

[문제 2번] 중력파 데이터 분석 및 모수 추정

- 총점: 100점
- 풀이방법: 문제에서 제시한 출력을 위한 프로그램을 작성하여 소스코드 와 출력파일을 제출한다.
- 코드 작성시 유의사항
 - 사용언어: Python 3.9.15
 - 코드작성 셀에서만 코드를 작성하고 [사용패키지] 및 [출력코드]는 수정하지 않는다.
 - 추가 사용할 패키지는 코드작성 셀에 작성한다.
 - 문제 풀이를 위한 중력파 신호 데이터는 다음과 같다.
 - 문제 2-1 ~ 2-4
 - strain data file = `GWNR_Prob2A_H1.gwf`
 - channel name = `H1:GWNR2023`
 - 문제 2-5
 - strain data file = `GWNR_Prob2B_H1.gwf` , `GWNR_Prob2B_L1.gwf`
 - channel name = `H1:GWNR2023` , `L1:GWNR2023`
- 코드 제출시 유의사항
 - 소스코드 `GWProb_Q_NN.ipynb` 를 제출한다.
 - 소스코드를 제출하지 않는 경우 0점 처리한다.
 - 특별히 적시한 내용이 없을시에는 모든 출력파일은 소수점 아래 셋째자리까지 출력한다.
 - 출력파일은 다음의 파일명을 가진다.
 - `GWQ1_A_NN.txt`
 - `GWQ2_A_NN.txt`
 - `GWQ3_A_NN.txt`
 - `GWQ4_A_NN.txt`
 - `GWQ5_A_NN.txt`
 - 소스코드 및 출력파일의 NN에는 자신의 팀 번호를 적는다.
 - 소스코드 및 출력파일은 다음과 같이 git을 통해 제출한다.

```
$ git add .
$ git commit -m "I have solved all problems"
$ git push
```

- 제공 시스템
 - CPU: Intel Xeon E5-2650 v3 2.3GHz 4 cores
 - Memory: 8 GB
 - 운영체제: Centos Linux 7.8
 - 채점은 제공된 시스템과 동일한 환경에서 진행된다.
 - 패키지 버전
 - gwosc 0.6.1
 - gwpy 3.0.2
 - pycbc 2.0.5
 - bilby 1.1.5

2-1. [10점] 정보 추출

주어진 중력파 데이터 (`GWNR_Prob2A_H1.gwf`)의 시작시간, 종료시간, sampling rate, 데이터의 길이를 출력하는 코드를 작성한다.

사용 패키지

```
from pycbc import frame
```

출력 코드

- 출력변수의 순서는 시작시간, 종료시간, sampling rate, 데이터의 길이 순서이다.
- 출력 변수는 다음과 같다.
 - 시작시간: `start_time`
 - 종료시간: `end_time`
 - sampling rate: `sample_rate`
 - 데이터의 길이: `duration`

```
f= open("GWQ1_A_NN.txt","w+")
f.write("{:.3f} {:.3f} {:.3f} {:.3f}".format(float(start_time), float(end_time), sample_rate, duration))
f.close()
```

채점 기준

- 배점
 - 시작시간: 2.5점
 - 종료시간: 2.5점
 - sampling rate: 2.5점
 - 데이터의 길이: 2.5점
- 데이터로 부터 추출한 정보이므로 정확히 값이 일치할 경우 점수가 부여된다.

2-2. [20점] Q-transform

주어진 중력파 데이터 (`GWNR_Prob2A_H1.gwf`)로 부터 Q-transform을 생성하여, Q-transform으로 부터 병합 시간을 확인하여 출력코드에 입력한다.

사용 패키지

```
from pycbc import frame
import matplotlib.pyplot as plt
%matplotlib inline
```

출력 코드

```
f= open("GWQ2_A_NN.txt","w+")
mergeTime = input("Q-trasform에서 병합시간을 확인하여 입력 하세요 (소수점 둘째자리까지 입력하세요.) : ")
f.write("{:.2f}" .format(float(mergeTime)))
f.close()
```

채점 기준

- Q-transform 생성: 10점
 - Q-trasform 생성을 통해 chirp sigal을 확인 가능한 경우 10점
- 병합시간: 10점
 - 병합시간은 Q-trnsform으로부터 읽어와야 하므로 병합시간내에 든 경우 10점 (정확한 병합시간 +-0.5s 오차허용)
 - 단, Q-transform을 생성하지 않고 병합시간만 입력할 경우, 병합시간 점수 인정하지 않음.

2-3. [20점] SNR (Signal to Noise Ratio)

주어진 중력파 데이터 (GWNR_Prob2A_H1.gwf)로 부터 PSD (Power Spectrum Density)와 주어진 조건의 template을 이용하여 SNR을 계산하는 코드를 작성하고 SNR값을 출력한다. SNR이 값이 높게 나올때의 정확한 신호의 시간도 함께 출력한다.

- Template waveform 조건
 - 파형 = IMRPhenomPv2
 - mass1 = 35
 - mass2 = 30

사용 패키지

```
from pycbc import waveform
from pycbc import frame
import matplotlib.pyplot as plt
%matplotlib inline
from pycbc.psd import interpolate, inverse_spectrum_truncation
from pycbc.filter import matched_filter
import numpy as np
```

출력 코드

- 데이터의 출력순서는 SNR, 이벤트시간 순서이다.
- 출력변수는 다음과 같다.
 - SNR : snr_peak
 - 이벤트시간 : time

```
f= open("GWQ3_A_NN.txt","w+")
f.write("{:.3f} {:.3f}" .format(snr_peak, time))
f.close()
```

채점 기준

- 배점
 - template 파형생성: 2.5점
 - PSD 계산: 2.5점
 - 이벤트시간: 5점
 - SNR 계산: 10점
- 이벤트시간과 SNR 값의 오차가 0.05이내이면 점수 주어진다.
- 단, template 파형과 PSD가 출력되지 않으면, 이벤트시간과 SNR 값의 점수를 인정하지 않음.

2-4. [20점] 중력파 모수 추정 I

주어진 중력파 데이터 (GWNR_Prob2A_H1.gwf)로부터 Bilby 를 활용한 중력파 모수추정을 수행하여 여러매개 변수중 chirp mass, luminosity distance의 posterior의 Median 값을 출력하는 코드를 작성하고, chirpmass와 distance의 median값을 순서대로 출력한다. 또한 Bilby 의 결과를 통해 얻은 Bayes factor를 입력한다.

- prior는 bilby.gw.prior.BBHPriorDict() 를 사용한다.

사용 패키지

```

from gwpy import timeseries
from gwpy.timeseries import TimeSeries
import bilby
from bilby.gw.conversion import convert_to_lal_binary_black_hole_parameters, generate_all_bbh_pa
import numpy as np

```

출력 코드

- 데이터의 출력순서는 chirp mass의 median value, luminosity distance의 median value, Bayes factor 순서이다.

```

f= open("GWQ4_A_NN.txt","w+")
mc_median = float(input("chirpmass의 median값을 입력하세요 : "))
distance_median = float(input("distance의 median값을 입력하세요 : "))
bayes_factor = float(input("Bilby결과에서 bayes_factor 입력하세요 : "))
f.write("{:.3f} {:.3f} {:.3f}" .format(mc_median, distance_median,bayes_factor))
f.close()

```

채점 기준

- 배점
 - chirp mass: 10점
 - luminosity distance: 10점
- 출제자가 선정한 기준값에서 10%이내: 8점. 그 중 Bayes factor가 큰 순서대로 +2, +1씩 차등 점수를 부여한다. 즉, 10점(1팀), 9점(1팀), 8점(그 외)
- 출제자가 선정한 기준값에서 20%이내: 5점. 그 중 Bayes factor가 큰 순서대로 +2, +1씩 차등 점수를 부여한다. 즉, 7점(1팀), 6점(1팀), 5점(그 외)
- 출제자가 선정한 기준값에서 30%이내: 2점. 그 중 Bayes factor가 큰 순서대로 +2, +1씩 차등 점수를 부여한다. 즉, 4점(1팀), 3점(1팀), 2점(그 외)

2-5. [30점] 중력과 모수 추정 II

주어진 중력파 데이터 (`GNR_Prob2B_H1.gwf` , `GNR_Prob2B_L1.gwf`)로부터 SNR을 구하고, `Bilby` 를 활용한 중력파 모수추정을 수행하여 여러개 변수중 chirp mass, luminosity distance의 posterior의 Median 값을 출력하는 코드를 작성하고, chirpmass와 distance의 median값을 순서대로 출력한다. 또한 `Bilby` 의 결과를 통해 얻은 Bayes factor를 입력한다.

- Template waveform 조건
 - 파형 = `IMRPhenomPv2`
 - mass1 = `10`
 - mass2 = `10`
- `Bilby` 모수추정시 주어진 중력파 데이터(H1, L1) 검출기 2개를 모두 사용해야 한다.(1개의 검출기 데이터만을 사용할 경우 -10점 감점)
- prior는 `bilby.core.prior.PriorDict()` 를 사용한다.

사용 패키지

- 문제 2-1 ~ 문제 2-4의 사용 패키지를 적절히 활용하여 작성한다.

출력 코드

- 데이터의 출력순서는 SNR, chirp mass의 median value, luminosity distance의 median value, Bayes factor 순서이다.

```
f= open("GWQ5_A_NN.txt","w+")
snr=float(input("SNR값을 입력하세요 : "))
mc_median = float(input("chirpmass의 median값을 입력하세요 : "))
distance_median = float(input("distance의 median값을 입력하세요 : "))
bayes_factor = float(input("Bilby결과에서 bayes_factor 입력하세요 : "))
f.write("{:.3f} {:.3f} {:.3f} {:.3f}" .format(snr,mc_median, distance_median,bayes_factor))
f.close()
```

채점 기준

- 배점
 - SNR: 10점
 - chirp mass: 10점
 - luminosity distance: 10점
- SNR값의 경우 오차가 0.05이내이면 점수 주어진다.
- 출제자가 선정한 기준값에서 10%이내: 8점. 그 중 Bayes factor가 큰 순서대로 +2, +1씩 차등 점수를 부여한다. 즉, 10점(1팀), 9점(1팀), 8점(그 외)
- 출제자가 선정한 기준값에서 20%이내: 5점. 그 중 Bayes factor가 큰 순서대로 +2, +1씩 차등 점수를 부여한다. 즉, 7점(1팀), 6점(1팀), 5점(그 외)
- 출제자가 선정한 기준값에서 30%이내: 2점. 그 중 Bayes factor가 큰 순서대로 +2, +1씩 차등 점수를 부여한다. 즉, 4점(1팀), 3점(1팀), 2점(그 외)