

## PTT에서 PPG 각 특징점과 혈압의 상관관계에 대한 연구

곽육명, 유래현, 김필교, 김경호  
단국대학교

### A study on the correlation between characteristic points of PPG and blood pressure in PTT

YU-Ming Guo, Rae-Hyun Yu, Pil-kyo Kim, Kyung-Ho Kim  
Dankook University

**Abstract** - 현대 사회는 과학기술의 수준이 끊임없이 발전함에 따라 사람들은 건강관리에 신경을 쓰고 혈압측정 기능을 갖춘 웨어러블 기기의 관심이 점점 많아지고 있다, 하지만 시중에 출시된 웨어러블 기기의 혈압측정 정확도는 아직 부족하며 이를 높이기 위한 연구개발이 활발해져야 한다. 혈압을 더 정확하게 측정하기 위해 본연구에서는 PPG 특징점을 분석한다.

#### 1. 서 론

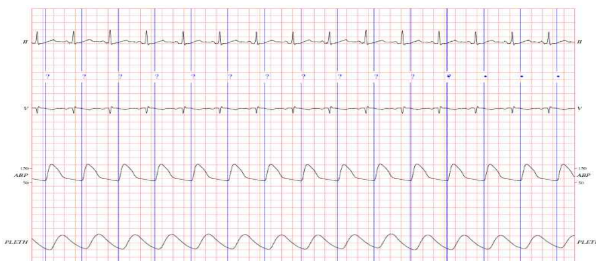
최근 서구화된 식습관과 생활 습관의 변화로 고혈압, 당뇨 발병률이 증가하면서 생명을 위협하는 심근경색증, 뇌졸중 같은 심뇌혈관질환 발생 위험이 커지고 있다. 특히 고혈압, 당뇨, 고지혈증은 합병증이 생기기 전까지 증상이 없으므로 40대 이후에는 정기 검사를 통해 자신의 혈압과 혈당, 콜레스테롤 수치를 알고 있어야 한다.

과학기술의 발전에 따라 사람들은 자신의 건강관리를 더욱 중시하게 되었다. 불편한 압박식 혈압측정을 대체하기 위해 최근 많은 웨어러블 기기에서 혈압측정 기능이 등장하고 있다. 이렇듯 전 세계적으로 혈압측정에 대한 중요성을 인식하고 있다. 미래의 지속적인 건강한 삶과 심혈관계 질환으로 인한 사망자를 줄이고, 경제적인 문제를 해결하기 위해서 손쉽게 혈압을 측정할 수 있다. 또한, 기존의 커프 압력을 이용하여 측정하는 커프식 혈압 측정방식의 단점을 보완한 혈압측정 방법이 필요할 것으로 보인다. 많은 연구자가 광적용적맥파(PPG)와 심전도(ECG)를 이용하여 혈압측정 방법을 개발하고 있다. 본 논문에는 ECG와 PPG의 각 특징점과 혈압의 관계를 심도 있게 연구하였다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 MIMIC Database

MIMIC(Multi-parameter Intelligent Monitoring for Intensive Care)은 MIT와 Boston's Beth Israel Deaconess Medical Center와 필립스 메디칼이 공동으로 구축한 대중 개방형 다중 파라미터 스마트 중환자 데이터베이스로, 생리 데이터 자원 사이트인 PhysioNet을 통해 접근할 수 있으며 PhysioBank ATM에서 ToolBox 툴박스를 통해 데이터 파형 세그먼트에 대한 온라인 디스플레이와 다운로드가 가능하다. 데이터 파형은 그림1과 같이 표시된다.

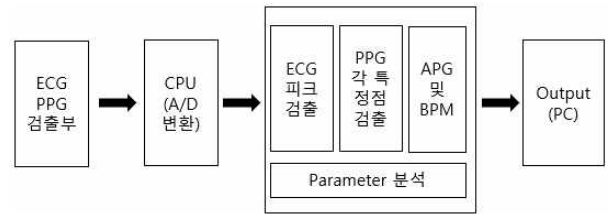


〈그림 1〉 MIMIC에서 데이터 파형(온라인)

10여 년의 발전을 거쳐 현재 MIMIC 데이터베이스는 ICU 임상 데이터 발굴을 위한 여러 연구 분야에 성공적으로 운용되고 있다.

##### 2.2 Hardware 구성

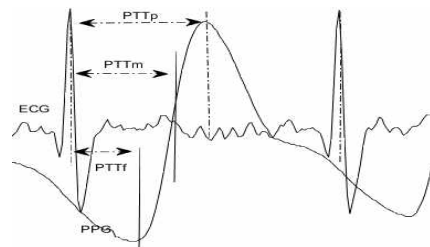
손목 및 손가락에서 ECG, PPG 신호를 측정하는 아날로그 회로를 STM 임베디드 개발환경을 이용하여 신호 값을 출력하였다. 시스템은 아날로그회로부터 취득한 신호를 변환하고, 취득한 신호에서 ECG Peak 및 PPG 각 특징점을 검출하고 연산 처리한다. 그 후 serial chart를 통해 화면에 데이터를 표시한다.



〈그림 2〉 시스템 구성도

##### 2.3 PPG 특징점

ECG Peak와 PPG 각 특징점은 그림3과 같이 표시된다. PTTp는 ECG Peak 점에서 PPG의 최고점까지 걸리는 시간이다. 그동안 대부분 연구자는 PTTp를 사용했는데 이번에는 혈압 측정의 정확성을 높이기 위해 PTTm, PTTp에 대해서도 연구를 진행하게 되었다. PTTm는 PPG 신호에서 가장 큰 기울기와 ECG 신호까지 걸리는 시간이다. PTTf는 ECG Peak 점에서 PPG 신호에 처음 시작하는 점까지 걸리는 시간이다. PTTp, PTTm, PTTf를 계산하고 혈압과 상관관계를 분석하였다.



〈그림 3〉 ECG 및 PPG의 특징점

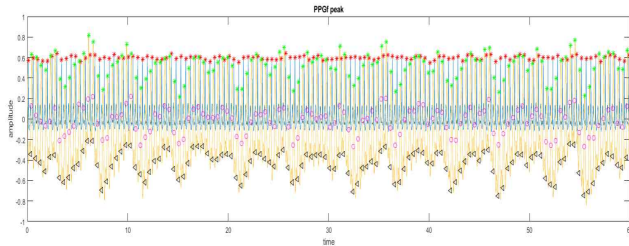
##### 2.4 실험 방법

MIMIC 데이터베이스에는 90여 명의 ICU 환자로부터 받은 121개의 보호 기록 데이터 포함되어 있다. 각 보호 기록 데이터에는 환자가 침대 옆 보호기에서 얻은 신호와 환자의 의료 기록에서 얻은 임상 데이터가 포함되어 있다. 이 데이터베이스에는 심전도(ECG), 동맥 혈압(ABP), 광적용적맥박파(PLETH), 호흡

를(RESPI), 산소포화도(SPO2) 및 심박 수(HR) 등 여러 가지의 생체신호와 해당 신호의 주석이 종합적으로 기록되어 있지만 모든 보호 표본에 이처럼 다양한 생체 데이터가 기록된 것은 아니다. MIMIC에서 ECG, PPG, ABP 신호가 저장된 15명의 환자데이터를 선택한다. 각 샘플에서의 신호 파형에서 안정적인 데이터를 추출하여 수신하며 각 샘플의 길이는 1분 동안 125Hz로 샘플링한 수이다. 또한, 본 연구에 맞는 회로를 설계하여 실생활에서 다섯 명의 실험자의 생체신호를 측정하여 MIMIC 데이터베이스에 있는 데이터와 함께 분석하였다.

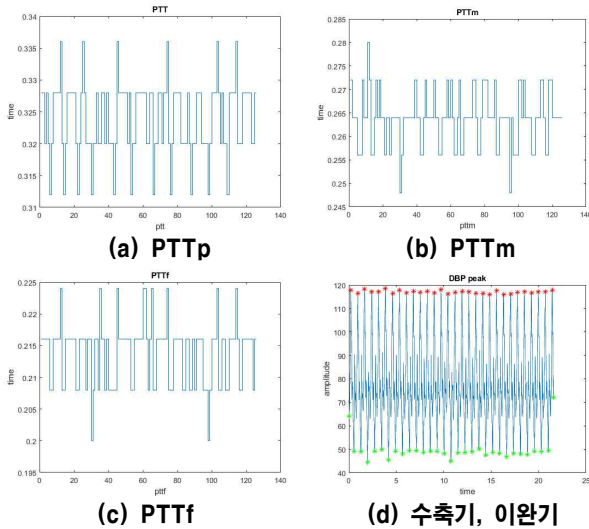
### 2.5 실험 결과

데이터베이스에서 다운로드한 데이터는 Matlab을 이용하여 Peak 및 특징점 검출하였다. Peak 및 특징점은 아래 그림 4과 같다.



〈그림 4〉 피크점 및 특징점 검출

그림 5(a-c)는 PTTp, PTTm, PTTf를 계산해서 얻은 각 계단 그래프이다. 그림 5 (d)는 Matlab을 통해 검출된 혈압의 값이다.



〈그림 5〉 PTT 계단 그래프 및 혈압

#### 2.5.1 상관관계 분석

〈표 1〉 실험 데이터

실험군	PTTp	PTTm	PTTf	SBP
데이터 1	0.3239	0.2637	0.2138	122
데이터 2	0.3342	0.2702	0.2478	132
데이터 3	0.3775	0.2984	0.2452	130
데이터 4	0.3496	0.2384	0.2097	122
데이터 5	0.3464	0.2605	0.2076	109
데이터 6	0.3851	0.2487	0.1872	123
데이터 7	0.3352	0.2631	0.2094	101
데이터 8	0.3771	0.2897	0.2282	107
데이터 9	0.3165	0.248	0.1955	125
데이터 10	0.3715	0.2925	0.2379	93

데이터 11	0.2744	0.1986	0.1446	163
데이터 12	0.3968	0.2995	0.2083	95
데이터 13	0.3918	0.2794	0.2287	91
데이터 14	0.4235	0.3044	0.2385	100
데이터 15	0.4132	0.306	0.2439	108
실험자 1	0.356	0.289	0.232	111
실험자 2	0.312	0.249	0.197	121
실험자 3	0.298	0.255	0.178	132
실험자 4	0.312	0.265	0.203	123
실험자 5	0.306	0.256	0.201	114

위의 표1은 MIMIC 데이터베이스에 있는 15명의 환자데이터 및 실제 수집된 5명의 실험자 데이터 정보이다.

〈표 2〉 상관계수

$R^2$	$PTT_p$	$PTT_m$	$PTT_f$	$\overline{PTT}$
SBP	-0.683	-0.717	-0.586	-0.734

표 1의 데이터를 분석한 후 표 2의 상관계수를 얻게 되었다.  $PTT_p$ 와 SBP의 상관계수는 -0.683,  $PTT_m$ 와 SBP의 상관계수 -0.717이며,  $PTT_f$ 와 SBP의 상관계수는 -0.586이다. 표 2를 통해  $PTT_p$ 와  $PTT_m$ 이  $PTT_f$ 보다 상관성이 크다는 것을 알 수 있다. 그래서 각각 실험 데이터에서  $PTT_p$ 와  $PTT_m$  평균한 후 새로운  $\overline{PTT}$  데이터를 얻을 수 있다.  $\overline{PTT}$ 로 다시 SBP와 분석하고 상관계수는 -0.734인 것을 발견했다. 본 연구 실험에서 PTTm과 PTTp는 혈압과의 관련성 크기에 따라 샘플에 차이가 있음을 확인하였다. 따라서 샘플마다 다른 PTT를 선택하여 혈압추정 모델을 만들면 혈압추정의 정확성이 더욱 보장되지만, 이는 모델 작성의 적용 가능성이 떨어지게 된다.  $\overline{PTT}$  이용한 혈압과의 상관관계가 전반적으로 PTTm 및 PTTp와의 혈압의 상관관계보다 크다.

### 3. 결 론

본 논문은 ECG에서 PPG의 각 특징점까지의 시간을 분석하였으며 실험 결과를 통해 PTTm과 PTTp의 두 특징점과 혈압의 상관성보다  $\overline{PTT}$ 를 이용하는 것이 더 효과적이라는 것을 알 수 있다. 혈압추정의 정확성과 적합성을 위해  $\overline{PTT}$ 를 사용하는 것이 좋은 방법이다.

#### 감사의 글

이 논문은 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임  
(No. 2018R1D1A1B07049973)

#### [참 고 문 헌]

- [1] 이충렬, 김경호. "PTT를 이용한 연속 혈압측정에 관한 기초 연구." 대한전기학회 학술대회 논문집. (2013): 380-381.
- [2] 이진욱, 홍동기, 김희훈, 김경호. "PTT를 활용한 이완혈압 추정에 관한 기초연구." 대한전기학회 학술대회 논문집.(2015): 37-40.
- [3] 정하중, 전기만, 임채영. "ECG신호의 R-Peak 검출 알고리즘에 관한 연구." 한국멀티미디어학회 학술발표논문집. (2010): 438-441.
- [4] 강경우, 민철홍, 김태선. "단채널 심전도 기반 바이오인식 시스템 개발." 전자공학회논문지-CI 49.1 (2012): 1-7.