에 해당하는 총 6개소의 맥압과를 측정하고, 상호 비교하여 신체의 각종 증(証)을 판단한다. 예를 들어 우의 촌(寸)의 맥압과가 좌의 촌 보다 먼저 차단되고, 좌의 관(關)과 척(尺)이 우의 그것들 보다 먼저 차단된다면, 우의 촌(寸)과 좌의 관(關)을 비교하여 우의 촌(寸)이 약하면 심허대장실증(心虛大腸實証)으로 판단하게 된다. 이러한 임상 활용 데이터는 지속적인 임상연구와 업데이트를 통해서 진단 정확률을 높이게 된다. 이와 같이 맥차진(脈差診)에서는 6개 진맥점에 관하여 침맥(沈脈)의 강약(強弱)을 인지한 후, 상호 비교하여 신체의 증(証)을 판별하는 까닭에, 진맥기는 6개 진맥점에 인가되는 압압력과 그때에 측정되는 맥압의 크기를 동시에 측정하여 디지털화 할 필요가 있다.

표 1. 주요 맥상과 그 특징

Table 1. Characteristics of the traditional pulse examination

맥상	설 명
홍(洪)	과도가 밀려오는 듯한 격하고 강한 맥,
유(濡)	물에 뜬 듯한 가늘고 연한 맥, 기혈부족(氣血不足) 때
혁(革)	처음은 부대(浮大)하고 빨리 누르면 허(虛)하여 북의 가죽을 미는 듯한 맥
산(散)	부(浮),산(散)하여 무력한 맥, 박수(拍數)가 불확실하다. 원기이산(元氣離散)시.
약(弱)	침(沈)하여 세연(細軟)한 맥, 누르면 끊어질 듯한 맥. 기혈부족(氣血不足)시

복(伏)	침맥의 심한 것. 강하게 눌러서 비로서 감지된다. 기혈폐쇄(氣血閉塞), 격통(激痛)시
로(牢)	현대(弦大)하고 장(長)한 맥, 중(中)부(浮)에서는 감지되지 않는 맥(한극복통(寒極腹痛)시
규(芤)	부대(浮大)하여 중공(中空)인 맥. 안이 비어있는 느낌을 주는 맥. 출혈(出血)시
세(細)	침(沈)에서 실처럼 가늘어 촉지가 어려운 맥, 연하고 약한 맥. 기허(氣虛)시
미(微)	부(浮)에서 극히 세약(細弱)하며 깊게 누르면 유무(有無)가 불확실한 맥, 기혈양허(氣血兩虛)
단(短)	파동(波動)의 폭이 짧고, 관부(關部)만 잘 측정되는 맥. 기울기체(氣鬱氣滯)시
현(弦)	힘차며 기장된 활줄과 같은 맥, 간병(肝病), 제통(諸痛),담음(痰飲)시
긴(緊)	긴장하고 팽팽하며 유력한 맥, 한사(寒邪)시
장(長)	파동의 폭이 길고,죽간(竹竿)을 따르는 것 같은 맥. 기억화성(氣逆火盛)시
활(滑)	구슬이 흐르듯이 미끄럽고 원활한 맥. 담(痰),실열(實熱), 임신(妊娠)
질(疾)	1호흡에 6-7 맥박의 빠른 맥, 양성극음기갈(陽盛極陰氣竭), 원기탈(元氣脫)의 위상(危象)
촉(促)	빠르되 중간에 서고, 결맥(結脈)처럼 간격이 일정치 않는 맥. 기혈저체(氣血滯滯)
동(動)	빠르되 관(關)만 측정되고 촌(寸),척(尺)은 없고, 마치 통을 누르는 것 같은 맥. 통(痛)과 경(驚)의 맥
삼(澁)	맥이 가늘고 느리며 활맥(滑脈)과는 반대로 왕래가 밀리는 맥.
결(結)	느리고 부정기적으로 정지하는 맥. 부정맥
대(代)	느리고 일정한 간격으로 때때로 정지하는 맥. 장기쇠퇴(臟氣衰退)
완(緩)	1 호흡에 맥박이 4 정도로 느리고 침착하며 부(浮)도 침(沈)도 아닌 맥. 무병(無病)의 맥

표 2. 육조맥과 그 특징
Table 2. Characteristics of the yukjo pulse

맥상	설 명
부(浮)	가볍게 눌러도 촉지되는 맥상. 부목(浮木)과 같아서 누르면 오히려 무력(無力)을 느끼는 맥.
침(沈)	부위(浮位)에서는 촉지되지 않으나 중안(重按)에서 촉지되는 맥. 이증(裏証), 기체(氣滯)시
수(數)	맥박이 1호흡동안에 5, 6 박 정도의 빠른 맥. 열증(熱症)시, 단 소아(小兒)나 운동시에는 정상.
지(遲)	맥박이 완만하여 1호흡간에 4 박 이하인 느린 맥. 유력하면 한성(寒盛), 무력하면 허한(虛寒)
허(虛)	부(浮), 중(中), 침(沈)의 모든 상태에서 박맥이 가늘고 약하며 소극적인 맥. 허증 일반(虛証一般)
실(實)	부(浮), 중(中), 침(沈)의 모든 상태에서 크고 길고 분명한 적극적인 맥. 실증화성(實証火盛)시

III. 하드웨어 구성

3.1 진맥 유닛(SU)

한방맥진에 있어서 진맥은 원칙적으로 인지(人指), 중지(中指), 약지(藥指)의 세 손가락을 이용하여 요골동맥상의 점에 나타나는 압맥파의 박동을 손가락 끝의 촉각을 통하여 그 특성을 파악한다. 따라서 전자식 진맥기는 가급적 이러한 진맥법에 근접된 방법으로 맥압파 정보를 수집, 처리할 수 있어야만 한다. 그림 2는 이러한 목적에 가장 부합되는 전자진맥 장치를 도시한 것이다. 진맥 시에는 이 유닛을 인지(人指), 중지(中指), 약지(藥指)의 세 손가락에 끼우고 전통 한방진맥과 동일한 방법으로 진맥을 한다. 따라서 여기서 수집되는 진맥 데이터는 전통적인 한의학 진단법에 정의되어 있는 진맥 환경에 가장 가까운 상태에서 측정된 것으로 볼 수가 있다. 이 진맥유닛을 사용하는 단자는 전통 맥진에서 감지되는 맥박을 직접 손가락으로 촉각(觸覺)할 수가 있다. 따라서 한의사로 하여금 전통적인 방식의 맥진에서 분석되는 맥상이 정량화, 객관화된 것을 직접 경험할 수 있으며 이러한 과정을 통해 본인의 진단을 객관화할 수 있다는 장점이 있다. 이 진맥유닛을 사용하면 한의사로 하여금 임상에서의 신속 정확한 진맥과 진단을 가능케 할 뿐 아니라, 숙련된 한의사로 하여금 이 진단유닛을 이용하여 중앙국에 있어서의 맥상(脈象) 또는 병상(病象)진단을 위한 진단 템플레이트(Diagnosis Template)의 작성과 업데이트에 직접 참여할 수 있도록 한다.

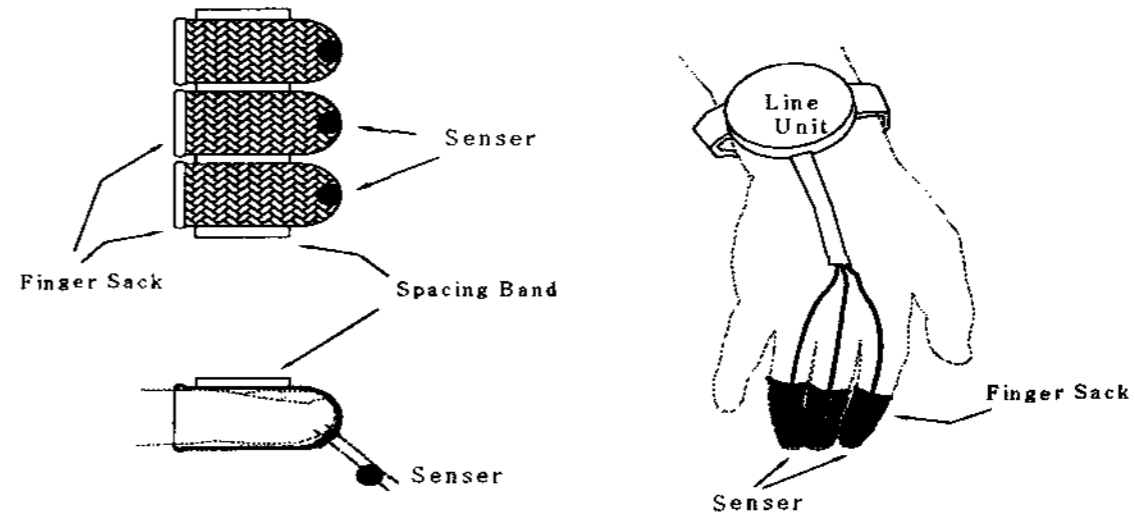


그림 2. 진맥 유닛
Fig. 2. Sensing Unit

진맥유닛은 3개의 센서 골무(Sensor Thimble)를 1 조로 결합한 형태로 구성한다. 각 센서 골무는 그림 2처럼 가요성 포지로 만든 골무 끝에 직경 5 mm 내외의 압력센서를 장착한 구조로 되어 있으며, 그 출력은 가요선 도선으로 손목에 고정된 라인유닛(LU)에 접속이 된다. 센서로서는 스트레인 게이지(Strain Gauge), 피에조 소자(Piezo Device), 반도체 저항 소자 등 여러 가지를 고려할 수가 있으나, 본 기에서는 센싱 감도와 안정도 그리고 소형화등을 감안하여 반도체형 피에조 저항체를 사용한다. 이 센서를 골무의 끝에 접착제로 고정시키되, 그 위치와 각도는 그림과 같이 수지(手指)진맥 때에 요골동맥(橈骨動脈)상에 평행으로 접촉될 수 있도록 선택한다. 각 단위 골무는 가요성(可撓性)인 간격편(Spacer)으로서로 연결하여 상호간격이 항상 일정하게 유지되도록 할 필요가 있다. 이 진맥 유닛을 사용하여 그림 1과 같이 전통적인 방법으로 진맥하는 경우, 3 개의 센서 S1, S2, S3는 각각 척, 관, 촌 점의 맥압파를 감지하여 전압신호로 변환한다. 3개의 센서의 출력은 서로 닮은꼴이지만 진폭은 차이가 있기 때문에 각각 독립된 채널로 취급된다. 육부정위맥차진(六腑定位脈差診)을 위해서는 좌우 두 손목의 촌, 관, 척 점을 동시에 진맥할 필요가 있기 때문에 최대 2 조의 진맥 유닛을 동시에 수용할 수 있도록 인터페이스를 설계한다.

3.2 라인 유닛 (LU)

라인 유닛은 그림 2와 같이 손목에 장착하여 센서 골무에서 보내오는 아날로그 신호에서 잡음신호를 제거하는 저역 통과 필터(LPF)와 이 신호를 디지털화(Digitize)하여 복합하는 A/D 변환/다중기(A/D MUX) 및 RF 송신기(Tx) 로서 구성한다. LPF는 진맥 유닛(Sn)에서 보내오는 아날로그 신호를 대역 필터링 하여 잡음성분을 제거한다. 잡음성분은 강력한 외래잡음을 차단하기 위한 것인데, 차단 주파수가 2 k Hz 인 아날로그 액티브 필터(Active Filter)를 쓴다. 또, 팔이나 손가락의 요동으로 인한 초저주파 잡음도 차단하는 저역 필터도 필요한데, 이것은 차단주파수가 0.5 Hz 수준이 되기 때문에 A/D 변환기 후에 디지털 필터로서 처리한다. LPF를 통과한 신호는 A/D MUX에서 8 bit 로 디지털화 되면서 다중화 되어 Tx로 보내진다. TX와 RX는 RF BPSK 링크 로서

진맥 유닛과 신호처리 유닛 PU 간을 무선 회선으로 연결한다. 이렇게 얻어진 맥압과 신호는 무선 송신 모듈 (TX)를 통하여 PU에 내장되어 있는 무선 수신기 모듈 (RX)로 전송된다.

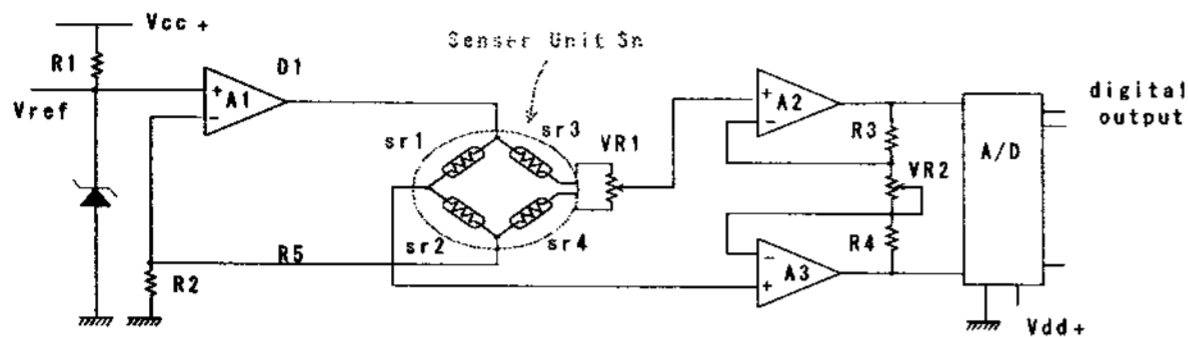


그림 3. 센서구동회로
Fig. 3. Sensor driving circuit

LU는 이와 같은 신호처리 기능 이외에 골무 센서에 대한 전원공급부도 내장하게 되며 그 대표적인 회로구성은 그림 3과 같게 된다. 여기서 A1은 센서 소자를 위한 전원안정회로이고 A2, A3는 A/D에의 인터페이스를 겸한 액티브 필터이다.

3.3 신호처리 유닛 (PU)

단말기의 신호처리 유닛 PU는 32 bit CPU, 1.8 Ghz에 Windows XP를 탑재한 PC를 사용하는데 2GB 용량의 RAM, 300GB 용량의 HDD를 포함하여 DP, KB등의 주변장치로서 구성한다. PU에서는 수신한 맥압과 파형을 디지털 신호처리 기법을 이용하여 맥박수, 맥박의 강도, 맥박의 형태 등을 정의하는 파라미터를 추출하여 중앙국으로 송출한다. 추출한 파라미터는 국부적으로 DP에 표시하기도 하고 필요에 따라서는 프린트 아웃하기도 한다. 중앙국에서 처리된 맥상, 병상 또는 처방 등에 관한 데이터는 다시 PU에 수신되어 DP등의 출력기를 통하여 국부적으로 출력된다.

3.4 한방 전자 맥진을 위한 진맥기의 시스템 구성

위와 같은 하드웨어를 구비한 전자 진맥기는 그림 4 과 같은 시스템구성으로 구현이 가능하다.

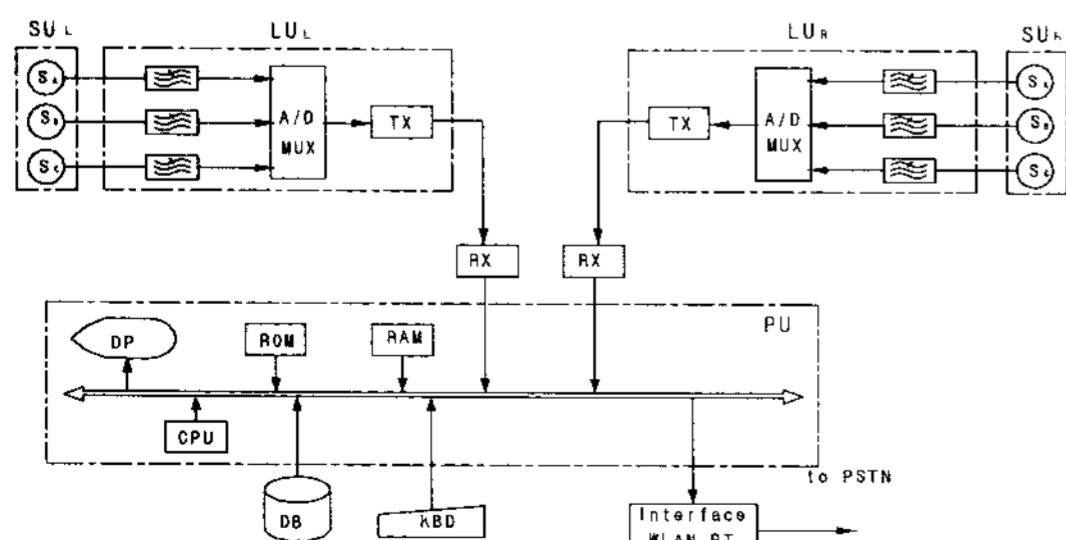


그림 4. 제안 맥진 단말기의 H/W 구성
Fig. 4. System config. of proposed terminal set

이 맥진기는 그림 2와 같은 골무 형태의 센서 유닛에 장착된 3개의 압력센서, S_1, S_2, S_3 로서 맥압파를 측정하여 각 채널별로 LU에 보내진다. 이 신호는 LU내의 A/D 변환기로서 디지털 신호로 변환되어 송신 모듈 (Tx)와 수신 모듈(Rx)를 경유하여 PU에 전달된다. PU에서는 각종 신호처리 프로그램에 의해 맥압의 강도, 박동수, 지속시간, 파형의 특징 파라미터 등이 산출되어 RAM에 저장되어 맥상인식을 위한 DB로서 활용된다.

IV. 처리기능의 해석

4.1 맥압파의 측정

동맥내에는 심박(心拍)의 구출기(驅出期)에 생성된 혈류파가 진행하면서 혈관벽에 규칙적인 압력을 주고 있는데, 이 압력파는 외부에서 혈관에 일정한 압압력(押壓力)을 인가하여 혈관을 변형시키면 압맥파의 형태로 측정이 된다. 전통적인 맥진에서는 주로 요골동맥을 손가락으로 눌러서 압압력을 인가하는 방법을 쓰는데, 이때 발생된 혈관벽의 응력은 역시 손가락 끝으로 감지한다. 압압력을 증가시키면 응력도 거기 따라 증가하기 때문에 압압력의 크기 P_p 를 변화시키면서 맥압파의 진폭을 측정해 보면 그림 5 과 같이 된다. 여기서 P_{dia} 는 혈관이 완전히 개방되어 있을 때의 압력이며, P_{sys} 는 혈관이 압압력으로 인해 완전 폐쇄되어 혈류가 차단될 때의 압력이고 P_{opt} 는 그 중간에 위치하며 맥압파의 크기가 가장 크게 나타날 때의 압압력이다. 따라서 맥압파 신호 해석을 위한 샘플 파형을 채취할 때는 항상 P_{opt} 인 압압력 하에서 채취하는 것을 원칙으로 한다.

4.2 맥압(脈壓) 파라미터의 추출

위 2 절의 소론에 의하면 한의학 맥진에서는 맥박의 강약이 맥상(脈象)진단에 중요한 구실을 하고 있다. 따라서 적정한 한의학 맥진을 위해서는 센서가 측정하는 압력과 의 손가락에 감지되는 압력감(壓力感) 간에 서로 유의적(有意的)인 상관관계가 유지되어 있어야만 한다. 한의학 진맥시 한의사는 손가락이 받는 동맥벽의 진동으로부터 맥박의 강도, 즉 맥압파의 진폭을 관능적으로 판단하게 되는데, 그림 2와 같은 수지식(手指式) 진맥유닛을 착용하고 진맥하면, 압력센서가 받는 압력이 바로 의 손가락이 받는 압력과 동일하기 때문에 압력센서의 출력을 그대로 정량화 하는 것이 된다. 압압력 PP 와 맥압파 $p(t)$ 는 그림 6과 같이 센서 엘리먼트(Element)의 양면에 각각 반대방향으로 인가됨으로 센서에는 이 두 힘의 합이 인가되어 식 (1)과 같은 전압이 발생하게 된다. 즉,

$$v_s(t) = k \cdot [p(t) + P_p] = k \cdot S(t) \tag{1}$$

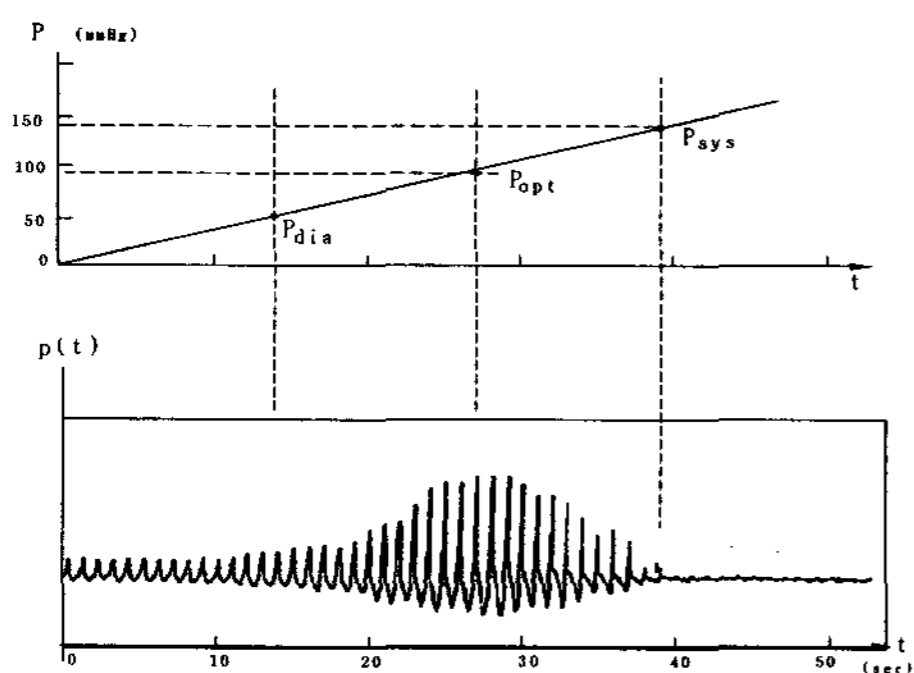


그림 5. 인가 압압력 P와 출력 압맥파의 크기
Fig. 5. Applied P and obtained pulse wave level

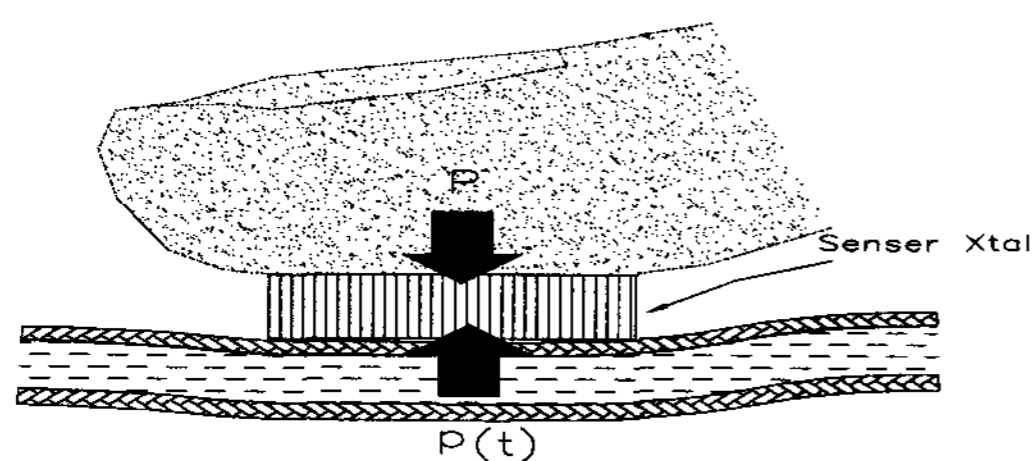


그림 6. 센서에 가해지는 압력
Fig. 6. Pressures on sensor device

여기서 $p(t)$ 는 맥압파이고 P_p 는 압압력, k 는 비례정수이다. 위 그림 3의 회로구성으로서 k 는 정수가 됨으로 $v_s(t)$ 의 파형은 맥압파 압력과 동일한 파형이 된다. 지금, 센서 Sn 의 출력을 그림 7에 있어서의 $S(t)$ 라고 한다면, 그 평균값은 다음과 같이 된다.

$$\bar{S}_T = \frac{1}{T} \int_0^T S(t) dt \quad (2)$$

여기서 T 는 맥압파의 주기이다. 이 압력은 샘플링 기간을 통해서 일정치로 유지되는 압력으로서 손가락은 이것을 압압력으로 감지한다. 실제에 있어서는 이 값에는 혈류의 이완기 압력이 존재하지만 그림 7에서와 같이 $P_{dia} \ll P_{opt}$ 의 관계가 있을 뿐 아니라 압압력을 이완기 혈압을 기준점으로 한 상대압력으로 볼 수도 있음으로

$$\bar{S}_T \approx P_p \quad (3)$$

이 성립된다. 실제로 진맥자가 손가락에 파동으로 감지하는 것은 진폭이 $P_{max} - P_{min}$ 인 압맥파의 변화성분의 에너지이다. 그림 6에서 $S(t)$ 를 센서의 출력인 맥압파

라 한다면 이것이 의 손가락에 주는 파동감각은 $S(t)$ 의 변화성분의 에너지에 해당됨으로 그림에서 2중 해칭한 부분의 면적을 구하여 이것을 2배 한 값, 즉,

$$E_T = 2 \int_{t_a}^{t_b} [S(t) - \bar{S}] dt \quad (4)$$

과 같이 된다. 따라서 이 값을 맥박의 강도를 나타내는 특징 파라미터로 삼으면 된다.

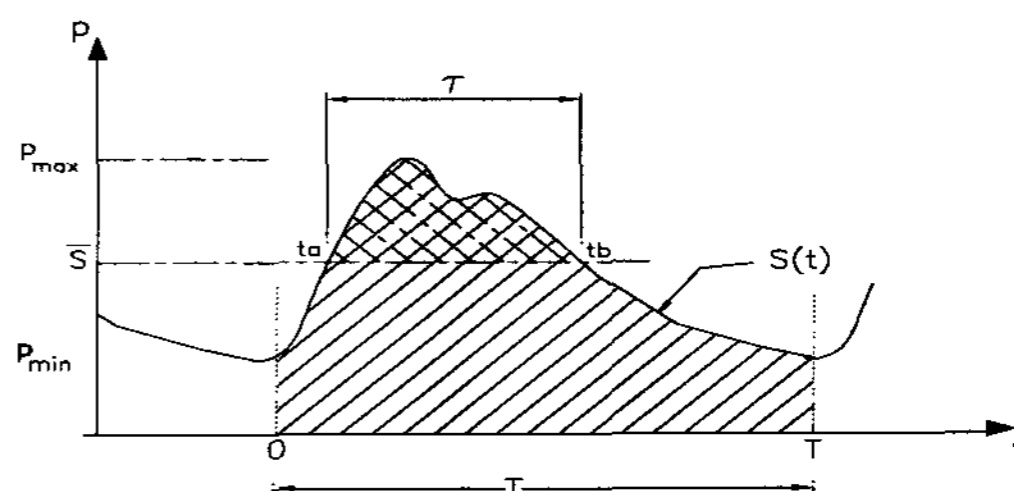


그림 7. 맥박 강도의 산출모형
Fig. 7. Calculation model for a pulse strength

E_T 가 클수록 강하고 힘찬 맥박이 되며 맥의 부침(浮沈), 강약(強弱), 예둔(銳鈍)을 판별하는 기초 데이터가 된다. 특히, 표2에 나타나 있는 홍(洪), 유(濡), 혁(革), 산(散), 약(弱), 복(伏), 로(牢), 규(扃), 세(細), 미(微), 현(弦), 긴(緊)맥 과 같은 여러 맥상도 이 값으로부터 판별이 된다.

또,
$$I = \frac{T}{T} \quad (5)$$

는 맥의 상대적인 길이를 나타내는 까닭에 표2의 로(牢), 단(短), 긴(緊), 장(長)맥 등의 인식기준이 된다.

4.3 압압(押壓)파라미터의 추출

맥압파를 측정할 때는 최적 압압력 P_{opt} 를 인가한 상태에서 측정 하지만, P_{sys} 에서 P_{dia} 에 이르는 과정에서 맥압파 응력이 변화하는 모양은 환자의 체질이나 병상(病象)에 따라 다르기 때문에, 의학 맥진에 있어서는 그 변화 패턴도 다양한 형식으로 분류하여 진단의 주요한 파라미터가 되고 있다. 임상에서는 는 손가락에 가하는 압압력을 적절히 가감하면서 손 끝에 전달되어 오는 맥압파의 다양한 정보를 수집한다. 대표적인 방법은 먼저 손가락에 힘을 주어 혈류를 차단시킨 후, 그 압압력(押壓力)을 서서히 또는 신속히 개방하면서 손가락에 감지되는 맥박의 강도를 보고, 다음에는, 반대로 손가락의 압압력을 서서히 증가시켜 가면서 맥파의 변화를 보고, 최종적으로는 압압력을 P_{opt} 에 유지하여 정상상태에서의 압맥파의 특징을 상세히 관찰한다. 또한 촌, 관 부위는

혈관이 비교적 피부에서 가까운 곳에 있으나, 척 부위는 혈관이 깊숙한 곳에 위치하고 있으므로, 혈관을 촉진하기 위해서는 가하는 압력이 서로 달라야 한다. 따라서 단말기는 이러한 모든 과정에서 얻어지는 압압력 PP를 맥상 진단을 위한 특징 파라미터로서 DB에 등록하고, 각 맥상의 진단에 최적합한 압압력 패턴도 시스템의 학습과정을 통해서 DB에 등록하여 학부생 혹은 연수 과정에 있는 한의사를 위한 교육 프로그램으로 제공할 수 있도록 한다. 위와 같은 처리가 가능하려면 진맥 중에도 항상 현재 인가하고 있는 압압력의 강도를 확인할 수 있도록 PP를 DP상에 표시하고 는 이것을 보면서 손가락의 압압력을 조정할 수 있도록 하여야 한다.

4.4 진맥점의 동정(同定)

그 중에서도 가장 유용한 것은 압압력의 크기를 모니터링 하면서 진맥점을 동정할 수 있도록 하는 루틴을 마련하는 것이다. 그림 1과 같은 진맥에서는 중지(中指)를 요골돌기(橈骨突起) 위에 놓으면 대체로 관상(關上)점에 위치하게 되며, 인지(人指)와 약지(藥指)는 자연스럽게 촌구(寸口)와 척중(尺中)점에 오게 된다. 그러나 보다 정확한 위치 동정(同定)을 위해서는 중지의 센서의 신호출력을 모니터링 하여, 중지가 정확하게 요골동맥상에 위치하고 있는가를 확인할 필요가 있다. 압력센서는 요골동맥상에 정확히 위치할 때 가장 맥압파 출력이 커진다. 따라서 진맥자는 진맥초기에 중지(中指)로서 환자의 손목 부분을 주사(走査)하여 이 값이 최대가 되는 점을 찾으면 중지는 자동적으로 정확한 관상(關上)점에 도달하게 된다. 제안된 단말기에서는 SU에서 추출한 중지의 센서 S2의 압압력 Pp2를 디스플레이 상에 2차원 도면으로 표시하고 한의사는 이것을 보면서 손목 근방을 주사하여 출력이 최대가 되는 점을 찾는다.

4.5 맥박 빈도 파라미터의 추출

전통적인 진맥법에서의 맥박의 빈도 측정은 손가락으로 맥박의 수를 일정 시간 계수하는 간단한 방법으로 되어 있으며 대개의 경우, 이것으로도 충분히 정확한 정보를 얻을 수가 있다. 그러나 측정에 장시간이 소요될 뿐 아니라, 맥박이 약한 경우, 또는 부정맥이 있는 경우에는 의 감각에 의존하는 맥박 계수법은 오차가 커진다. 압력센서로서 맥박수를 측정하는 방법으로서 가장 간단한 것은 손가락으로 계측하는 것과 같이 일정시간 샘플링한 맥압파 계열에서 단위시간 동안 나타나는 극대치의 수를 계수하는 것이다. 그러나 이 방법은 맥박이 약하여 극대치가 불분명하거나 한 주기 내에 크기가 비슷한 극대점이 복수로 존재하는 경우에는 오인식의 가능성이 커진다. 또, 극소점간의 간격으로부터 주기 T를 구하여 그 역수를 취하는 방법도 있으나, 극소점은 언제나 잡음의 영향을 받기 쉬워서 역시 오인식의 우려가 있다. 따라서, 본 연구에서는 맥압파를 미분한 속도파를 사용하여 단위 펄스 간의간격 T를 구한다. 그림 8의 상단과 같은 맥압파를 예를 들면 극대치

가 p1, p2의 두개가 있어서 T를 측정할 때 구별하기가 어렵다. 이 파를 미분하면 하단의 파형이 되는데 여기서는 맥압파의 시작점에 파형의 최대치가 생겨서 선명하게 나타나고 있으므로 오인식의 염려가 없다. 따라서 이 파형계열의 최대점간의 거리를 구하면 바로 T가 얻어진다. 맥박의 수, 즉, 맥박빈도 N은 다음과 같이 주기 T의 역수에서 구해진다.

$$\text{즉, } N = \frac{1}{T} \quad (6)$$

한의학 맥진에서는 이 값은 건강 진단의 주요 파라미터가 되는데, 특히 빈도가 높은 것을 의미하는 질(疾),촉(促),동(動), 혹은 불규칙적인 삼(澁),결(結),대(代), 또는 빈도가 낮은 것을 의미하는 완(緩)맥은 이 파라미터 없이는 진단이 불가능하다. 주기 T는 항상 약간식의 변동이 수반됨으로 적절한 샘플 기간 동안의 T를 평균한 값을 채택한다

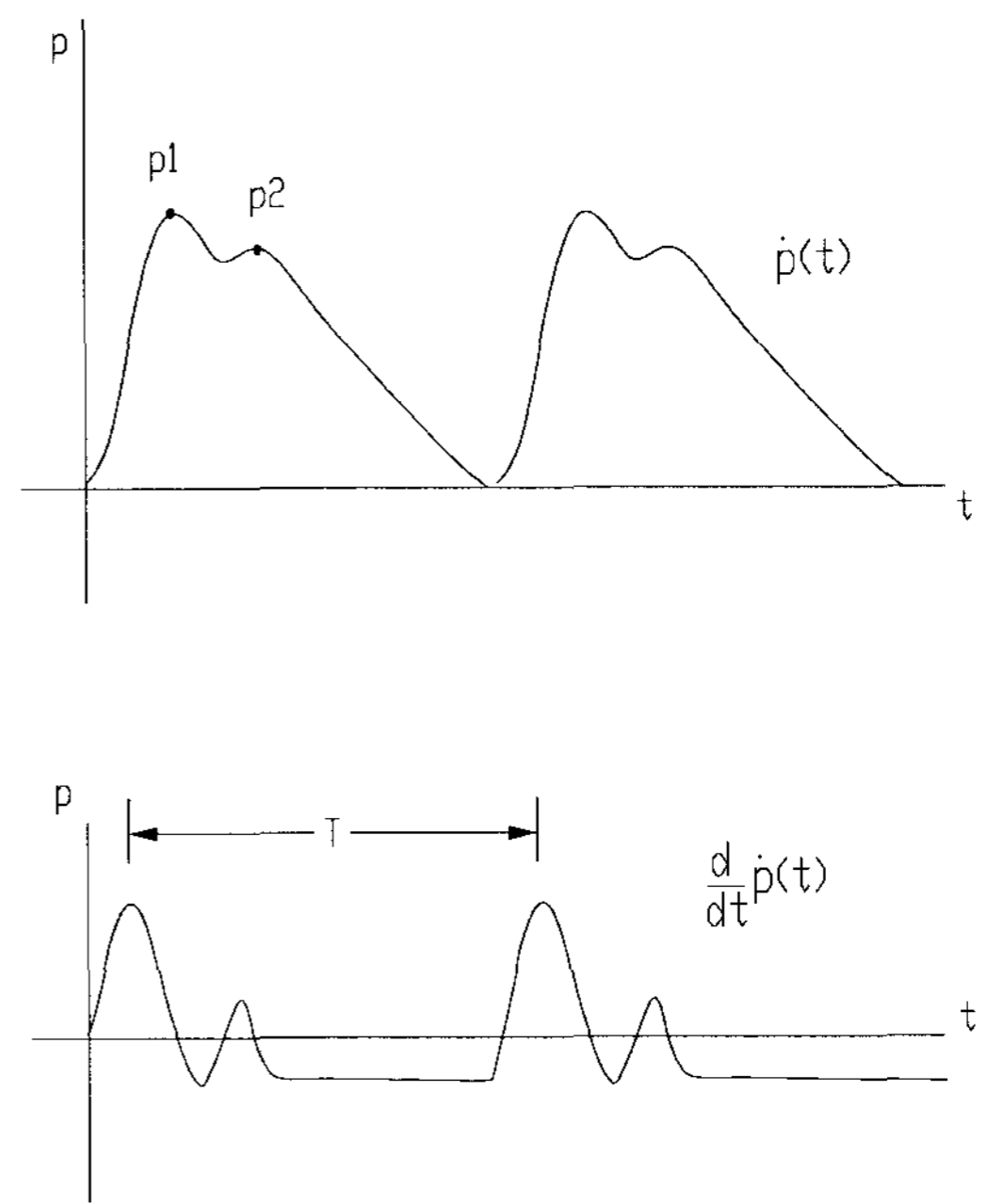


그림 8. 맥압파와 속도파
Fig. 8. pulse wave and velocity wave

4.6 맥박 변동에 관련되는 파라미터의 추출

건강인의 맥박 주기는 대체로 안정되어 있어서 수10분 간 일정하게 유지되기도 하나 환자에 따라서는 맥박이 결락(缺落)하거나 기외수축(期外收縮)등이 발생하는 경우를 볼 수가 있다. 이러한 부정맥(不整脈)은 장기(臟器)의 기질 이상을 의미하는 것이 많고, 때로는 위급한 병상(病狀)판단의 징후가 될 수 있기 때문에, 한방맥진에서는 이러한 맥박을 촉(促),결(結),대(代),삼(澁)맥 등으로 정의하며 병상 진단의 중요 파라미터로 삼고 있다. 그러나

안정시의 맥박도 자율신경의 영향을 받아 항상 조금씩 변동하고 있는데, 이러한 맥박변동(Pulse Rate Variation: PRV)현상은 신체의 기질적, 신경적 상태에 따라 민감하게 영향을 받음으로 맥상 또는 병상진단에 중요한 파라미터가 된다. 맥박의 변동은 1) 호흡에 동기된 변동성분(Respiratory Sinus Arrhythmia : RSA) 2) 혈압변동에 수반하는 변동성분(Mayer Wave Related Sinus Arrhythmia : MWSA) 그리고 3) Fractor 변동성분의 세가지 요소로 구분되는데, 이 중에서 RSA와 MWSA는 주기성분으로서 전자는 대체로 3 초 주기(0.2-0.4 Hz 근방), 후자는 10 초 주기(0.05-0.15 Hz 근방)로 특징적인 극대치를 나타내며, Fractor 변동성분은 0.05 Hz 이하의 VLF 영역에서 $1/f$ 의 특성을 보인다. 이 중에서 Fractor 성분이 전체의 80%를 차지하고 있어서 맥박은 대부분 대단히 느린 주기로 서서히 변화하고 있다.[9] 이러한 주기성 변동은 변동량이 적을 뿐 아니라 시간적으로 대단히 완만하기 때문에 지금까지의 수지식 진맥에서는 식별이 불가능하여 거의 무시되어 있었지만 이러한 맥박의 변동은 체질과 건강상태와 밀접한 관계가 있음으로 최근 주목을 받기 시작한 분야이다. 또한 최근 연구에 따르면 교감신경과 부교감 신경의 흥분 비율, 정신적인 스트레스 정도를 반영하며, 한의학적 치료가 이러한 상태를 호전시킨다는 연구 결과가 제시되고 있다. 전자식 맥진 단말기는 이러한 변동도 정확히 정량화할 수가 있기 때문에 제안 단말기에는 이 부분의 분석 기능도 부여하고 있다. 맥박의 변동에 관한 측정은 맥압파를 일정한 샘플기간 동안 기록한 후, 그 속에 포함되어 있는 모든 단위 맥압파 간의 시간간격을 구하여 기억소자에 저장한 후, 그것들을 순차적으로 연산부에 불러내어 그 분포를 계산하면 된다. 부정맥 인식을 위한 특징 파라미터는 맥압파의 변화범위(Variation Range: R_V)와 그 변화계수 (Variation Coefficient: C_V) 로서 정의한다. 즉,

$$\text{변동범위: } R_V = T_{\max} - T_{\min} \quad (7)$$

$$\text{변동계수: } C_V = \frac{S_D}{\bar{t}} \quad (8)$$

여기서 T_{\max} , T_{\min} 는 각 단위 펄스간의 간격을 $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$ 라 하는 경우, 샘플링 기간 중에 나타난 최장 간격치와 최소 간격치를 말하며,

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \quad (9)$$

는 펄스 계열 T 의 평균 펄스 간격이다.

$$\text{또, } S_D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n-1}} \quad (10)$$

4.7 맥압파의 형태

맥상을 정의하는데 있어서, 한의사는 손가락에 전달되어 오는 맥압파의 압력의 시간적 변화를 감각한다. 표 1,2를 보면, 특히 로(牢),단(短),현(弦),장(長),동(動),규(杼)맥 등은 전적으로 파형의 형태로부터 정의되는 맥상으로서 파형의 정확한 측정과 분석 없이는 적절한 맥진이 불가능한 맥이라 할 수가 있다. 맥압파 압력의 시간적 변화는 곧 맥압파의 파형을 의미하는 것이니 센서의 출력파형과 템플레이트 파형과의 교차상관을 구하는 패턴인식(Pattern Recognition) 기법을 적용하면 보다 객관성 있는 진단이 가능하다. 센서의 출력 $S_n(t)$ 은 전압-시간축상에 나타나는 맥압파의 파형임으로 여기에 파형인식 알고리즘을 직접 적용하면 파형인식이 가능하다. 그러나 파형을 원형 그대로 비교하기에는 상관요소가 많아져서 처리가 번잡함으로 파형의 특징점, 또는 특징 파라미터를 구하여 그 들 간의 교차상관성으로부터 인식을 한다. 파형의 특징을 추출하는 방법으로는 고속푸리에변환(FFT)이나 웨이블렛(Wavelet) 등을 이용한 스펙트럼 분석법이 잘 알려져 있으나, 의 손가락의 촉각은 파형을 스펙트럼 성분별로 감지하지를 못한다. 따라서, 전통적인 맥진에서의 임상경험을 참고로 하고자 한다면 맥압파가 손가락에 주는 압력변화를 그대로 나타내는 파형의 기하학적인 특징을 이용하는 것이 보다 임상환경에 가까운 방법이라 할 수가 있다. 파형의 기하학적 해석수단으로서 최근에 파형을 1차 또는 2 차 미분하여 파형의 특징점을 강조한 파형을 대상으로 패턴 매칭 기법을 적용하는 방법이 제안되고 있다.[10][11] 이 중에서 맥압파를 1차 미분한 속도파는 그림 8 과 같이 되어 맥압파의 변화가 큰 부분이 극대점이 되어 나타난다. 일반적으로 사람의 감각은 자극량의 변화량에 비례하여 크게 느껴진다는 것이 실험적으로 확인되어 있는데, 손가락이 받는 촉지감각도 압력이 일정할 때 보다는 변화에 대하여 보다 민감하게 반응한다고 알려져 있다. 따라서 진맥시에 실제로 받는 감각은 맥압파의 1차 미분파형에 근사한다고 볼 수가 있다. 이 현상을 이용하면 맥상 인식에 있어서 샘플파를 미분하여 속도파의 파형을 템플릿과 비교하면 표 1, 2의 맥상에서 맥압파의 형태와 관련되는 맥상의 진단에 사용할 수가 있다. 맥압파를 2 차 미분한 가속도파는 실제로 순환기계통의 기능을 대변하는 여러 파라미터를 나타내게 된다는 것이 최근 밝혀져서 순환기내과의 진단에 이용되고 있다.[12] 가속도파는 속도파를 한번 더 미분하면 되는 까닭에 가속도파 파형도 맥상진단 또는 병상진단을 위한 특징 파라미터로 활용하도록 하면 다른 특징 파라미터로서는 판별이 어려운 임상 진단에 도움이 될 수 있을 것이다.

V. 신호처리 루틴

위에 기술한 여러 특징 파라미터는 각기 독립된 처리 루틴

에 의해 추출되는데, 전체 루틴의 처리 흐름은 그림 9와 같이 된다.

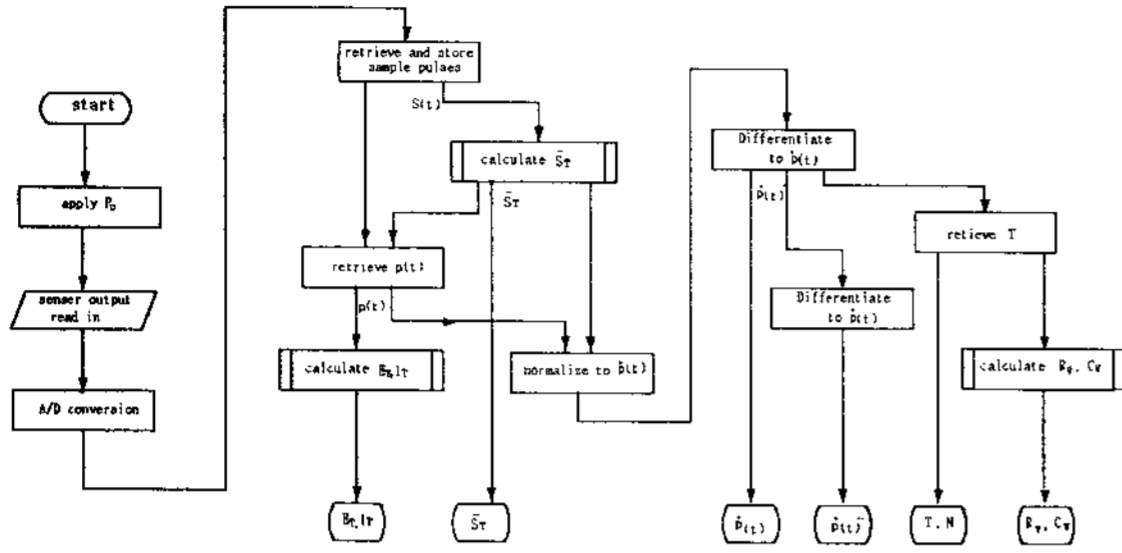


그림 9. 한방 진맥 시스템의 신호처리 루틴의 흐름도
Fig. 9. Flow graph of S/W routines for proposed system

VI. 결론

한방맥진의 전자화에 있어서 가장 중요한 것은 전통적인 수지(手指)를 이용한 진맥환경하에서 객관성 있는 정량적 정보를 수집 하되, 한의학 이론과 임상 현장에서의 경험에 입각한 맥상(脈象)과 병상(病象) 진단에 적합한 데이터라야만 한다. 이것을 위한 최적합한 진맥기로서 골무형태의 센서 유닛을 제안하고, 이것을 인, 중, 약지에 장착하여 전통적인 방법으로 척관촌(尺關寸)점의 맥압파를 측정하는 방법을 제시하였다. 또한, 이 진맥기를 사용하여 한의학 임상진단에 정의되어 있는 부침지삭허실(浮沈遲數虛實)맥으로 표현되는 육조맥(六祖脈)은 물론이고 홍(洪), 유(濡), 혁(革), 산(散)맥 등을 포함하는 28 맥을 객관적으로 인식할 수 있음도 해석적으로 밝혔으며 끝으로 이 진맥기로서 측정한 압맥파로부터 맥상진단에 기초가 되는 주요 파라미터를 추출하는 방법도 해석하고 이것을 위한 최적 시스템도 제시하였다. 이 연구의 내용은 앞으로 개발될 한방 자동진료 시스템이나 원격진료 시스템의 구현에 도움이 될 것이며, 특히 임상현실을 반영하면서도 새로운 한의사를 교육하기 위한 자동 맥진기 설계를 위한 기초 자료가 될 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] Boura "Method and apparatus for the noninvasive determination of arterial blood pressure " United States Patent 6,514,211 February 4, 2003
[2] Cariou, Alain, et al. (1998) "Noninvasive Cardiac Output Monitoring by Aortic Blood Flow Determination: Evaluation of the Sometec Cynemo-3000 System," Critical Care Medicine, vol. 26, No. 12, pp. 2066-2072.
[3] Ninomiya "脈博壓脈波の檢出方法" 日本特開 2005-349164. Dec.2005

[4] Omuron "脈波解析装置および脈波解析プログラム "日本特開2005-349116 Dec. 2005
[5] Oshige "橈骨動脈의 壓脈波計測 시스템" 日本特開 2000-268305 Sept. 2000
[6] Amano "脈波檢出装置および 觸覺檢出装置 "日本特開 2000-5139 Jan. 2000
[7] Hujmoto et al. " 脈診解析のための脈波測定装置" 日本特開2007-222300 Sept. 2007
[8] 이주호 et al. "맥상 분류 기준에 대한 방법론적 고찰" 한국한의학연구원논문집 Vol.10, No. 1 2004
[9] T. Nakamura, et al "Local Holder exponent analysis of Heart Rate Variability in preterm infants" IEEE Trans Biomed Eng, vol. 53, pp 83-8, 2006
[10] SM Romano et al. "Assessment by Arterial Pressure Wave without External Calibration" Computers in Cardiology 2006;33 pp293-296
[11] Yamamoto "脈波測定装置" 日本8-154906 1996.6.18
[12] Murakami"脈波解析方法及び装置 " 日本特開2006-43146 2006.2.16



김 병 철 (Byoung-Chul, Kim)

1994년 2월 영남대 전자공학과(공학사)
1996년 2월 영남대 전자공학과(공학석사)
1999년 2월 영남대 전자공학과(공학박사)

2000년 3월 ~ 2006년 2월 밀양대학교 조교수
2006년 3월 ~ 현재 부산대학교 바이오정보전자전공 부교수

※주관심분야 : 무선통신시스템, GPS, 의용공학



채 한 (Han, Chae)

1995년 2월 경희대학교 한의과대학(학사)
2003년 2월 경희대학교 한의과대학(박사)
2000년 3월 한국한의학연구원 선임연구원
2001년 3월 Harvard Medical School

2003년 ~ 2005년 Cleveland Clinic Foundation
2006년 ~ 2007년 대구 한의대학교 조교수

2007년 ~ 현재 부산대학교 한의학전문대학원 조교수
※주관심분야 : 사상의학, 한방 정신 생리학, 신경과학