

# 전동식 구동기를 이용한 비연성 통기타 개발

## Development of Decoupled Acoustic Guitar Using Electro-dynamic Actuator

이병주† · 이종원\*  
Byung-Joo Lee, Chong-Won Lee

### 1. 서론

기존 현악기를 전자 현악기와 어쿠스틱 현악기로 구분할 수 있다. 전자 현악기는 파워 앰프와 스피커를 통해 소리를 내고(전자 기타, 전자 바이올린 등) 어쿠스틱 현악기는 울림통이라 불리는 특정 물체를 떨어 소리를 방사한다(통기타, 바이올린 등). 전자 현악기가 연주 신호를 스피커를 통해 원본에 가깝게 재생하는 것에 목적을 둔다면 어쿠스틱 현악기는 울림통의 고유 소리 방사 특성이 더해진 소리를 낸다.

어쿠스틱 현악기는 근본적으로 현의 진동에너지를 브리지(bridge)라 불리는 물리적 결합을 통해 울림통에 전달하여 소리를 방사시키는 진동-음향 시스템을 이룬다. 이 때 브리지를 통해 연성된 현과 울림통은 악기의 연주와 소리 개발에 있어서 아래와 같은 상황을 초래한다.

1. 균형 잡힌 소리를 만들기 어렵다: 현으로부터 울림통으로의 에너지 전달 과정이 현 끝 단 지지부의 임피던스 값에 따라 달라진다. 따라서 연주 위치마다 소리의 지속성이 달라진다.
2. 제한적인 울림통 가진: 연주 가능한 영역에 현이 위치하기 위해 현과 울림통의 결합 위치가 제한된다.
3. 과도한 장력이 울림통에 작용: 물리적으로 결합된 현으로부터 울림통에 높은 장력(통기타의 경우 500N)이 작용한다. 이로부터 디자인의 제한과 내구성의 문제가 발생한다.
4. 연주 가능성의 제한: 울림통이 현의 상당 부분을 가리는 경우가 많아 연주 가능 영역을 제한한다.
5. 연주자의 몸으로부터 유래한 감쇠: 울림통이 몸에 닿아 의도하지 않은 감쇠 효과가 악기의 소리를 변화시킨다.
6. 악기 개발에 과학적 근거를 제시하기 어렵다:

현과 울림통이 결합됨으로써 복잡한 비선형 시변 시스템을 이루게 되고 악기 개발에 과학적 접근이 어렵다.

이러한 상황들은 악기의 연주와 새로운 어쿠스틱 현악기의 소리 개발에 있어 큰 장애물로 작용할 수 있다. 하지만 근본적으로 현과 울림통이 물리적으로 결합된 현재 악기의 구조에서는 위의 상황을 완전히 없애기는 불가능하다.

따라서 본 연구에서는 어쿠스틱 현악기의 소리의 특징을 그대로 유지하면서 동시에 현과 울림통을 분리시킨 ‘비연성 어쿠스틱 현악기’를 제안하였다. 또한 비연성 어쿠스틱 현악기의 간단한 경우로서 통기타 울림통을 사용하여 비연성 통기타를 제작하였으며 앞서 제시된 상황들의 해결에 관한 측면에서 평가하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 비연성 어쿠스틱 현악기

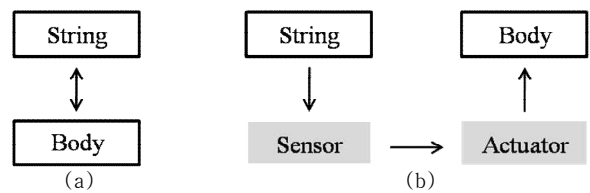


그림.1  
(a) 기존 어쿠스틱 현악기 (b) 비연성 어쿠스틱 현악기

비연성 어쿠스틱 현악기는 본 연구에서 새롭게 제안하는 어쿠스틱 현악기 시스템이다. 기존 어쿠스틱 현악기에서 현과 울림통이 서로 물리적으로 결합되어 에너지를 주고받는다면 비연성 어쿠스틱 현악기는 현의 독립성을 유지하며 센서로부터 측정된 진동 신호를 분리된 울림통에 부착된 구동기에 입력하여 소리를 방사시킨다(그림.1).

이를 위해 센서는 연주 시 현의 끝 단에 작용하는 주요 힘을 가능한 한 독립적으로 측정하여야 하며

† KAIST 기계공학과 진동 제어 연구실  
E-mail : the@kaist.ac.kr  
Tel : (042) 350-3076, Fax : (042) 350-8220  
\* KAIST 기계공학과 진동 제어 연구실

구동기는 그렇게 측정된 신호를 왜곡 없이 울림통에 인가할 수 있어야 한다.

## 2.2 비연성 통기타

제안한 시스템을 실제로 구현하기 위해 적절한 울림통과 센서, 구동기를 선정하였다. 울림통은 Cort사의 Earth100 통기타를 구매 불필요한 부품들을 제거하여 사용하였다. 센서는 통기타 현의 신호를 측정하기 위해 상용화된 제품 중 Artec사의 압전 소자 센서를 사용하였다. 구동기는 NXT사의 전동식 구동기를 사용하여 울림통의 상판에 수직한 방향으로 가진 하였다.

### (1) 센서 파트

센서 파트는 6 줄의 통기타 줄과 따로 구입한 지판과 넥(neck) 그리고 센서를 조합하여 만든다. 6 줄의 끝 단에 작용하는 힘을 수직, 길이 방향에 대해 두 센서를 사용하여 독립적으로 측정하였으며 이들을 결합시킬 본체는 알루미늄과 강철을 사용하여 강체로 제작하였다(그림.2).

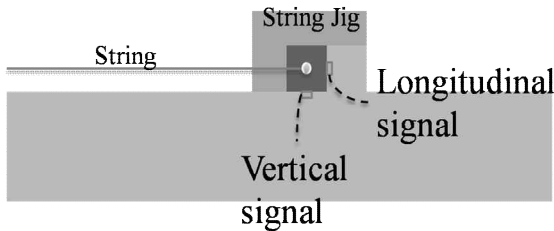


그림.2 센서 파트의 설계

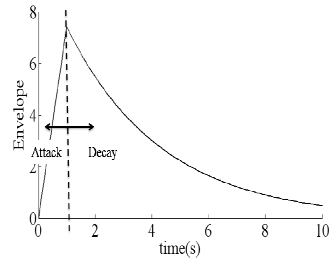
### (2) 구동기 파트

구동기 파트는 NXT사의 구동기와 통기타의 울림통을 결합하여 만든다. 본 연구에서는 간단한 프로토타입의 제작을 위해 하나의 구동기를 사용하였으며 구동기의 위치는 저주파 대역에 존재하는 울림통의 모드를 강하고 균일하게 가진 할 수 있는 위치를 실험을 통해 그림.3(b)와 같이 선정하였다.

### (3) 최종 조립

완성된 센서 파트와 구동기 파트를 결합시키면 비

연성 통기타의 프로토타입이 완성된다(그림.3(b)). 센서로부터 얻어진 수직, 길이 방향의 신호는 간단히 1:1로 합쳐 구동기에 입력시켜 주었다.



(a)

(b)

그림.3 (a) 통기타 소리의 envelope (b) 구동기의 위치 선정

## 2.3 평가

완성된 비연성 통기타를 앞서 제시된 6개의 항목에 대해 평가하였다. 2번부터 5번까지의 사항은 울림통과 현이 분리됨으로써 더 이상 해당되지 않는다. 1번 사항에 관해선 연주 가능한 핑거보드의 모든 위치에 대해 같은 통을 사용한 두 기타 소리의 포락선(envelope) (그림.3(a))을 비교하였다.

	Values	b
기존 통기타	Mean	-1.33
	S.D.	0.68
비연성 통기타	Mean	-0.64
	S.D.	0.28

b 값은 통기타 소리의 감쇠를 지수함수로 곡선맞춤(curve fitting) 하였을 때 감쇠치이다. 위 결과로부터 기존 통기타의 감쇠치가 비연성 통기타의 감쇠치보다 2 배 큰 절대값을 가지며 2 배 큰 표준편차를 갖는 것을 알 수 있다. 이는 비연성 통기타의 소리가 핑거보드의 모든 위치에 대해서 평균적으로 2 배 더 오래, 2 배 더 고른 소리를 낸다는 것을 뜻한다.

## 3. 결 론

기존 어쿠스틱 현악기 시스템에서 당연한 것으로 여겨졌던 현과 울림통의 물리적 결합을 제거시킨 새로운 시스템은 기존 시스템에서 새로운 소리 개발에 제한 점이 되었던 여러 사항들을 대부분 해결하였다. 또한 측정된 현 신호의 후처리 방법과 울림통을 가진 하는 방법 등의 자유도가 크게 증가하고 복잡한 연성 효과가 사라졌으므로 추가 연구를 통해 어쿠스틱 현악기 소리 개발에 대한 보다 공학적인 접근 역시 용이할 것이다.