

# LP 레코더의 음향 특성

이 치 환  
위덕대학교 전자공학과

## Acoustic Characteristics of LP Records

Chi Hwan Lee  
Dept. of Electronic Eng., Uiduk Univ.

### ABSTRACT

LP레코더의 음향 특성은 기록과 재생 방법에 따라 달라지며 공학적 기준 설정이 어렵다. 본 연구는 LP 레코더와 카트리지의 관계로부터 주파수 특성을 분석하고 LP 레코더 특성의 모의 장치를 구현하였다. 카트리지에 의해 나타나는 주파수 특성은 차단 주파수 12[kHz] 부근에서 부족 뎀핑을 보이며 이후 약 -80[dB/dec]로 감소하게 된다. 4차 체비세프 필터를 이용하여 모의 장치를 구성하고 CD 음원의 소리를 모의장치에 통과시켜 LP 레코더와 유사한 음향을 재현하였다. 12[kHz]로 대역 제한된 사운드가 20[kHz] 대역 보다 우수한 음장감을 나타내었다.

### 1. 서론

1920년대 개발된 그라모폰 레코더는 에디슨의 실린더 레코더를 대체하고 21세기에서도 여전히 인기를 누리고 있다. 현재의 LP 레코더는 1948년 콜롬비아 레코더에서 모노 형태로 소개되었고 스테레오 형태는 1958년에 개발되었다. LP 레코더는 낮은 주파수는 압축하고, 높은 주파수는 신장시킨 신호를 기록하므로 음향신호 재생을 위해서는 반드시 1954년 제정된 RIAA 곡선을 따르는 필터를 사용해야 한다.

LP 레코더에서 신호를 검출하는 카트리지는 많은 종류가 있으나 현재는 moving magnet(MM) 및 moving coil(MC)가 주로 사용된다. MM은 MC보다 높은 수[mV] 출력전압을 제공하므로 많이 사용되며, MC는 보다 우수한 음향특성이 있다.

LP 레코더 음악의 특징은 디지털 매체인 CD 보다 청음상 부드럽고 실제감이 우수하다고 표현된다. 이러한 특징은 대부분 카트리지와 스타일러스 바늘의 기계적 성능에 기인한다. 스타일러스 바늘의 직경과 소리골의 파장 길이는 매우 중요한 관계를 가진다. 바늘의 모양에 따라 재생음이 달라진다고 알려져 있다.

본 연구는 스타일러스 바늘과 LP 소리골의 기계적

운동에서부터 주파수 특성을 분석하고, 유사한 모의 장치를 4차 체비세프 필터로 구현하는 것이다. 아날로그 회로를 통한 12[kHz] 저역통과 필터 구현으로 디지털 음원 재생 오디오 시스템에서 LP 음의 효과를 부가할 수 있었다.

### 2. LP 레코더

12인치 LP 레코더는 그림1과 같다. 회전속도 33 1/3[rpm]이며 소리골은 최대 반경 14.6[cm]에서 시작하여 6[cm]까지 사용된다. 약 460[m] 길이의 소리골을 갖는다. 동일 주파수에 대해 최대 외경 위치에서 가장 긴 소리골 파장이 생성되며 반경이 작아지면 소리골 파장 길이가 비례하여 감소된다. 소리골의 깊이가 해당 주파수의 진폭에 해당한다. 일반적으로 가장 중요한 음악을 첫 번째 트랙에 기록한다.

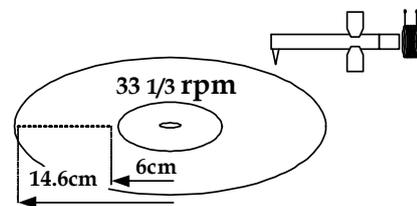


Fig. 1 LP record format

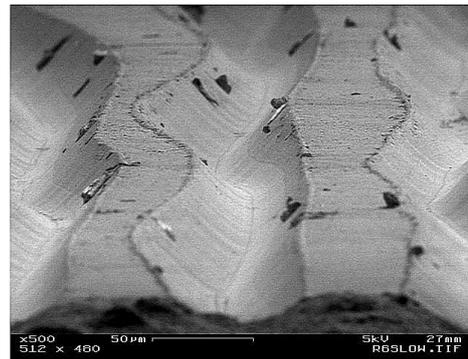


Fig. 2 Groove of LP record

그림2는 소리골을 500배 확대한 것이다. 카트리지에서 소리골에 접촉되는 스타일러스 바늘의 직경은 0.013~0.018[mm]이며, 그림3과 같은 소리골을 따라 바늘이 움직인다. 이때 바늘의 직경이 충분히 소리골 파장에 비해 작은 경우는 완전한 신호 획득이 가능하다. 기록된 음원의 주파수가 상승하면 소리골의 파장은 짧아지고 바늘의 직경이 소리골 운동 진폭을 제한한다.

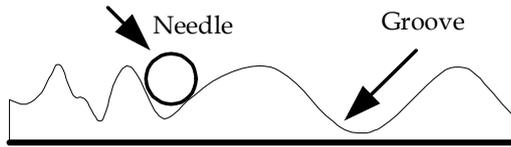


Fig. 3 Stylus needle on groove

Table 1 Wavelengths of LP groove

주파수 [kHz]	위치 [반경 mm]		
	146 [mm]	100 [mm]	60 [mm]
1	0.523	0.349	0.209
5	0.105	0.070	0.042
10	0.052	0.035	0.021
15	0.035	0.023	0.014
20	0.026	0.017	0.010

표1은 주파수에 대한 소리골 파장을 보인다. 주파수 20[kHz]의 경우 외각에서는 0.026[mm]이며 반경 60[mm]에서는 0.010[mm]이다. 만약 바늘이 0.018[mm]이면 반경 100[mm]안의 소리골에서는 20[kHz] 재생이 불가능하다. 소리골 파장과 바늘 직경이 같아지면 소리골 신호를 재생 할 수 없게 된다. 바늘 직경이 소리골 파장의 1/2 인 경우, 재생되는 신호는 약 50[%]가 된다. 그러므로 LP 레코더와 스타일러스 바늘의 특성으로 볼 때, 주파수 대역이 제한되며 차단주파수 이상에서 급격한 감쇄 특성을 가진다.

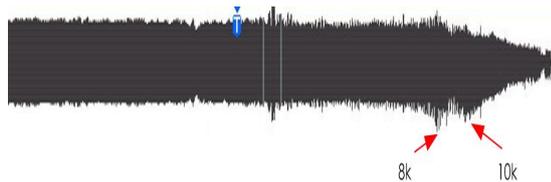


Fig. 4 Frequency response of LP record

LP 레코더의 대표적 주파수 특성은 그림4와 같고, 고역에서 급격한 감쇄 특성이 요구되며 차단주파수

부근에서 리플이 요구된다. 감쇄특성이 -20[dB/oct] 이상 되어야 하므로 필터는 4차 저역통과 필터가 적합하다. 리플 2[dB], 차단주파수 12[kHz], 4차 체비셰프 저역통과 필터의 특성은 그림5와 같고 전달함수는 식(1)이다.

$$H(s) = \frac{5.27e^{18}}{s^4 + 5.4e^4 s^3 + 7.13e^9 s^2 + 2.21e^{14} s + 6.64e^{18}} \quad (1)$$

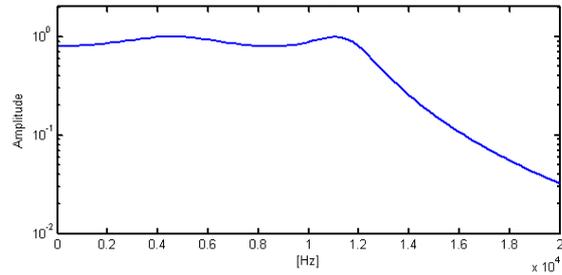


Fig. 5 Bode plot of 4<sup>th</sup> order Chebyshev LPF

신호의 대역이 약 12[kHz]로 제한되지만 대부분의 악기 소리를 포함하며 15[kHz] 이상의 신호는 감쇄되어 음악 신호의 안정된 표현이 가능하다. CD의 44.1[kHz] 샘플링은 14[kHz]이상의 신호 재생에서 저조파가 포함된 불안정 파형을 발생하지만 4차 체비셰프 저역통과 필터로 제거하여 LP 레코더와 유사한 안정된 음향 특성이 얻어진다.

### 3. 결론

본 연구는 LP 레코더의 음향 특성을 모의하는 필터를 설계하여 디지털 음원에서 LP 음향과 유사한 재생 특성을 얻는 방법을 제시하였다. 스타일러스 바늘과 LP 소리골의 기계적 운동에서부터 주파수 특성을 분석하고 유사한 모의 장치를 4차 체비셰프 필터로 구현하였다. 아날로그 회로를 통한 12[kHz] 저역통과 필터 구현으로 디지털 음원 재생 오디오 시스템에서 LP 음의 효과를 부가할 수 있었다.

### 참고문헌

- [1] Douglas Self, Small Signal Audio Design, Focal Press, 2010
- [2] Douglas Self, Audio Engineering: Know It All, Newnes, 2008.
- [3] <http://www.synthgear.com/2010/audio-gear/record-grooves-electron-microscope>