

태평소의 음향분석을 통한 팔랑 특성 추출

Extraction of Characteristics Corresponding to Bell of Taepyeongso Based on Acoustical Analysis

변 중 배*, 조 상 진*, 홍 연 우*, 정 의 필*

(Joongbae Pyoun*, Sangjin Cho*, Yeonwoo Hong*, Uipil Chong*)

*울산대학교 컴퓨터정보통신공학부

(접수일자: 2007년 8월 1일; 수정일자: 2007년 10월 10일; 채택일자: 2007년 12월 27일)

태평소는 고려 말경 원나라로부터 소개된 이후로 대취타, 풍물놀이, 범패, 종묘제례악, 시나위 등에 널리 쓰여 왔고 최근 들어 대중가요에 사용되며 비교적 쉽게 연주할 수 있어 일반인들에게 주목받고 있다. 본 연구는 물리적 모델링을 이용하여 태평소를 전자화 하기위한 일환으로 태평소를 분석한다. 이를 위해 울명에 따른 분석을 통해 태평소의 공명 특성을 추출하였고, 팔랑, 관대, 조롱목에 대하여 FFT 및 LPC곡선을 이용하여 분석하였다. 그 결과 팔랑은 관대와 팔랑 사이의 반사 필터와 2극점 필터로 표현할 수 있었다.

핵심용어: 태평소, 팔랑 특성, LPC, 공명점, 2극점 필터

투고분야: 음악음향 및 음향심리분야 (8.1)

Taepyeongso was introduced from China during the end of the Goryeo period and was used widely in Daechwita (military processional music), Pungmul-nori (farmers music), Buddhist music, royal ancestral rite music, and Sinawi, the instrumental accompaniment to shaman dances. Now, It has been popular as it is used for pop music and it is easy to learn. In this paper, Taepyeongso was analyzed for electronic Taepyeongso using physical modeling. We extracted resonance properties of Taepyeongso through the analysis of Taepyeongso sound. We analyzed the bell, the bore and the mouthpiece using FFT and LPC curve. As a result, the bell could be represented 2 pole filter and reflection filter between bore and bell

Key words: Taepyeongso, Characteristics of bell, LPC, Resonance, 2 pole filter

ASK subject classification: Musical Acoustics and Psychoacoustics (8.1)

I. 서론

태평소(太平簫)는 음량이 매우 커서 다른 악기와 협연하는 데는 부적절하여 전통적으로 그 쓰임새가 한정되었다. 그러나 대취타와 풍물에서 유일한 가락악기로서 가냘픈 굴곡의 태평소 소리는 모든 사람들의 눈과 귀를 매혹시키기에 충분하다 [1,2]. 최근에는 '서태지와 아이들'의 '하여가', '싸이'의 'We are the one' 등과 같은 대중가요에 사용되고 비교적 쉽게 배울 수 있어 일반인들에게 주목받고 있다. 이에 본 논문에서는 태평소를 대상 악기로 선정하였다.

태평소와 유사한 구조를 가진 중국의 소나와 북한의 장쇄납에 관련된 비교연구 [3,4]는 이미 알려져 있으며 기존의 유사연구로는 태평소의 역사 [3,4], 외형 [3,4], 기본음 [3,5,6,7], 운지법 및 연주법 [3,4] 등에 중점을 두었다. 그러나 본 논문에서는 물리적 모델링을 이용한 태평소의 전자악기화를 위하여 태평소 울명의 분석을 통해 태평소의 공명 특성을 추출하였고, 팔랑, 관대, 조롱목에 대하여 FFT 및 LPC곡선을 이용하여 분석하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 태평소의 역사와 이론적 배경을, 3장에서는 태평소의 소리 분석을 위한 환경과 대상 및 방법을 설명하였다. 분석결과와 결론은 각각 4장과 5장에서 기술하였다.

II. 태평소

호적(胡笛), 호적(號笛), 날라리, 쇠납(鎖納), 새납 등의 별칭으로 불리는 태평소는 포은 정몽주의 태평소라는 시와 고려사라는 기록에 의하면 고려말경 원(元)으로부터 소개되어 우리나라에서 연주되었다. 이때의 태평소는 호적이라는 명칭과 혼용되었으며 군대의 동작을 지시하는 신호음악과 개인적인 여흥의 악기로 사용되었다. 조선시대의 경국대전과 조선왕조실록 등의 기록에서 태평소의 쓰임과 연주자의 선발이 주요 관심사로 등장했으며 대취타, 놀이마당, 풍물놀이, 종묘제례악 등에 사용되었다. 또한 일제 강점기에는 전국을 순회하며 민속악과 판소리 창극 등을 공연하던 남사당패 등의 단체에 소속되어 있던 음악인들이 태평소의 독주 시나위를 연주하였다 [1]. 현대에는 더 넓은 대역을 연주하거나 태평소의 단점을 극복하기 위하여 우리나라의 저음, 중음, 고음의 태평소와 북한의 장새납과 같은 개량 태평소가 제작되고 있다 [4,5].

태평소의 구조는 그림 1과 같이 서(reed), 조롱목(mouthpiece), 관대(bore), 팔랑(혹은 동팔랑, bell)으로 구성되어 있고 각각의 역할은 다음과 같다.

- 서

조롱목 윗부분에 꽂고 소리를 내도록 하기 위하여 갈대 혹은 빨대로 만든 떨기체를 의미한다. 일반적으로 관안의 공기분자 운동을 일으키는 역할을 하며 그 질에 따라 음색에 큰 영향을 준다 [4].

- 조롱목

관대 윗부분에 연결하는 금속으로 만든 부분으로 생김형태가 조롱박 모양을 하고 있어 조롱목이라 부르며 서에서 시작된 소리를 확대시켜 관대에 전달시켜주는 작용

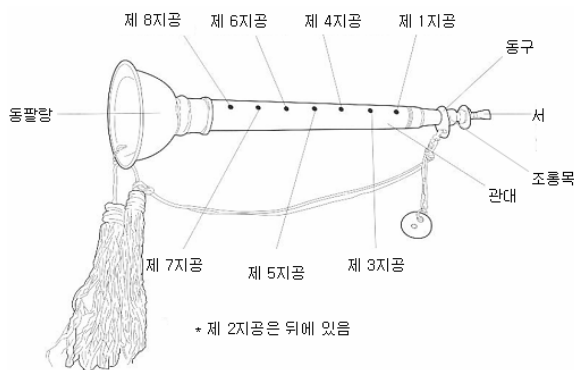


그림 1. 태평소의 구조와 부분 명칭
Fig. 1. Structure and parts name of Taepyeongso.

을 한다. 조롱목은 윗부분부터 연결부까지 원추형으로 되어 있기 때문에 소리를 확대할 뿐만 아니라 금속성의 빛깔 있는 소리를 보충해 주는 역할을 한다 [4].

- 관대

지공이 뚫려있는 원추형의 나무부분이며 조롱목에서 나오는 소리를 더욱 증폭시키며 지공의 개폐에 따라 음정을 결정한다. 또한 원추형이기 때문에 다른 원통형 관으로 된 목관악기에 비하여 소리가 화려하고 음향이 매우 풍부하다. 지공과 서의 거리가 멀수록 낮은 음을 내며 거리가 가까울수록 높은 음을 낸다. 또한 지공의 크기에 따라 음색에도 일정한 변화가 발생한다 [4].

- 팔랑

관대 아래 부분에 연결되는 나팔모양의 부분으로 재질과 두께, 생김새에 따라 음량과 음색에 영향을 준다. 특히 음량을 더욱 크게 하는데 중요한 역할을 하며 소리를 모아주고 올리는 방향성을 더욱 뚜렷하게 해줌으로써 소리의 음색을 가공해주는 역할을 한다 [8].

III. 태평소 소리분석

3.1. 녹음 및 분석환경

태평소 음원 녹음을 위하여 녹음 전문 스튜디오에서 DPA 4011 마이크, YAMAHA DM2000 콘솔 등의 장비를 이용하였고 Cubase라는 레코딩 소프트웨어를 이용하여 44,100Hz의 주파수로 샘플링, 16 bit로 양자화 하였다. 음향 분석을 위한 소프트웨어는 Mathworks 사의 MATLAB 7.0을 사용하였다. 그림 2는 녹음 당시의 환경을 보여준다.



그림 2. 녹음 환경
Fig. 2. Recording environment.

3.2. 분석 대상 및 방법

태평소의 기본음 분석을 위하여 표 1과 같이 지공의 개폐에 따라 중(仲), 임(林), 남(南), 무(無, 시나위에 서만 쓰임), 황(黃), 태(太), 중(仲)의 기본 울명과 관대의 특성을 추출에 중요한 역할을 하는 Test 음(모든 지공을 다 막은 상태)을 녹음하였다. 이 Test 음은 태평

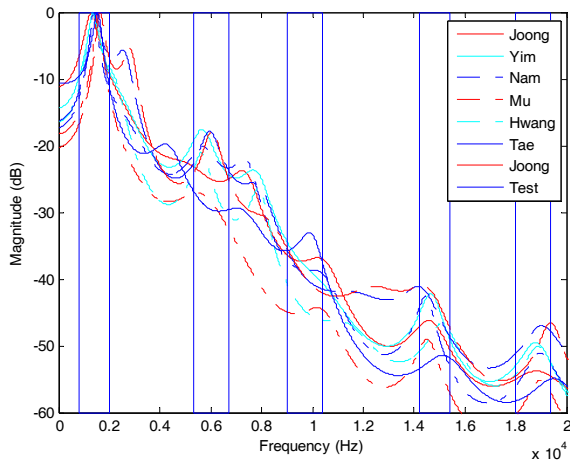


그림 3. 울명에 따른 LPC 곡선
Fig. 3. LPC curves of Taepyeongso note.

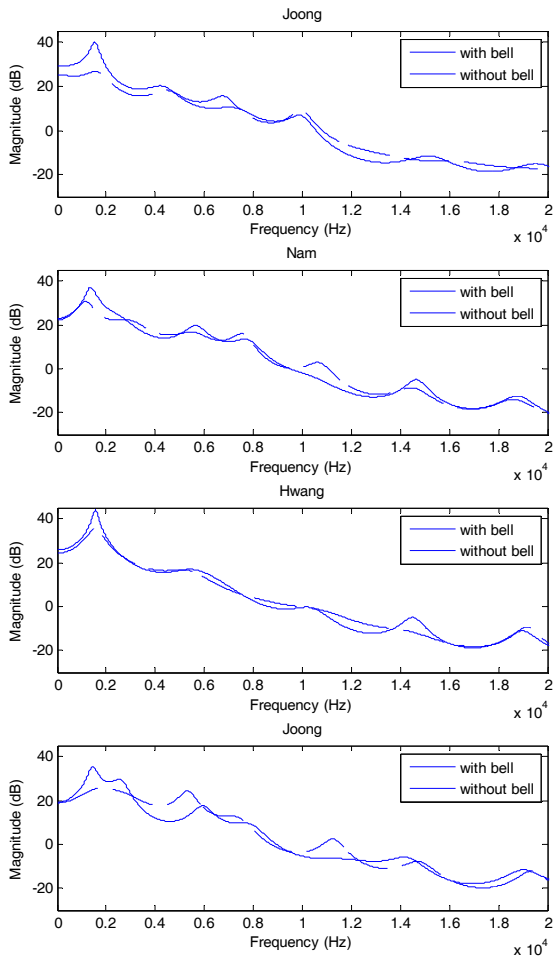


표 1. 각 샘플의 지공 개폐 유무

Table 1. Tonehole state of each sample.

지공 \ 울명	1	2	3	4	5	6	7	8
중(仲)	●	●	●	●	●	●	●	○
임(林)	●	●	●	●	●	●	○	○
남(南)	●	●	●	●	●	○	○	○
무(無)	●	●	●	●	○	○	○	○
황(黃)	●	●	●	○	○	○	○	○
태(太)	●	●	○	○	○	○	○	○
중(仲)	○	○	○	○	○	○	○	○
Test	●	●	●	●	●	●	●	●

● : 닫힘, ○ : 열림

* Test의 경우 울명은 없지만 음향학적으로 표현하기 위하여 표현

소의 기본음은 아니지만 악기의 구성에 따른 분석 시에 비교대상이 된다. 스펙트럼은 FFT (Fast Fourier Transform)를 사용하여 구하였으며 이때 FFT 크기는 충분한 해상도를 얻기 위하여 65,536로 하였고 해밍(hamming) 윈도우를 사용하였다. 또한 소리의 공명점을 측정하기 위하여 LPC를 이용하였고 실험적으로 15차 LPC가 충분한 해상도를 보였다.

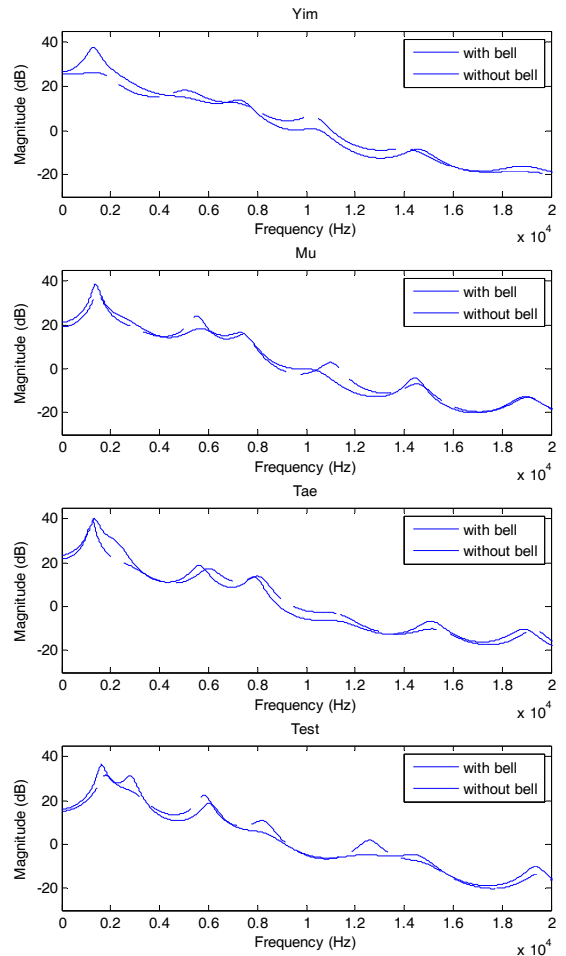


그림 4. 팔랑의 유무에 따른 LPC 곡선
Fig. 4. LPC curves of sounds of Taepyeongso with and without bell.

표 2. 각 샘플에 대한 배음의 주파수와 크기
Table 2. Frequency and magnitude of harmonics.

배음	중(仲)			임(林)			남(備)		
	주파수 (Hz)	비율	크기 (dB)	주파수 (Hz)	비율	크기 (dB)	주파수 (Hz)	비율	크기 (dB)
1	419	1.00	-13.09	441	1.00	-12.04	474	1.00	-8.18
2	829	1.98	0.00	883	2.00	-5.52	958	2.02	-8.09
3	1249	2.98	-2.76	1324	3.00	0.00	1432	3.02	0.00
4	1658	3.96	-4.93	1766	4.00	-15.31	1906	4.02	-15.36
5	2078	4.96	-6.22	2207	5.00	-8.25	2390	5.05	-14.94
6	2487	5.94	-16.43	2649	6.00	-8.32	2864	6.05	-8.81
7	2907	6.94	-26.36	3101	7.03	-25.15	3348	7.07	-20.95
8	3327	7.94	-25.73	3542	8.02	-26.57	3822	8.07	-15.03
9	3736	8.92	-16.95	3973	9.00	-17.78	4285	9.05	-24.29
10	4156	9.92	-22.91	4425	10.02	-25.42	4770	10.07	-21.05
11	4565	10.89	-21.25	4867	11.03	-24.27	5254	11.09	-20.09
12	4985	11.90	-23.59	5308	12.03	-18.59	5717	12.07	-21.17
13	5394	12.87	-24.33	5749	13.02	-21.62	6202	13.09	-23.94
14	5814	13.88	-25.14	6191	14.03	-17.67	6686	14.11	-18.72
15	6234	14.88	-18.16	6621	15.00	-22.11	7171	15.14	-22.24
16	6643	15.85	-20.89	7074	16.03	-19.78	7634	16.12	-22.41
17	7063	16.86	-22.85	7515	17.03	-22.89	8118	17.14	-28.82
18	7472	17.83	-22.13	7967	18.05	-30.25	8603	18.16	-34.94
19	7892	18.84	-28.54	8398	19.03	-25.12	9076	19.16	-41.74
20	8301	19.81	-26.95	8839	20.02	-30.60	9539	20.14	-40.72

배음	무(無)			황(黃)			태(太)		
	주파수 (Hz)	비율	크기 (dB)	주파수 (Hz)	비율	크기 (dB)	주파수 (Hz)	비율	크기 (dB)
1	528	1.00	-10.98	592	1.00	-11.07	646	1.00	-10.59
2	1055	2.00	-14.91	1184	2.00	0.00	1281	1.98	-1.50
3	1583	3.00	0.00	1766	2.98	-4.28	1927	2.98	0.00
4	2110	4.00	-16.73	2358	3.98	-16.68	2562	3.97	-9.05
5	2638	5.00	-13.62	2950	4.98	-10.38	3208	4.97	-8.37
6	3165	6.00	-31.01	3542	5.98	-29.10	3844	5.95	-42.97
7	3661	6.94	-26.27	4134	6.98	-36.38	4479	6.93	-26.77
8	4221	8.00	-28.63	4716	7.96	-28.08	5125	7.93	-21.11
9	4705	8.92	-34.39	5308	8.96	-15.30	5771	8.93	-12.38
10	5222	9.90	-29.01	5900	9.96	-24.70	6417	9.93	-21.57
11	5792	10.98	-25.65	6481	10.94	-26.13	7041	10.90	-24.60
12	6320	11.98	-28.52	7074	11.95	-23.36	7698	11.92	-24.28
13	6837	12.96	-43.36	7666	12.94	-28.55	8333	12.90	-25.39
14	7375	13.98	-39.34	8247	13.93	-24.29	8979	13.90	-37.54
15	7903	14.98	-29.56	8839	14.93	-34.63	9604	14.87	-43.15
16	8430	15.98	-52.09	9421	15.91	-47.79	10261	15.88	-39.49
17	8958	16.98	-41.7	10024	16.93	-44.38	10896	16.87	-36.93
18	9485	17.98	-44.34	10594	17.89	-49.95	11542	17.87	-51.07
19	10013	18.98	-46.24	11197	18.91	-43.85	12166	18.83	-46.82
20	10541	19.98	-45.87	11789	19.91	-44.57	12823	19.85	-48.35

배음	중(仲)			Test		
	주파수 (Hz)	비율	크기 (dB)	주파수 (Hz)	비율	크기 (dB)
1	721	1.00	-12.71	409	1.00	-9.22
2	1432	1.99	-0.70	807.5	1.97	-3.28
3	2153	2.98	0.00	1217	2.97	-11.37
4	2864	3.97	-0.32	1615	3.95	0.00
5	3585	4.97	-10.45	2024	4.95	-7.97
6	4296	5.96	-23.63	2433	5.95	-13.21
7	5028	6.97	-23.72	2832	6.92	-19.59
8	5749	7.97	-20.10	3241	7.92	-25.59
9	6449	8.94	-23.06	3639	8.90	-19.46
10	7171	9.94	-26.93	4048	9.89	-14.98
11	7881	10.92	-28.78	4457	10.89	-20.86
12	8603	11.93	-27.80	4856	11.87	-23.67
13	9313	12.91	-36.49	5254	12.84	-29.49
14	10045	13.92	-42.56	5652	13.82	-37.34
15	10745	14.89	-39.77	6072	14.84	-30.73
16	11466	15.89	-41.65	6471	15.82	-29.76
17	12177	16.88	-46.12	6880	16.82	-23.89
18	12909	17.89	-40.18	7289	17.82	-25.23
19	13609	18.86	-44.05	7687	18.79	-27.87
20	14341	19.88	-45.21	8096	19.79	-34.67

IV. 분석결과

4.1. 울명에 따른 분석

그림 3은 모든 샘플의 LPC 곡선을 나타낸 것이다. 모든 샘플은 전체적으로 800Hz에서 2,000Hz 사이에서 가장 큰 크기 값을 가지고 5,300Hz에서 6,700Hz, 9,100Hz에서 10,500Hz, 14,200Hz에서 15,600Hz, 17,500Hz에서 18,900Hz 사이에서 공명점이 발생하였다. 태(太)음과 중(仲)음의 경우 13,000Hz 대역에서 추가로 공명점이 발생하고 중(仲)음과 임(林)음의 경우 4,200Hz 대역과 10,000Hz 전후에서 추가로 공명점이 발생하였다.

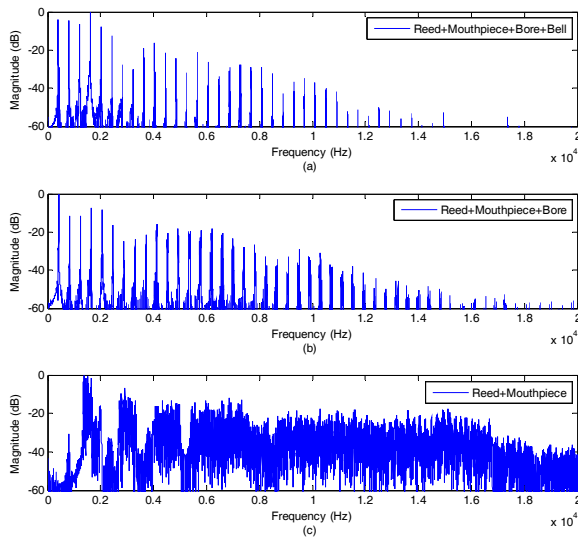


그림 5. 각 부품의 유무에 따른 스펙트럼 (a) 팔랑이 포함된 태평소 (b) 팔랑이 제거된 태평소 (c) 팔랑과 관대가 제거된 태평소
 Fig. 5. Spectra of sounds of Taepyeongso with and without parts (a) Taepyeongso with bell (b) Taepyeongso without bell (c) Taepyeongso without bell and bore.

표 2는 각 샘플의 기본주파수와 유효배음 주파수의 크기 및 비율을 나타낸 것이다. 실제 소리가 갖는 에너지의 대부분을 차지하는 유효배음은 음색을 결정하는 중요한 부분이고, 태평소의 경우 제 1배음부터 제 10번 혹은 제 20번까지의 배음이 전체에너지의 90% 이상을 차지한다.

4.2. 팔랑의 유무에 따른 분석

트럼펫이나 트롬본 등과 같은 악기의 경우 관 (bore)에서 나팔 (bell)로 신호가 전달될 때 고주파 대역은 나팔을 통과하게 되지만 저주파 대역은 나팔에서 반사된다. 이런 현상이 반복됨에 따라 특정 주파수 대역의 에너지가 증폭되어 임계점을 넘게 되면 나팔을 통과할 때 원신호보다 큰 신호를 발산하게 되어 공명점이 발생하게 된다 [9,10]. 태평소의 경우 그림 4와 같이 팔랑을 제거하기 전과 후의 LPC 곡선을 비교하면 800Hz에서 2,000Hz 대역에서는 신호가 증폭되지만 2,000Hz 이상과 800Hz 이하의 대역은 제거 전후의 크기 값에 큰 변화가 없다. 이는 팔랑의 방사 특성을 2극점 필터로 구현할 수 있음을 의미한다.

트럼펫이나 트롬본의 나팔은 기본주파수를 낮춤으로써 관의 유효길이를 늘이지만 [10], 태평소의 경우 태평소 전체 (그림 5.(a))와 태평소에서 팔랑을 제거한 상태 (그림 5.(b))를 비교해 보았을 때 두 스펙트럼의 기본주파수가 거의 동일하다. 즉 태평소에서 팔랑은 트럼펫이

나 트롬본 등과 다르게 관대의 유효길이를 늘이지 못함을 의미한다.

4.3. 관대와 조롱목에 대한 서양악기와 비교 분석

클라리넷과 같이 원통형 관을 갖는 악기의 경우 배음의 구조는 기본음을 1번 배음이라고 하였을 때 홀수번 배음의 성분만이 나타나며 진행과는 평면파로서 표현된다. 반면 색소폰과 같은 원추형 관을 갖는 악기의 경우 홀수번과 짝수번 배음 성분을 모두 포함하며 진행과는 곡면파로서 표현된다 [10]. 태평소의 경우 색소폰과 같이 원추형이기 때문에 표 2에서와 같이 각 배음의 비율이 거의 정수배를 이룬다.

서양악기의 마우스피스 (mouthpiece)는 첫 번째 공명점 주변의 피크가 매우 높은 값을 가진다 [10]. 그러나 서, 조롱목, 관대를 포함한 스펙트럼 (그림 5.(b))과 서, 조롱목을 포함한 스펙트럼 (그림 5.(c))을 비교해 보았을 때 조롱목을 통과한 신호와 관대를 통과한 신호 간에 연관관계가 적음을 알 수 있다. 즉 태평소의 조롱목은 관대보다 적은 영향을 미치기 때문에 관대에 포함하여 모델링 할 수 있을 것이다.

V. 결론 및 향후과제

기존의 연구가 태평소의 운지법, 역사 등에 중점을 둔 반면 본 논문에서는 울명에 따른 태평소의 기본음 분석을 통해 태평소의 공명 특성을 추출하였고, 팔랑, 관대, 조롱목에 대하여 FFT 및 LPC곡선을 이용하여 분석하였다. 그 결과 네 개의 공통적인 공명점을 발견하였고 태(太), 중(仲), 중(侗), 임(唌)에서 추가적인 공명점이 발생하였다. 팔랑은 트럼펫이나 트롬본과 같이 특정 대역에서 공명점을 가지고 있으나 이 악기들과는 달리 관대의 유효길이 변화에는 영향을 주지 못하였다. 조롱목의 경우 관대에 비해 거의 영향을 미치지 못하기 때문에 관대와 통합하여 원추형 관으로 표현할 수 있을 것이다.

향후 태평소의 관대, 조롱목 및 서 부분에 대한 더 자세한 연구를 통해 태평소의 각 부품에 대한 디지털 필터 설계와 물리적 모델링을 이용한 태평소 구현에 대한 연구가 필요하다.

감사의 글

이 논문은 2007년 정부 (교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2006-521-H00002).

참고 문헌

1. 송혜진, *한국악기*, (열화당, 2001.)
2. 권희덕, *농악교본 - 농악 사물놀이의 역사 이론 실제*, (세일사, 1995)
3. 이창아, "한·중 관악기에 관한 비교 연구", 중앙대학교 석사학위 논문, 1997.
4. binjungyoung, *남북한의 새납 비교 연구*, (조선대학교 석사학위논문, 2003.)
5. 안수길, *개량태평소와 기존 태평소와의 Spectrum 분석에 관한 연구*, (국악기개발위원회, 1989.)
6. 박형수, 임종수, "국악관악기의 음 Spectrum에 관하여", 성대논문집 (자연계), **35** (2), 527-539, 1984.
7. 임종수, *Sound Spectrum 분석을 이용한 국악관악기의 다중음 분석*, (경기대학교 석사학위논문, 1989.)
8. 조선민족악기총서 (4), 새납, 문예출판사, 1986.
9. Gary Paul Scavone, *An Acoustic Analysis of Single-reed Woodwind Instruments with an Emphasis on Design and Performance Issues and Digital Waveguide Modeling Techniques*, (Stanford University PhD thesis, 1997.)
10. Thomas D. Rossing, *The Science of Sound*, (Northern Illinois University, 1990)

저자 약력

• 변 중 배 (Joongbae Pyoun)



2006년 2월 : 울산대학교 컴퓨터정보통신공학부 (공학사)
 2006년 3월~현재 : 울산대학교 컴퓨터정보통신학과
 (석사과정)
 ※ 주관심분야 : 악기 음향 신호 처리

• 조 상 진 (Sangjin Cho)

한국음향학회지 제23권 7호 참조

• 홍 연 우 (Yeonwoo Hong)



2006년 2월 : 울산대학교 컴퓨터정보통신공학부 (공학사)
 2006년 3월~현재 : 울산대학교 컴퓨터정보통신학과
 (석박사통합과정)
 ※ 주관심분야 : 악기 음향 신호 처리

• 정 의 필 (Uipil Chong)

한국음향학회지 제23권 7호 참조