

## Constant Q Filter Bank Analysis

- 다양한 스펙트럼 분석 방법은 constant Q filter bank 방법으로 구분되어 질 수 있음
- auditory transform (Stautner 1983) 혹은 bounded-Q frequency transform (Mont-Reynaud 1985a; Chafe et al. 1985)로 불림
- Wavelet transform도 constant Q 로 분류됨
- $Q = f/B$  f : 중심주파수(Center Frequency), B : 주파수 대역(Bandwidth)

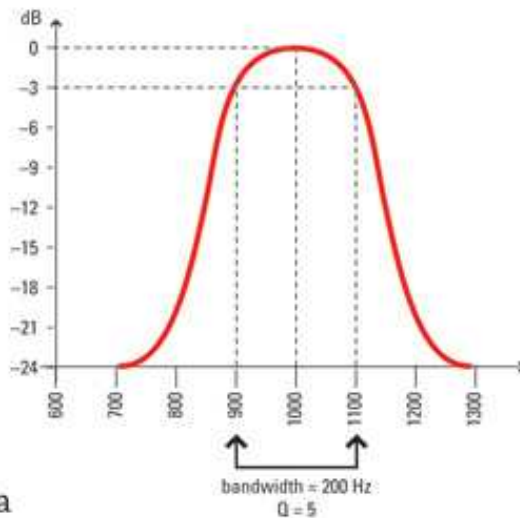
$$Q = \frac{f_{center}}{f_{highcutoff} - f_{lowcutoff}}$$

$f_{center}$ 는 필터의 센터 주파수

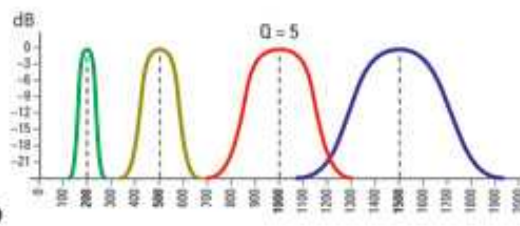
$f_{highcutoff}$ 는 3dB 위 지점

$f_{lowcutoff}$ 는 3dB 밑의 지점

-> 높은 주파수 영역의 bandwidth가 낮은 주파수 영역의 bandwidth보다 넓음



3a



3b

[그림 1] bandpass filter의 Q 값

### Constant Q Versus Traditional Fourier Analysis

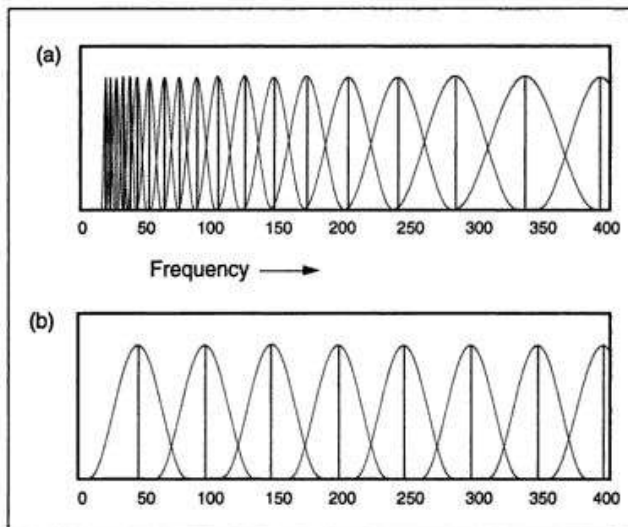
- constant Q filter bank는 푸리에 분석과 다르게 logarithmic 스케일을 사용하여 분석

1. Fourier analysis

- 스펙트럼을 동일한 간격의 공간인 frequency bin으로 분할  
bin의 width는 bin의 숫자에 의해 동등하게 나누어짐
- 1024-point FFT, SR 48000KHz 경우 frequency bin  
24000/1024 즉 23.43Hz의 넓이
- FFT의 결과를 logarithmic 스케일로 변환하면 낮은 주파수 영역에서 해상도가 떨어진다.  
E1(41.2Hz)와 F1(43.65Hz)를 분리하기 위해서는 긴 윈도우 사이즈가 필요(214 혹은 16384  
샘플이 필요)
- 낮은 주파수 영역의 해상도를 높은 주파수 영역에서 적용하는 것은 시스템 낭비이다.  
인간이 10-20KHz 주파수 영역에서 2.45Hz의 차이를 구분하는 것은 매우 어려운 일이다.

2. constant Q transform

- bandwidth가 중심 주파수와 비례적으로 바뀜
- 낮은 주파수 영역에서는 좁은 bandwidth를, 높은 영역에서는 넓은 bandwidth를 가짐
- Figure 13.19 constant Q filter vs Fourier techniques



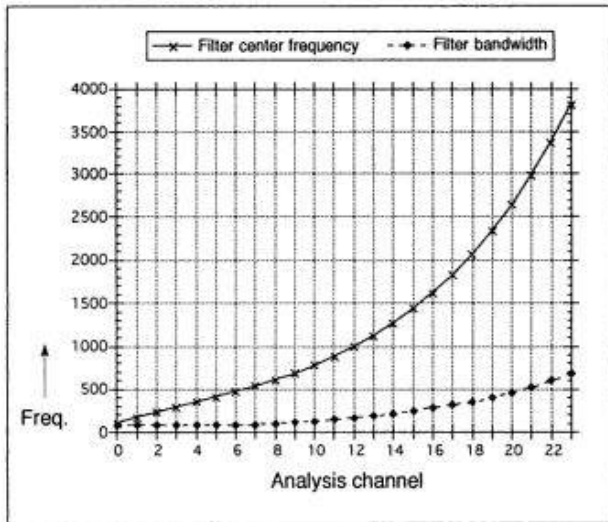
(a) constant Q를 사용하여 1/4 옥타브의 해상도를 확보

(b) Fourier filter : 모든 밴드가 46Hz

: 낮은 주파수 영역에서 constant Q의 해상도를 가지지 못함

- constant Q filter bank는 시간과 주파수 해상도의 불확실성을 피하지 않음
- constant Q analysis의 윈도우의 길이는 frequency가 analyzed 됨에 따라 변화  
낮은 주파수에서는 길게 윈도우로 분석되어지고 높은 주파수는 짧은 윈도우로 나타남
- 낮은 주파수 영역에서는 주파수 해상도를, 높은 주파수 영역에서는 시간 해상도를 확보  
: 낮은 주파수 영역에서는 타임 레졸루션의 불확실성이 나타남  
: 대개 transient는 높은 주파수 영역에 포함되는 경향을 보임  
: high frequency에서 time localization의 이점이 있고 low frequency에서는 frequency localization의 이점이 있다

- 인간 귀의 주파수 특성과 비슷한 특성을 가지고 있음(특히 500Hz이상에서 : Scharf 1961, 1970)
- auditory system은 주파수 영역에 따라 bandwidth가 바뀌는 filter bank analysis의 형태로 실행 : critical band
- figure 13.20



- center frequencies와 23개의 밴드패스 필터 뱅크를 사용한 auditory system의 bandwidth를 나타낸 것
- 1983년 Stautner가 제시한 critical bandwidth 데이터의 근사치에 기본을 두었다
- center frequency : 99 ~ 3806 Hz, 23 channel
- bandwidth : 80 ~ 700Hz(critical band와 인간의 귀와 유사)

### Implementation of Constant Q Analysis

- constant Q analysis를 사용하는 방법
- bandwidth를 center frequency의 비율에 맞게 사용
- 여러 개의 필터에서 출력되는 아웃풋을 측정하면 인풋 신호를 정확하게 추정 가능
- 이러한 시도는 FFT 계산과 같은 능률성을 보여주지 못한다는 문제점을 지니고 있음
- 때문에 전통적인 FFT 방법에 의해 생성된 데이터를 기반으로 constant Q analysis를 구성 (Nawab, Quatieri and Lim 1983)
- 혹은 FFT의 필터를 수정한 형태인 "frequency warping"과 같은 방법을 사용(Musicus 1984)
- constant Q filter 알고리즘은 FFT와 같이 효율적이지 못함
- constant Q filter band의 또 다른 이슈는 가역성
- 일반적으로 constant Q filter band는 resynthesis 방식을 포함하지 않음

#### 참고문헌 및 사이트

Curtis Roads, *The Computer Music Tutorial*, pp. 578~581

#### 작성자

박상범 (박사과정, 7기)