

10주차 과제

ECG QRS detection 알고리즘



과목: 생체신호해석

소속 대학: 순천향대학교

학과: 의공학과

학번: 20195293

이름: 정민섭

1. ECG QRS detection 알고리즘

[Matlab code]

%%Initialization

close all % 현재 열려있는 모든 창 닫기

clear all % 현재 Workspace에 있는 모든 변수 지우기

clc % 명령창(Command line) 지우기

%% Data load

fs = 125; % ECG 샘플링 데이터

Fn = fs/2;

load('Sample_Data_ECG.mat', 'ECG'); % 주어진 ECG 샘플 데이터 불러오기

ECG_raw = ECG;

% ECG_raw = ECG(1, 40 * fs : 50 * fs);

%% Preprocessing

L = length(ECG_raw); % 가장 큰 배열 차원의 길이를 반환, 즉 ECG_raw 데이터의 길이를 의미

t = (0:L-1)/fs; % 원본에는 time축이 있지 않기 때문에 length를 fs로 나눠 x축인 time축 생성

% Notch filter(60Hz)

wo = 60/Fn; % 60Hz에 대한 노이즈 제거 주파수 영역 지정

bw = wo/5; % Q factor를 5로 지정.

[b1, a1] = iirnotch(wo,bw) % IIR notch filter 설계

%fvtool(b1, a1);

ECG_notch = filtfilt(b1, a1, ECG_raw); % filtfilt 함수를 사용하여 ECG_raw에 설계한 60Hz IIR notch filter 적용

% High-pass filter(0.5Hz butterworth filter)

[b2, a2] = butter(5, 0.5/Fn, 'high'); % 5차 버터워스 High-pass filter 설계, cut off frequency: 0.5Hz

ECG_HPF = filtfilt(b2, a2, ECG_notch); % filtfilt 함수를 사용하여 ECG_notch에 설계한 0.5Hz 5차 버터워스 High pass filter 적용

% Low-pass filter(30Hz butterworth filter)

[b3, a3] = butter(5, 30/Fn, 'low'); % 5차 버터워스 Low-pass filter 설계, cut off frequency: 30Hz

ECG_LPF = filtfilt(b3, a3, ECG_HPF); % filtfilt 함수를 사용하여 ECG_HPF에 설계한 30Hz 5차 버터워스 Low pass filter 적용

%% R-peak (QRS complex) detection

[qrs_amp_raw, qrs_i_raw, ~] = pan_tompkins_R_peak(ECG_raw, fs, 1);

% pan_tompkins 함수 호출 및 ECG_raw 데이터 사용

[결과]

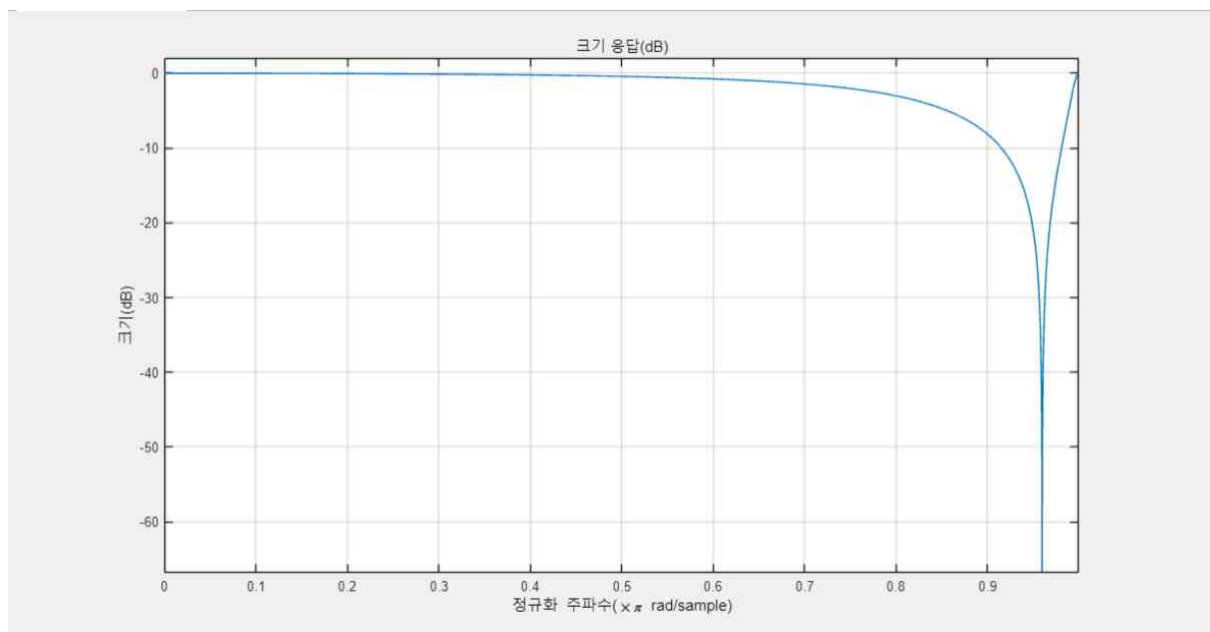
b1 =

0.7627 1.5134 0.7627

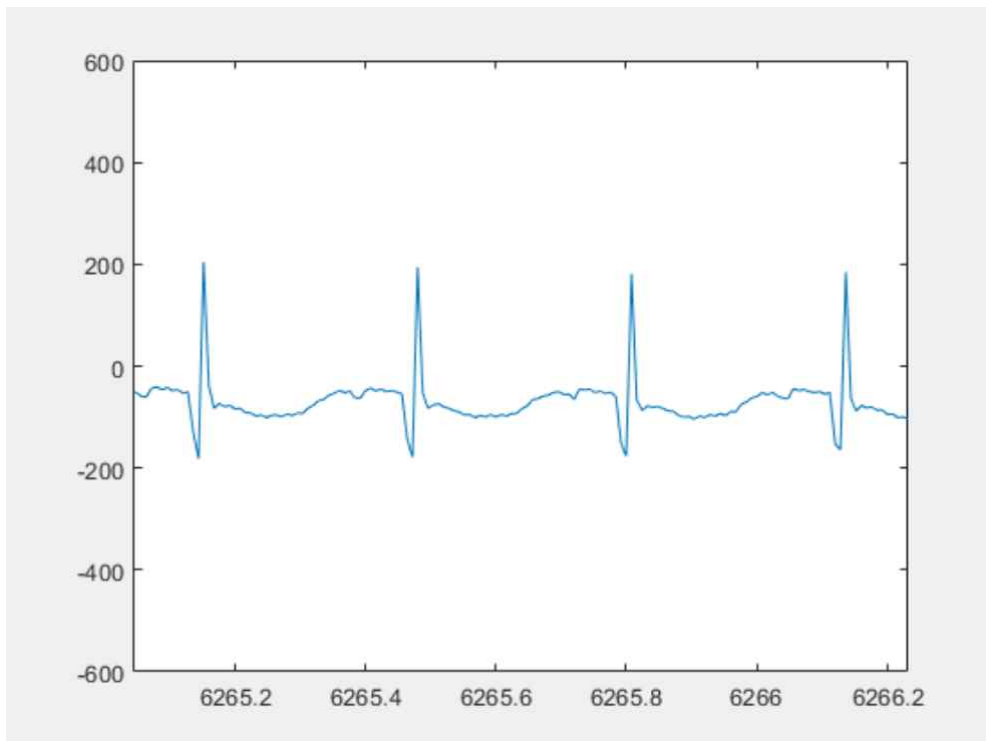
a1 =

1.0000 1.5134 0.5255

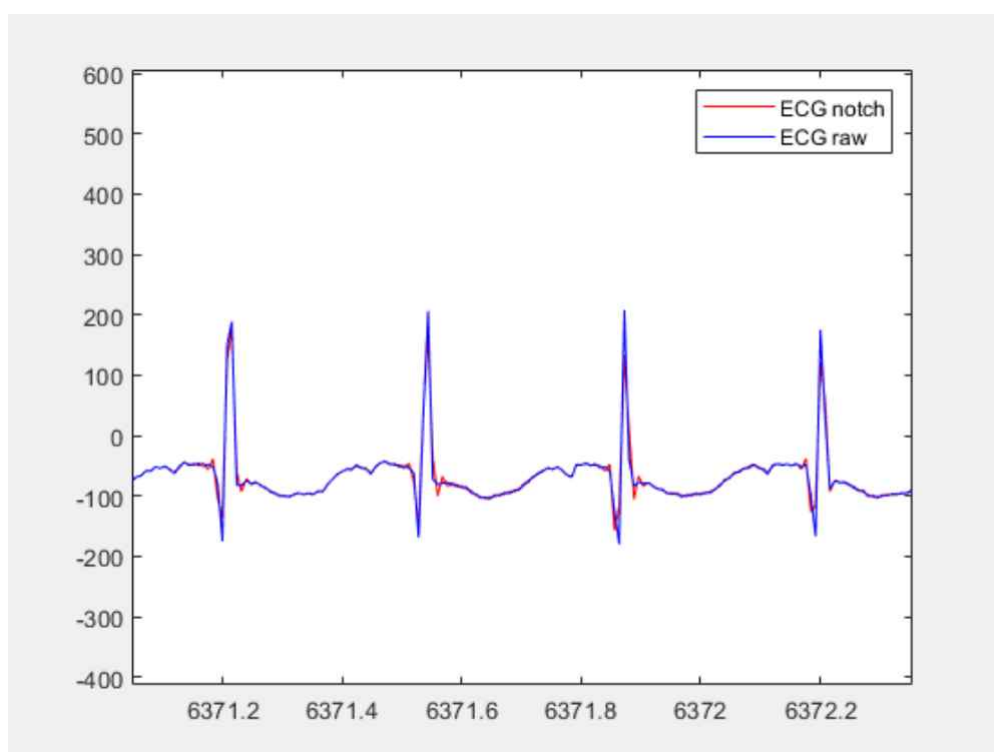
[Figure]



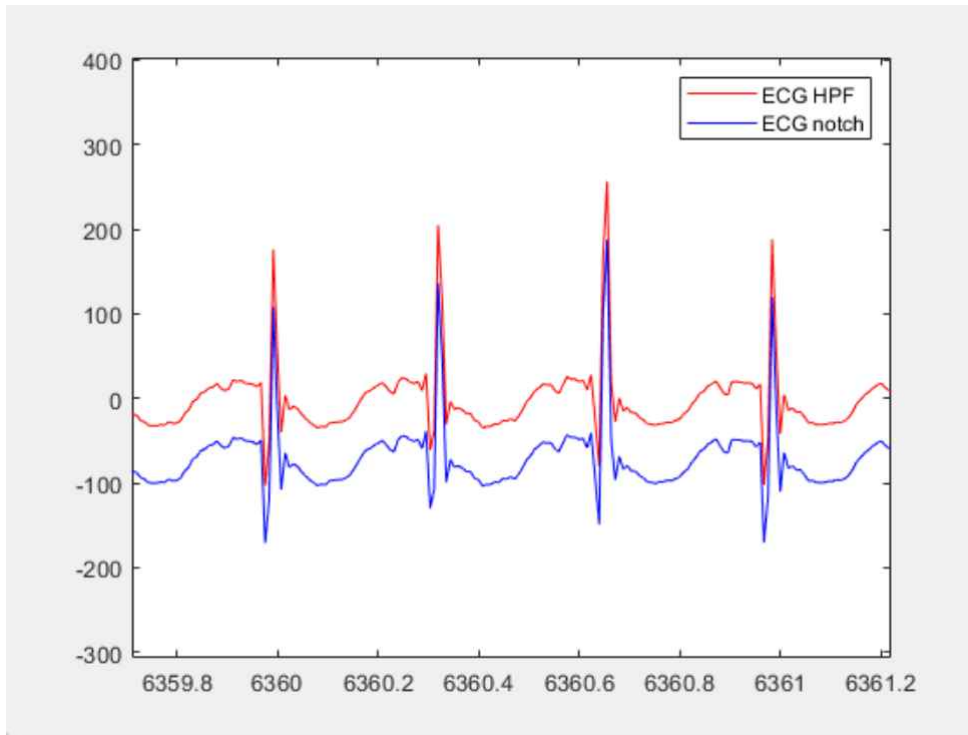
<Fig 1. 설계한 IIR notch filter>



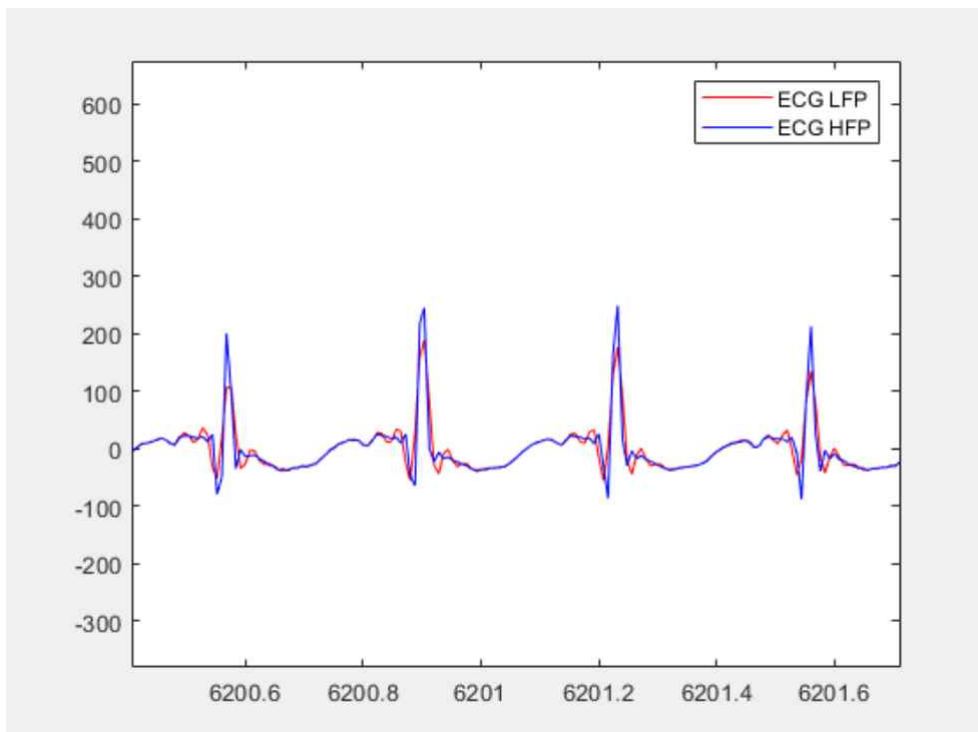
<Fig 2. Raw ECG data>



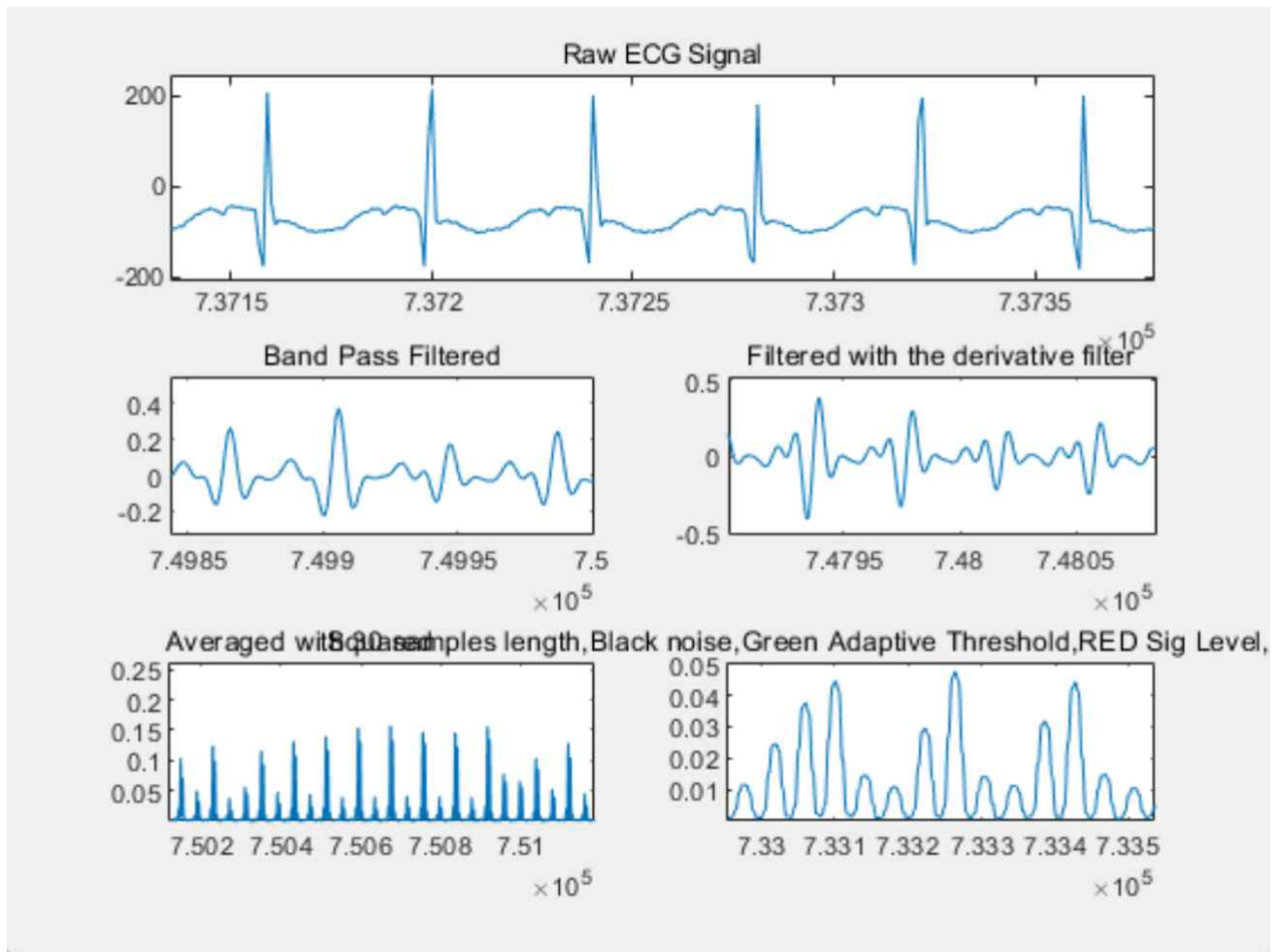
<Fig 3. IIR notch filter를 적용한 ECG data>



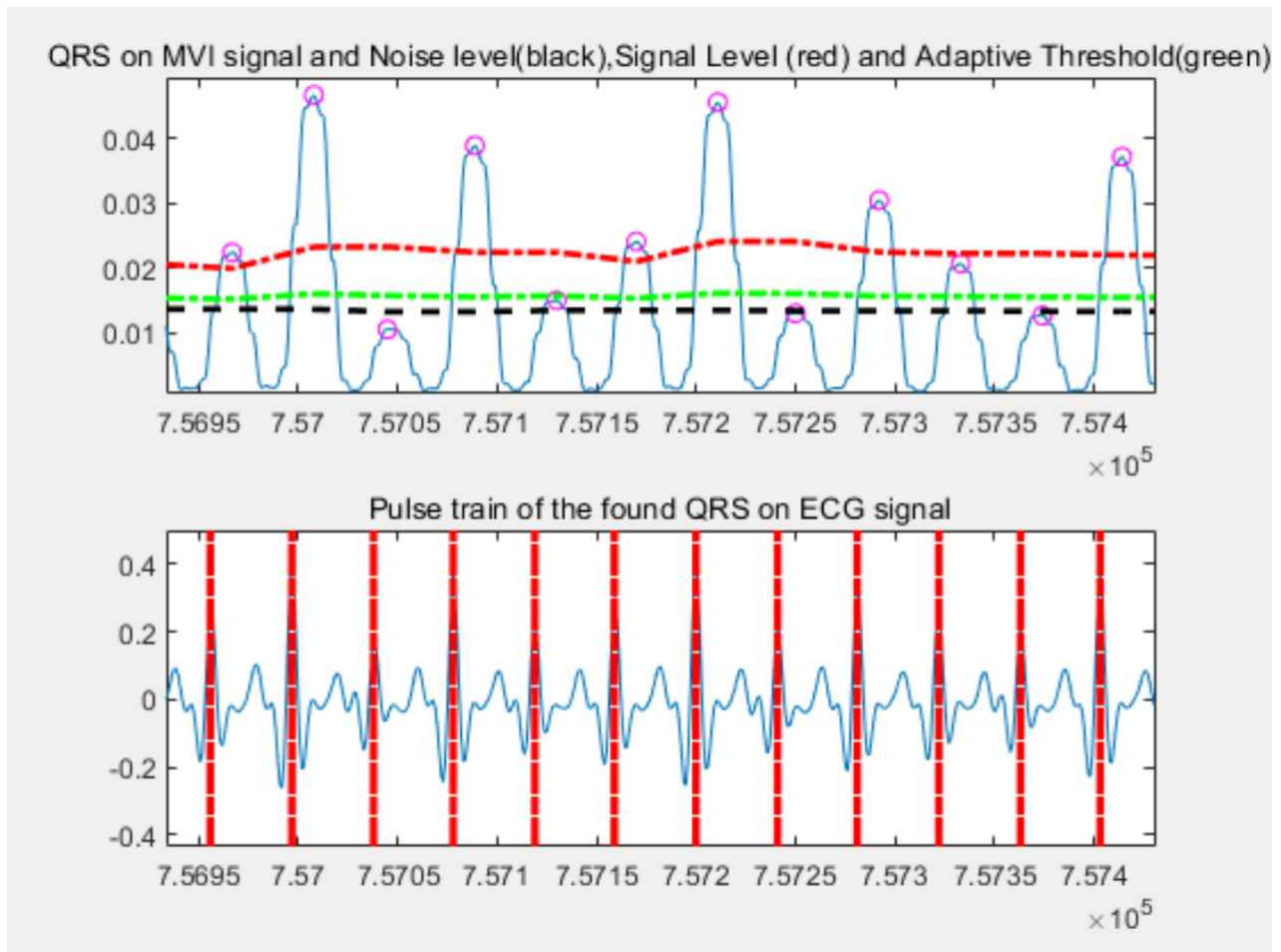
<Fig 4. IIR High-pass filter를 적용한 ECG data>



<Fig 5. IIR Low-pass filter를 적용한 ECG data>



<Fig 6. Pan-tompkins 함수를 이용한 ECG 데이터의 전처리>

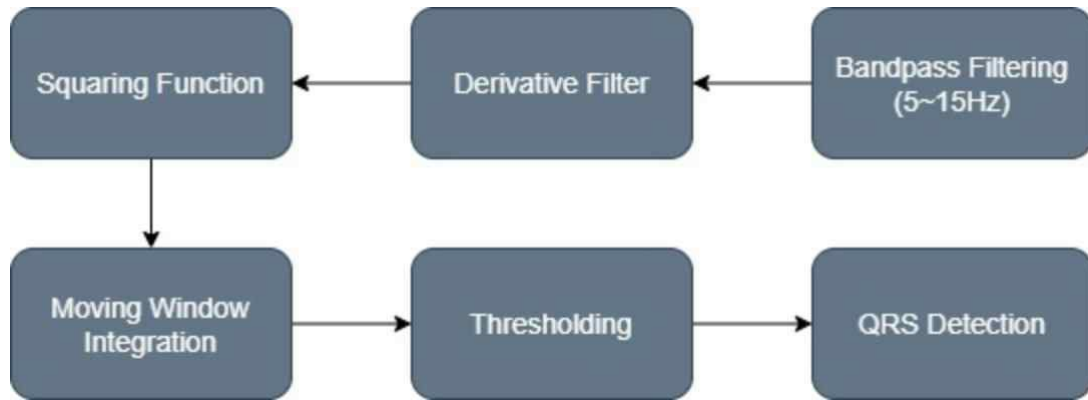


<Fig 7. R-peak 및 QRS complex 검출>

[설명]

ECG Raw data의 전원에 의한 노이즈를 제거하기 위해 cut off frequency가 60Hz인 5차 IIR 버터워스 notch 필터를 설계하여 적용한 후 DC 성분을 제거하기 위해 cut off frequency가 0.5Hz인 5차 IIR 버터워스 High-pass 필터를 설계하여 적용한다. 그 후 cut off frequency가 30Hz인 5차 IIR 버터워스 Low-pass 필터를 설계하여 적용하여 필터링을 통해 원하는 QRS Complex의 정보를 포함한 대역만을 설정하였다.

그 후 pan_tompkins_R_peak 함수를 통해 R-peak와 QRS complex를 추출하였다. pan_tompkins_R_peak 함수의 알고리즘은 다음과 같다.



<Fig 8. pan_tompkins_R_peak 함수의 알고리즘>

bandpass filter의 대역폭을 5~15Hz로 설정한 이유는 Baseline wander와 muscle noise의 제거와 QRS complex가 주로 10Hz에 집중되어있기 때문이다. 그 후 QRS complex를 강조하기 위해 파형의 급격한 변화를 강조하는 차분 필터를 적용한다. 차분 필터의 $H(z)$ 는 다음과 같다.

$$H(z) = \frac{1}{8T}(-z^{-2} - 2z^{-1} + 2z + z^2)$$

그 후 Dominant peak, 혹은 high frequency 성분을 강화하여 QRS complex 검출을 용이하게 하기 위해 Point-by-point squaring을 통해 비선형 변환을 한다. moving window integral을 적용하여 smoothing을 진행한다. 마지막으로 QRS complex를 식별하기 위해 adaptive Threshold를 설정한 후 QRS complex를 검출하였다. 이 Threshold값 보다 클 경우 R-peak로 감지하여 표시하였다.