

최대 엔트리법을 이용한 음향 신호의 특징 피크의 검출

성종훈, 김영길

아주대학교 전자공학부

Feature detection of peaks of sound signal using MEM

Jong-hoon Sung, Young-kil Kim

Dept. of E.E., Ajou University

E-mail : atom7@madang.ajou.ac.kr

요 약

보통 음향 신호를 분석을 할 때에 시간영역의 신호를 주파수영역의 신호로 FFT 변환을 해서 분석을 한다. 이렇게 단순히 FFT를 해서 주파수영역의 신호에서 어떤 특징적인 점을 찾기가 매우 어렵다. 그래서 원 신호를 FFT를 하지 않고 선형 예측 분석이라는 방법을 적용하여 신호에 특징적인 피크 점들을 구하면 쉬운 방법이 된다.

본 논문에서는 이러한 음향의 신호를 분석을 할 때에 선형 예측 분석법을 이용하면 신호에서 특징적인 피크들을 구하기가 용이함을 보이고 신호의 특징 피크 점들을 통계적으로 처리하여 분석을 해보았다.

I. 서 론

음향 신호를 분석할 때 시간영역의 신호를 주파수 영역의 신호로 변환을 하여 그 음향 신호에서 특징들을 검출을 하거나 뉴럴 알고리즘을 이용하여 분석되어 진다. 그러나 이러한 음향 신호를 분석할 때 일반적인 시간 영역에서의 음향의 신호를 FFT하면 신호의 모양이 상당히 분석하기가 매우 어렵다. 그리하여 주파수 영역의 신호를 평활화 해주는 방법이 필요하다. 이러한 방법으로 저역 통과 필터를 이용하거나 다른 여러 가지 방법이 있다. 그러나 이러한 방법은 원 신호에 왜곡을 많이 주게 되므로 적합하지 않다.

본 논문에서는 최대 엔트로피 법이라고도 하는 선형 예측 분석법을 이용하여 시간 영역에서 표시된 신호를 원 신호의 왜곡을 최소로 하여 주파수 영역에서 특징 피크 점들을 더욱 잘 나타나게 하고 검출 알고리즘을 이용하여 특징 피크들을 검출을 한다.

이렇게 검출된 특징 점들을 하나의 원 신호에 대하여 정리를 하면 각각 다른 신호마다 차이점들이 있다. 여기서의 신호는 어떤 물질은 내부와 외부가 서로 다른 밀도를 가지고 있으므로 그 물질에 충격을 가하게 되면 각 밀도에 따라 나타나는 파형이 달라진다. 즉 신호는 각 밀도가 다른 매질에 따른 공진 주파수를 합성한 것이 된다. 이러한 신호의 특징은 음성의 신호에서와 같다고 할 수 있다. 음성의 신호는 여러 가지 중심 주파수를 갖는 공진기를 합성한 신호라 할 수 있다. 이러한 음성의 신호를 분석을 할 때에 주파수 영역에서 공진기의 중심 주파수를 나타내기가 매우

어렵다. 이때에 선형 예측 분석법을 이용하여 신호를 표현하면 공진의 주파수가 더욱 잘 표시가 된다.

이러한 방법은 실생활에서도 우리가 많이 쓰이고 있고 음향 신호를 분석하기 위한 방법에서 연구되어진다.

이것은 우리가 수박의 속도가 어느 정도 되는지 손으로 수박을 쳐서 나는 소리를 판별을 하는 것과 같이 이러한 신호를 입력받아 주파수 영역에서 분석한다. 이때에 이러한 방법을 이용하면 단순히 FFT하는 것보다 더욱 정확한 값을 얻을 수 있다.

II. 본 론

음성의 신호 또는 매질이 다른 물체에서 공진하는 신호를 선형 예측 분석법에서는 다음과 같이 가정을 할 수 있다.

$$y[n] = - \sum_{k=1}^M a_k y[n-k] - x[n] \quad (1)$$

여기서 $x[n]$ 은 시스템의 입력신호이다.

$y[n]$ 은 시스템에서 $x[n]$ 을 입력했을 때의 출력 신호이다.

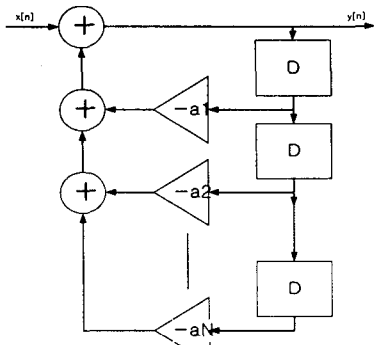


그림 1.. 식 (1)의 시스템 블록도

이러한 시스템은 IIR 필터와 유사한 모양을 하고 있다. 여기서 입력 신호는 공진의 특성을 가진다고 가정을 한다. 입력 $x[n]$ 을 임펄스로 생각하면 그 Z변환은 1이므로 전달함수는 다음과 같다.

$$H(z) = \frac{1}{1 + \sum_{k=1}^N a_k z^{-k}} \quad (2)$$

전달함수는 영점을 가지지 않는 극점만 가지는 IIR 필터의 형태가 된다.

여기서 a_k 을 구하는 것은 신호 $y[n]$ 을 발생하는 시스템의 주파수 특성을 구하는 것과 같다. 결국, $y[n]$ 의 스펙트럼을 구하고 있는 것과 같은 것이다. 예측 계수 a_k 을 구하는 방법이 선형 예측 법이라 한다. 이와 같이 선형 예측 법에서 쓰이는 신호는 IIR 필터에 어떤 임펄스를 입력했을 때의 출력이라 할 수 있다. 이러한 시스템 즉 필터의 구성을 표현하면 다음과 같다.

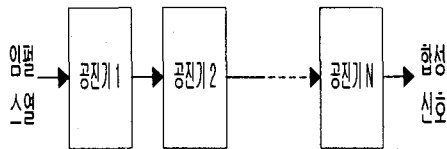


그림 2. 공진기를 종속 접속한 시스템

식 (2)에서 $z = e^{j\omega T}$ 라하고 a_k 의 첫 항을 $a_0 = 1$ 로 하면 분모는 다음과 같이 된다.

$$\sum_{k=0}^N a_k \exp(-j\omega kT) \quad (3)$$

위의 같은 식은 DFT의 식과 유사하므로 FFT를 이용할 수 있다. 이와 같이 선형 예측 분석 방법

은 예측 계수 a_k 을 구하는 것이다.

여기서의 시스템은 행렬 연산을 기본으로 하는 Levinson 알고리즘으로 구현된 MATLAB의 Signal Processing Toolbox 함수를 이용하여 신호를 처리하였다. Levinson 알고리즘은 자기 상관 함수를 이용하여 파워 스펙트럼을 구한 다음 예측 계수를 구하는 것이다.

실험을 할 때에 쓰이는 신호는 마이크로폰에서의 출력 신호를 데이터 수집 보드를 이용하여 컴퓨터에 저장되어 진다. 그리고 저장된 데이터를 MATLAB 프로그램을 이용하여 처리를 하였다.

다음에 나타난 신호의 그림은 수박에 적당한 힘으로 타격을 할 때에 나타나는 신호의 파형이다.

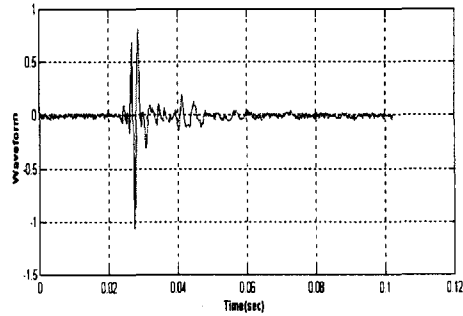


그림 3. 시간 영역에서 진동의 파형

그림 3의 입력 신호를 5kHz로 샘플링 한 것이다. 시간 영역에서의 신호에서 어떤 물질 내부의 특성은 보통 신호의 시작점과 끝점의 시간과 최대 피크의 값에 표현되어 진다. 분석을 좀더 하기 위해서는 주파수 영역에서 분석을 하여야 한다. 다음의 그림은 시간영역에서의 신호를 주파수 영역에서의 신호로 변환을 한 것이다.

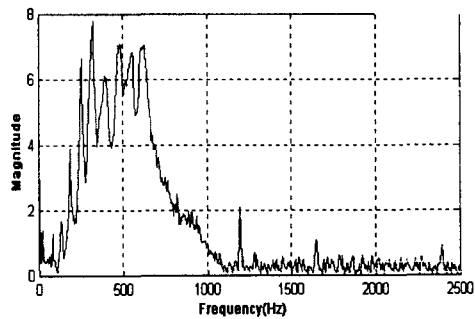


그림 4. 주파수 영역에서 진동의 파형

그림 4는 그림 3의 입력 신호를 FFT를 한 것이

다. 그리고 그 신호의 최대 값에 대하여 정규화를 하였다. 이와 같은 신호에서 분석을 할 때에 주파수영역에서 적분 또는 최대 피크의 점들을 계산하여 분석을 한다. 이러한 신호의 값을 이용하여 1차 미분을 하여 값이 영이 되는 위치는 우리가 원하는 위치의 피크의 점들을 가르치지 않는다. 그래서 주파수 영역에서 평활화의 과정이 필요하다. 다음 그림은 그림 3의 원 신호를 선형 예측 분석법을 이용하여 주파수 영역에서 나타낸 그림이다.

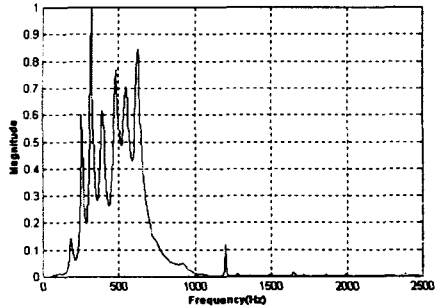


그림 5. 선형예측분석법을 이용한 출력 신호

그림 5는 선형 예측 분석법을 이용하였다. 그리고 0-50Hz의 저주파 대역은 차단을 하였다. 그림 4와 5를 비교하여 보면 500Hz 대의 피크들은 더욱 표현이 잘 됨을 알 수 있다. 그림 5는 MEM 함수의 차수를 80차수로 하여 계산을 한 것이다. 여기서 차수가 낮아지면 출력 파형이 전체적으로 평탄해 진다. 또한 차수가 높아지면 일반적으로 FFT를 한 것과 거의 비슷해진다.

다음의 그림은 그림 5의 출력 신호에서 특성 피크 점들을 검출하여 표시한 그림이다. 여기서 검출 알고리즘은 1차 미분을 하여 값의 변화를 이용한다.

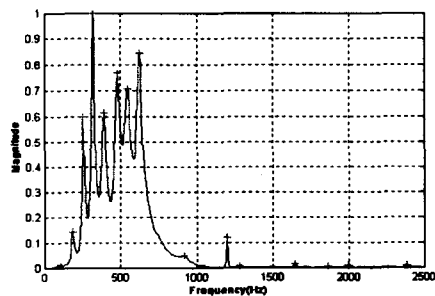


그림 6. 출력 신호에서 피크들의 검출

위 그림에서 보는바와 같이 특징적인 피크들이 검출되었다. 각 피크들은 그 물질의 내부와 외부

의 밀도 등이 다르기 때문에 외부에서의 일정한 충격에 대하여 각각의 피크들이 발생되어진다.

이와 같이 선형 예측 분석법은 공진 특성에 주목한 분석법이다. 어떤 물질의 내부와 외부 매질이 서로 다름에 따라 그 물질의 진동 특성이 다르다. 이러한 물질들의 진동을 측정하여 주파수상에서 나타내어 보면 매질에 따라 특징이 지어짐을 알 수 있다.

III. 결 론

이렇게 측정되어진 피크의 값들을 각각의 신호에 대하여 자료를 분류를 하면 그 물질마다 각 피크의 주파수와 크기가 다름을 알 수 있다.

어떤 신호는 주파수 영역에서 매우 불규칙하여 특징 점을 찾기가 어려운 경우가 많다. 본 논문에서는 이러한 신호를 선형 예측 분석법을 이용하여 원 신호의 변형을 최소화하여 분석을 할 수 있고 각 검출된 피크를 자료화를 하면 입력되는 신호를 인식하는데 더욱 용이함을 알 수 있다.

현재에는 이러한 음향 신호를 분석하기 위한 방법들이 음성 분석에만 이용되는 것이 아니라 다른 여러 가지에 이용되고 있다. 그 예로서 달걀의 크랙을 검출, 수박의 숙도를 판정, 소의 병의 감염의 유무등에 이용되어 진다. 이것은 또한 어떤 물체를 분해하지 않고 내부의 상태를 알 수가 있다.

IV. 참고문헌

- [1] Emmanuel C. Ifeachor, Digital Signal Processing 1993.
- [2] MATLAB Signal Processing Toolbox User's Guide Version 4. 1996..
- [3] 박선호, DSP 응용 실무 Digital Signal Processing
- [4] Shoichiro Nakamura, Numerical, Analysis and Graphic Visualization, 1996.]