

광소자를 이용한 현 진동 감지 장치 개발

Development of String Vibration Sensing System Using Optical-Element

*#정종관¹, 박영우¹, 김경태¹

*#J. K. Jung(jjk101011@nate.com)¹, Y. W. Park¹, K. T. Kim¹

¹ 충남대학교 BK21메카트로닉스 사업단 메카트로닉스공학과

Key Words : Electro-Acoustic Guitar, Pickup, Optical-element

1. 서론

현재 픽업의 역할은 기타의 소리신호에서 전기 신호를 만들어 내는 것이 아니라 현(string)으로부터 전기신호를 만들어낸다. 이런 연유로 스피커를 통해 나왔을 때 가장 기타의 원음에 가까운 신호를 만들어 낼 수 있는 것이 가장 이상적인 기타 픽업이라 할 수 있다. 기타 픽업은 마그네틱(Magnetic) 픽업과 피에조(Piezo) 픽업 등이 있다. 그러나 기존 픽업은 단점을 갖고 있다.

우선 전자기 유도현상을 이용하는 마그네틱 픽업은 기타 음에 해당하는 전기 신호를 만들어 내기 위해 사용되는 자석과 코일이 현에 자기적 간섭을 주게 되어 현의 움직임을 방해하게 되며, 또한 알려진 바로 60 Hz 근방에서 노이즈 문제가 있다. 다음으로 피에조 픽업은 현과 센서 사이에 물리적 접촉으로부터 신호를 유도해내는 방식이고, 각각의 현이 완전히 독립적인 센서부를 갖지 못함으로 인해 서로 간섭을 줄 수 있게 되며 그 출력신호는 고주파를 많이 포함하고 있어 본래 기타 소리보다 날카로운 소리를 갖는 특성이 있다⁴.

본 연구의 목적은 위에서 언급한 기존 픽업의 문제점들이 없고 기타 현의 재질에 영향을 받지 않는 비접촉식 광 픽업(Optical Pickup) 즉, 광소자(적외선LED, 적외선 트랜지스터)를 사용하여 새로운 방식의 기타 픽업을 개발하고자 한다.

기타의 음역대를 제외한 주파수 성분을 걸러내기 위한 필터를 설계하고, 발광부와 검출부의 미세한 정렬위치에 따른 출력신호의 차이를 해결하기 위하여 상하 이중 발광 구조를 적용하였으며, 각 현에서 나오는 신호를 적절한 밸런스로 맞추어 최종 하나의 신호로 만들어 준다. 위와 같은 구조를 통해서 기타 픽업의 성능 효과의 결론을 도출한다.

2. 현 진동 감지 장치의 구조

2.1 발광부와 검출부의 상하 이중 발광 구조

현재까지 개발되어진 광원, 현 그리고 검출기를 정렬하는 문제를 해결하여 안정된 전기신호를 얻어내기 위한 방법들에는 검출기를 두 개 혹은 그 이상을 사용해 각 검출기를 통해 들어오는 신호차이에 의한 값으로 전기출력신호를 잡아내는데 그런 방법들은 픽업장치에 들어가는 회로를 복잡하게 하고 그에 따라 장치의 부피가 커지게 되는 단점이 있다². 본 연구에서는 광원을 두 개 설치함으로써 정렬의 문제를 해결하여 보다 간단한 구조와 신호처리를 가능하게 했다. 그리고 검출기와 광원을 현의 상하에 위치시킴으로써 기존 방식의 현의 좌우에 정렬시키는 방식으로는 6현을 가진 어쿠스틱 기타에서는 적용하기 힘든 문제와 광원 간의 간섭에 의한 원하지 않는 신호가 나올 수 있는 문제를 해결하였다. 기존 방식은 현의 좌우에 광원과 검출기가 위치하므로 광원간의 간섭이 발생 할 수도 있고 각각의 광원과 검출기 장착을 위한 기판이 개별적으로 필요하게 되나 본 픽업은 상하 정렬구조를 가짐으로 인해 2개의 기판에 모든 검출기와 광원을 장착할 수 있게 되어 간단한 내부구조를 가지며 또한 외부의 빛만을 차단하기 위한 복잡하지 않은 구조로 외부영향을 최소화 하였으며 기타에 설치하기도 간단하고, 현의 교체 역시 쉽다.

현의 움직임을 검출함에 있어서 우리는 두 가지의 관점에서 고려해야한다. 먼저 현이 검출기 면에 수직적으로 움직일 때는 emitter로부터 현까지의 거리가 receiver에 도달하는 빛의 양을

결정한다. 현이 광원에 가까워짐에 따라 검출기에 도달하는 빛의 양은 감소하고 광원과 현과의 거리가 증가하면 검출기에 비춰지는 빛의 양은 증가될 것이다. 다음으로 현이 검출기 면과 평행한 움직임을 보일 때는 각도에 따른 적외선 발광 다이오드의 조도가 검출기 위에 선형적인 분포를 가지며 비추어지게 된다. 검출기 위의 이런 선형적인 분포는 검출기 표면에 현의 평행한 움직임들의 차이를 검출 할 수 있게 한다. 따라서 검출기는 현의 진동에 의해 받아들이는 빛의 양과 밀도가 변하게 되고 그에 상응하는 전류를 출력함으로써 현의 진동을 전기적 신호로 재생하게 된다¹

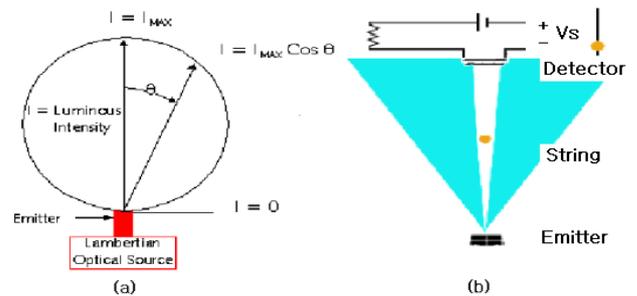


Fig.1 Output Change of String (a) Right and Left (b) Top and Bottom

광 픽업은 적외선 발광 다이오드와 포토트랜지스터 사이에 현이 위치하여 현의 그림자로부터 기타음색에 해당하는 아날로그 신호를 생성해 낸다. 그러나 단일 발광 구조의 광 픽업은 Fig. 2의 출력과 같이 발광부와 검출부의 미세한 정렬 위치에 따른 큰 폭의 변화를 갖는 신호가 출력되는 문제점을 지니고 있다.

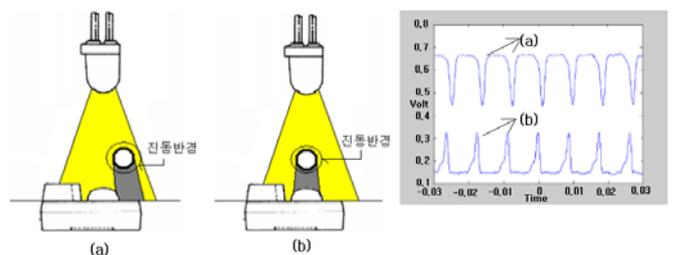


Fig. 2 Single Light Emitting Structure

본 연구에서는 Fig. 3과 같이 두 개의 발광부를 갖는 상하 이중 발광 구조를 적용하여 큰 폭의 변화를 갖는 신호 출력의 문제점을 해결하였다.

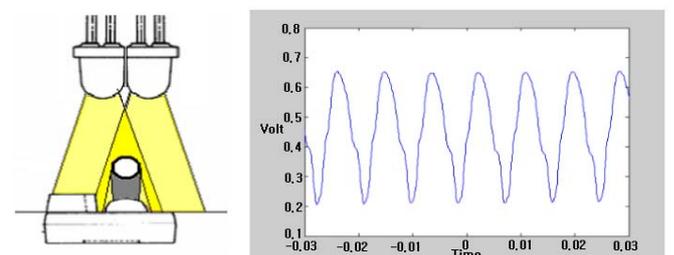


Fig. 3 Double Light Emitting Structure

2.2 음질 향상을 위한 Noise Filter

현의 진동에 의한 음질 향상을 위한 노이즈 필터는 Butterworth 타입의 2차 필터를 설계하였다.

필터 설계시 저역통과 필터의 주파수는 각 현이 낼 수 있는 가장 낮은 음보다 9음 낮은 음에 해당하는 주파수에서 Cut-off 주파수를 정하였고, 고역통과 필터의 주파수는 기타가 낼 수 있는 최고 주파수인 약 1050 Hz 보다 큰 범위에서, 4kHz ~ 6kHz인 근의 주파수 성분에 의한 소리로부터 난청이 유발되므로 5kHz를 Cut-off 주파수로 정하였다.

각 신호의 Amplitude는 현의 굵기와 변위, 그리고 Transducer와의 alignment에 영향을 받으므로 하나의 신호로 만들어짐과 동시에 귀의 민감도를 고려한 증폭비(gain)를 줄 수 있는 합산기 회로를 설계하였다³.

Table 1 Frequency and Cut-off Frequency of String [Hz]

String	#1(E)	#2(A)	#3(D)	#4(G)	#5(B)	#6(E)	
Frquency	82.41 ~ 261.63	110.00 ~ 349.23	146.83 ~ 466.16	196.00 ~ 622.25	246.94 ~ 783.99	329.63 ~ 1046.50	
Cut-off Frequency (Hz)	Low pass	49	65.41	87.31	116.54	146.83	196.00
	High pass	5k	5k	5k	5k	5k	5k

낮은 음의 현일수록, 즉 굵은 현일수록 변위가 커지기 때문에 발생하는 출력신호의 크기 차이가 생긴다. 이때의 신호는 밸런스를 맞춰주지 않고 바로 소리 신호로 바꾸어 줄 수 없으므로 실험을 통해 각 현에서 나오는 신호의 크기에 따른 적절한 증폭비를 산출, 이용하여 조화로운 신호를 만들어준다.

Table 2 Gain and Optical-element Output of String

String	#1(E)	#2(A)	#3(D)	#4(G)	#5(B)	#6(E)
Gain	10	6.7	6.7	6.7	1	1
Output(mV)	300	300	300	400	150	120

3. 실험 및 분석

3.1 픽업의 제작

Fig. 4에서 현 진동 감지 장치의 구조를 포함하는 광 픽업을 제작하여 개선사항을 알아보기 위해 기존 피에조 픽업과의 비교 실험을 통해 광 픽업의 음질 향상을 확인한다.



Fig. 4 Optical Pickup

3.2 픽업별 출력 측정

제작한 픽업을 실제 기타에 설치하여 실험하였다. 픽업의 위치는 사용자의 편의성과 신호의 신뢰성 사이에서 위치하여야 하며 이는 픽업이 위치해야 하는 최적의 자리를 실험을 통해 찾아야 한다. 실제 장착 후 거기서 나오는 신호를 가지고 기존방식인 피에조 픽업의 신호와 주파수 신호 비교 분석을 통하여 그 신뢰성을 검토한다.

Table 3 Distance of Between Sensor and Bridge

Distance(mm)	Vp-p(mV)
10	165
15	202
20	244
25	300

Table 4 Distance of Between Sensor and String

Between two sensor(mm)	Between string and Detector (mm)	Vp-p(mV)
16	8	100
	4	500
17	8.5	350
	4.25	300

기존의 피에조 방식과 광 방식의 픽업 신호를 측정하여 Fig. 5와 Fig. 6으로 비교 분석하였다.

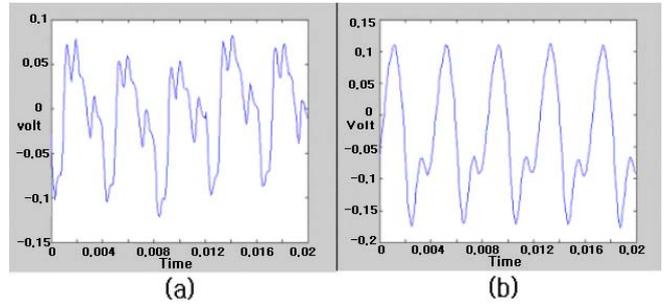


Fig. 5 Signal time Analysis (a) Piezo Pickup (b) Optical Pickup

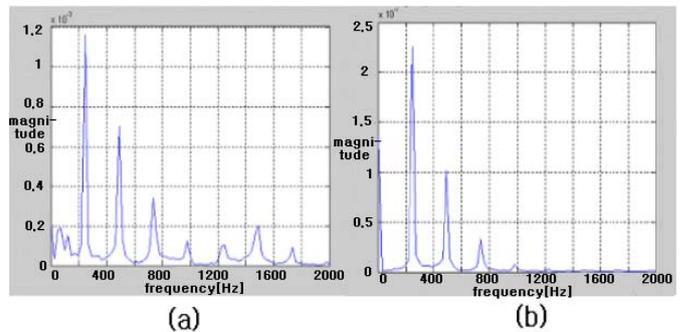


Fig. 6 Signal Frequency Analysis (a) Piezo Pickup (b) Optical Pickup

두 신호 모두 주 주파수 대역이 같은 것을 확인할 수 있고 피에조 방식에서 많이 보이는 고주파수 영역인 날카로운 소리 성분 사라짐으로써 향상된 음질 신호를 확인할 수 있다.

4. 결론

본 연구를 통하여 광소자를 이용한 간단한 구조의 새로운 기타 픽업을 개발하였다. 광 픽업의 구조는 아직 많은 연구와 개발이 이루어지지 않은 기존 광 픽업의 문제점해결 하기 위해 복잡한 솔루션을 통한 결과 도출이 아닌 간단하고 쉬운 솔루션을 제공하였다.

필터를 설계하여 노이즈를 제거 하였고, 상하 이중 발광 구조를 적용하여 발광부와 검출부의 미세한 정렬위치에 따른 출력신호의 차이를 해결하여 기존 픽업 보다 기타의 음질을 향상할 수 있는 방향을 제시하였다.

후기

본 연구는 (주)덕진의 연구 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. R. W. Boyd(1983), "Radiometry and the Detection of Optical Radiation", John Wiley & Sons.
2. R. Waynant and M. Ediger(1994), "Electro-optics Handbook", McGraw-Hill.
3. R. Mancini(2003), "Op Amps For Everyone", Texas Instrument.
4. P. Horowitz and W. Hill(2001), "The Art of Electronics, Second Edition", Cambridge University Press.