

국립국악원 예악당의 음향 특성과 개선방향

Acoustic Properties of Yeacdang and its Modifications

박경수⁰, 최철민, 김범수, 성평모
서울대학교 전기공학부

Park Kyoungsoo⁰, Chulmin Choi, Beom Soo Kim, Koeng-Mo Sung
School of Electrical Engineering, Seoul National University

E-Mail : med@acoustics.snu.ac.kr

요약

국악의 대중적 공연에 적합한 공연장에 대하여는 아직 그 주관적 객관적 기준이 설립되어있지 않다. 현재 국립국악원에 있는 예악당은 국악을 위한 대중적 공연장의 기준이 되어야 하나 국악인들과 국악관계자들의 사이에서 국악의 공연에 적합하지 않은 것으로 평가되고 있다. 본 논문에서는 국립국악원의 예악당을, Maximum Length Sequence, 무지향성스피커, dummy head 등을 이용하여 여러 가지 중요한 객관적 지표인 잔향시간, IACC, Initial-time-delay gap등을 측정하고 한 번으로는 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 객관적 지표의 추출을 통하여 비교 분석하였다. 그리고, 이를 토대로 예악당의 음향특성의 개선방향과 국악에 대한 주관적 객관적 지표의 설정 방법을 제시하고자 한다.

0. 개요

서양음악에 대한 실내음향학적 특성은 이미 많은 연구가 되어 있다. 그리고, 서양음악은 이미 오래 전부터 대중적인 공연장이 있어 왔고, 기존의 공연장의 음향학적인 특성에 맞는 음악의 작곡이 있어 왔기 때문에 실내음향학적인 여러 가지 주관적, 객관적 지표가 많이 연구 될 수 있었다. 그러나, 우리의 전통 국악은 수많은 사람이 함께 전통 국악을 감상할 수 있는 대중적인 공연장이 전통 국악이 작곡되던 시기에 존재했던 것이 아니고, 현대에 이르러 큰 규모의 대중적 공연장이 건설되었기 때문에 현대적인 공연장이 전통국악의 공연에 적합하다고 말 할 수 있는 근거가 없다. 더욱이 국악을 전문으로 연주하는 연주자들조차 기존의 현대적 공연장인 예악당이 연주와 공연에 적합하지 못하다는 많은 의견을 나타내고 있다. 그리고, 현재 국립국악원 예악당은 공연할 때 전기음향설비의 사용과 함께 공연이 이루어지고 있는 현실이므로 전통국악의 공연에 품위를 잃고 있다. 그래서, 이미 서울대학교 음향공학연구실에서는 국악원으로부터 의뢰를 받아 현재, 예악당의 음향특성의 측정을 의뢰 받은 바 있다.

공연장의 음향특성에 관한 주관적, 객관적 지표의 설정은 공연장의 설계에도 중요한 의의를 가지지지만, 한편으론 음반의 제작을 위해서도 중요하다. 스튜디오에서 녹음된 경우나, 실황공연의 녹음이라 하더라도 마이크의 위치가 음원에 가깝게 녹음되어 직접음의 성분이 잔향음에 비하여 많은 경우 사후처리가 필요한데, 이때, 인공적인 실내 음장의 첨가를 위해서도 적절한 지표가 필요하다. 현재, 이러한 전통 국악의 실내음향학적인 특성이 어떠한 것이 좋은가에 대하여는 이렇다할 연구가 된 적이 없고, 다만 산향시간이 서양음악에 비하여 약간 짧은 것이 좋다고 짐작되고 있을 뿐이다.

이렇듯이 전통국악을 위한 실내 음향학적인 연구는 그 필요성이 충분히 있으나 연구에는 중요한 문제점이 있다.

그것은 역사적으로 의의를 갖는 공연장이 없다는 것이다. 전통적인 국악은 서양의 콘서트홀이나 오페라하우스처럼 역사성을 갖는 대중적 공연장이 없다. 궁중음악의 경우 궁중을 역사적인 모델로 생각할 수도 있으나 대부분의 공연이 개방된 공간에서 이루어지고 실내에서 이루어지지 않았기 때문에 기존의 실내음향학적인 접근방법이 어렵다. 모든 연주자와 음악애호가들이 주관적인 경험으로 좋은 공연장이라고 추천할 수 있는 대중적 공연장이 현재는 없다. 따라서, 좋은 연주장에서의 객관적 지표의 추출이 불가능하다. 이의 해결책으로서 여러 가지 공연장을 직접 지어시 충분히 많은 연주와 공연을 통하여 검증한 뒤 음향특성이 좋은 공연장과 나쁜 공연장을 가려서 바람직한 실내음향학적 지표를 찾는 방법이 있을 수 있다. 그러나, 이러한 방법은 많은 비용과 시간 때문에 현실적으로 불가능하다 할 수 있다. 이의 대안으로 제시할 수 있는 것이 가상적인 국악 공연장의 제작이다. 컴퓨터에서 만들어낸 가상적 공연장에서 계산으로부터 얻어진 충격응답은 녹음된 국악곡의 직접음과 콘볼루션을 하여 가상적 청취시료를 만들 수 있다.

본 학술대회에서는 이러한 연구의 시작과 방법론의 제시를 위하여 다음과 같은 내용을 발표하고자 한다.

첫째, 기존의 예약당의 실내음향특성의 면밀한 분석을 측정용 통하여 얻어내어 자료로서 제시한다.

둘째, 가상적인 공연장의 타당성을 검증하기 위하여 가상적인 예약당과 측정된 예약당의 특성을 비교한다.

셋째, 가상적인 국악 공연장에서의 청취를 통한 국악곡에 맞는 공연장을 찾는 방법을 제시하고자 한다.

1. 예약당의 음향특성 측정

1.1 측정방법

측정은 무대중앙에 위치한 12면체의 무지향성스피커를 통하여 5초 길이의 MLS(Maximum Length Sequence)신호를 객석에 위치한 더미헤드로 녹음하여 분석하는 방식을 취하였다. 다음의 그림 1에 측정의 전체 흐름을 보였다. 실제의 공연은 넓은 무대의 여러 곳에서 행하여지므로 음원의 위치는 무대 중앙과 좌측 우측 그리고, 무대의 앞쪽 가운데의 네 곳에서 각각 실험하였다.

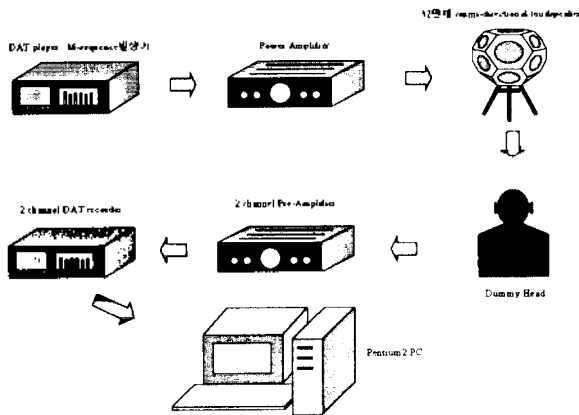


그림 1 측정의 전체 흐름

예약당은 공연의 종류와 규모에 따라 음향반사구조물(orchestra shell)을 사용하는 경우와 사용하지 않는 두 가지 경우로 나뉘어 진다. 모든 측정은 이 음향반사구조물을 설치한 경우와 설치하지 않은 두 가지 경우에 대하여 하였다.

녹음위치는 음향특성이 좋으리라 예측되는 곳과 좋지 않으리라 예상되는 여러 위치에 대하여 고루 녹음하였다. 그리고, 예약당의 전체 모양이 거의 대칭적 구조를 이루고 있으므로 측정은 객석에서 무대를 바라볼 때 좌측의 절반에 대하여 측정하였다. 다음의 그림 2에 측정용 위치를 위하여 녹음된 위치를 요약하였다. 그림에서 12번 위치는 발코니이며, 4번 5번 위치는 음영지역이다.

1.2 측정결과

예약당은 좌석 774석, 체적 11600m³ 규모의 슈박스(shoebox)에 가까운 모양을 하고 있다. 측정된 충격응답은 다음의 그림3, 4와 같은 모양을 하고 있다. 그림 3은 음향반사구조물을 씌운 경우이며, 그림 4는 음향반사구조물을 씌우지 않은 경우이다. 음향반사구조물을

씌운 경우의 충격응답은 잘 성장한 전나무(Tannenbaum)의 모양을 갖추고 있으며 음향반사구조물이 제거된 경우는 그렇지 못하다. 따라서, 음향반사구조물이 예약당의 실내 음상에 큰 영향을 미침을 알 수 있으며 음향반사구조물이 있는 경우의 음상이 더 좋으리라는 예상을 할 수 있다.

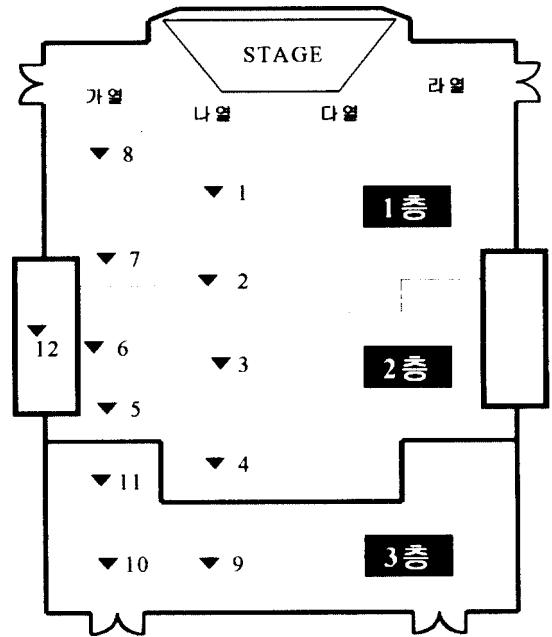


그림 2 측정위치

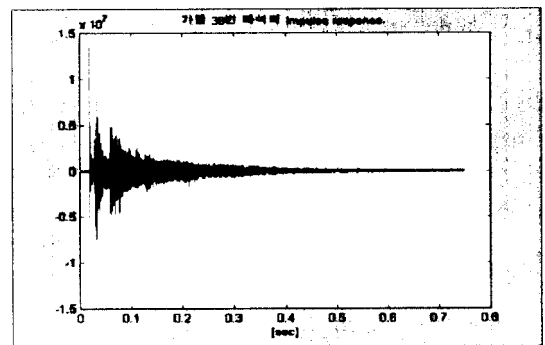


그림 3 음향반사구조물이 있는 경우의 충격응답

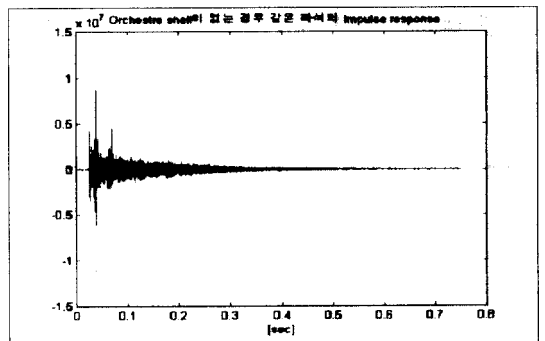


그림 4 음향반사구조물이 없는 경우의 충격응답

1.2.1 초기지연시간(initial-time-delay gap)

초기지연시간은 콘서트홀의 주관적 평가지표인 친근감과 밀접한 관계를 갖는 중요한 실내음향학의 객관적 지표이다. 그림 5와 6에서 초기 반사음의 모양을 보였다. 예악당의 초기지연시간은 표1에서 보듯이 음향반사구조물이 있는 경우 약 9내지 십수 ms 이내의 매우 좋은 값을 갖는다. 그러나, 이 음향반사구조물이 제거된 경우의 초기 지연 시간은 현저히 증가하여 친근감을 매우 떨어뜨리게 된다. 심지어 음향반사구조물이 제거된 경우 최초의 반사음을 판단하는 것이 거의 불가능하거나 어려운 경우가 있다.

좌석		1번	2번	8번
측정치	음향반사구조물이 있는 경우	11.7msec	9.2ms	10.0ms
	음향반사구조물이 없는 경우	49ms	29.4ms	14ms
계산치	음향반사구조물이 있는 경우	12.6ms	28.2ms	9.6ms

표 1 좌석별 초기반사음의 지연시간

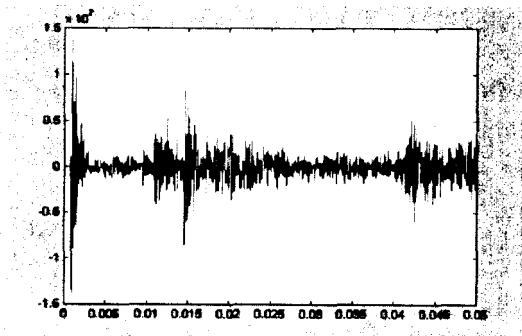


그림 5 음향반사구조물이 있는 경우의 초기 반사음

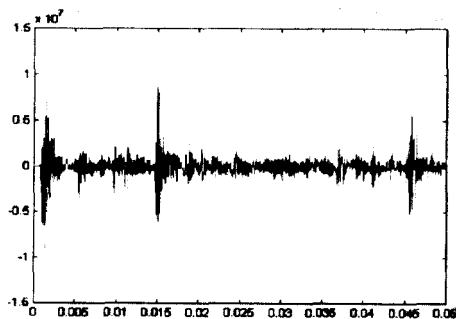


그림 6 음향반사판이 없는 경우의 초기 반사음

1.2.2 잔향시간

전 대역에 걸친 잔향시간은 모든 좌석에 걸쳐 공허

약 1초의 잔향시간을 갖는다. 이 잔향시간은 음향반사구조물(orchestra shell)이 있는 경우나 없는 경우나 큰 변화를 보이지 않는다.

다음은 각각의 주파수 대역에서의 잔향시간이다.

전반적으로 잔향시간은 매우 짧은 값을 가지며 따뜻하지 못한 음색을 가지고 있다. 또한 주파수의 증가에 따라 잔향시간이 불규칙적으로 변하고 있다.

중심주파수 [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k
측정치	음향반사구조물이 있는 경우	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.0
	음향반사구조물이 없는 경우	1.0	1.0	1.1	1.4	1.1	1.1
계산치	음향반사구조물이 있는 경우	1.01	1.04	1.01	0.98	0.93	0.81

표 2 주파수 대역별 잔향시간[sec]

1.2.3 IACC(Interaural Cross-correlation Coefficient)

콘서트홀의 공간감과 밀접한 관련을 갖는 지표로서 두 귀에 들어오는 신호의 상관관계를 나타내는 IACC가 있다. 예악당의 구조는 국내의 다른 콘서트홀과 달리 국내에서 거의 보기가 드문 슈박스(shoebox) 형태의 구조를 하고 있다. 따라서, 매우 좋은 공간감을 얻을 수 있는 구조로 되어 있으며 음향반사구조물이 있는 경우에는 확실히 좋은 값을 보이고 있다. 다음의 표2에 그 결과를 정리하였다. 직관적으로도 예측할 수 있듯이 음향반사구조물이 설치된 경우의 좌측 좌석들에서는 약 0.3 정도로 음향반사판이 설치되지 않은 경우보다 좋은 값을 보임을 알 수 있다.

좌석	1번	2번	8번
음향반사판 상자가 있는 경우	0.38	0.38	0.24
음향반사판 상자가 없는 경우	0.78	0.65	0.43

표 3 좌석별 IACC

1.2.4 명료도(Clarify) C_{50}

음악을 듣는 것을 목적으로 하는 콘서트홀에서 음악의 한 음, 한 음을 투명하게 전달하는 정도를 객관적으로 나타낸 지표로는 명료도 C_{50} 을 들 수 있다. 명료도는 다양하게 정의되므로 본 연구에서 정의한 명료도는 다음의 식과 같다.

$$C_{80} = 10 \log_{10} \left\{ \frac{\int_0^{80ms} [g(t)]^2 dt}{\int_{80ms}^{\infty} [g(t)]^2 dt} \right\} \quad [dB]$$

명료도에 대한 측정 결과들 다음의 표 3에 정리하였다. 대체로 시의 모든 좌석에서 0dB을 상회하고 있으므로 예약당의 명료도는 상당히 좋은 편이라 말할 수 있다. 음향반사구조물이 제거된 후에는 명료도가 수 dB 증가하는데 너무 많은 증가는 풍부한 공간감을 방해할 수 있으므로 좋은 결과를 가져온다고 말할 수는 없다.

	좌석	1번	2번	8번
측정치	음향반사 구조물이 있는 경우	2.0	5.0	3.0
	음향반사 구조물이 없는 경우	7.0	4.7	6.4
계산치	음향반사 구조물이 있는 경우	5.9	6.7	5.9

표 4 좌석별 명료도 C_{80} [dB]

2. 가상공간에서의 예약당의 음장특성

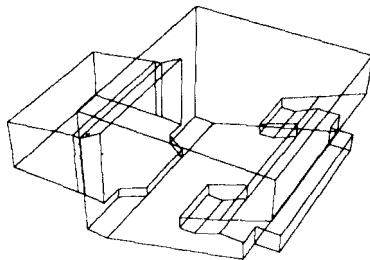


그림 7 가상적 예약당의 모델링

국악곡에 적합한 음향학적 지표를 추출하기 위하여 가상공간에서 계속 실험하기 위하여서는 만들어진 가상공간이 과연 타당한 것인가에 대한 검증이 필요하다. 진실에서 측정된 결과는 예약당의 실제 공간상에서의 음향특성이므로 측정이 잘못된 것이 아닌 이상 옳은 결과라 할 수 있다. 검증할 수 있는 가상공간은 실제의 예약당을 모델링한 경우이므로 이는 가상공간 전반에 걸쳐 가상공간이 타당한가를 가능하게 해준다. 가상공간의 실험은 CATT Acoustics를 사용하였다. 실험에 사용한 모델은 다음의 그림 7과 같다.

가상공간을 모델링하는 과정에서 가장 어려운 점은 각 재질의 흡음계수와 확산도가 얼마인가 하는 것이다. 기본적인 재질들에 대하여서는 많은 문헌에 나와 있으나 실제 예약당에 사용된 재질의 값들을 알아내는데에

는 어려움이 있다.

가상공간의 모델이 실제 모델과 유사한가의 검증은 명확한 규정이 없다. 그러나, 실내음향학에서 가장 중요한 지표라 할 수 있는 잔향시간을 비교하여 그 유사성을 검증의 지표로 삼는 것은 한 가지 방법이 될 수 있다. 가상공간에서의 잔향시간을 표1에서 측정치와 함께 요약하였다. 비교하여 보면 약 0.1내지 0.2초 정도의 차이를 보이고 있으며 비교적 비슷한 값을 보인다고 평가된다. 모델을 수정하면 더욱 근사한 결과를 얻을 수 있었으나 이에 대하여는 향후에 더 개선하여 보고자 한다.

초기 지연시간의 경우도 표2에 측정치와 비교하여 보았다. 좌석 2번을 제외하고는 대체로 비슷한 값을 보이고 있다. 초기 반사음을 규명하는 경우 대체로 반사음이 약하거나 다른 반사음과 혼재하는 경우 판단에 어려움이 있으므로 간혹 다른 반사음을 오판한 경우 매우 다른 결과를 얻는 경우가 있을 수 있다.

명료도의 경우 실제 예약당과 가상적 예약당의 경우의 결과를 표4에 정리하였다. 명료도의 경우 다른 지표에 비하여 비교적 많은 차이를 보이지만 dB 스케일인 점을 고려하면 역시 유사한 결과라 말할 수 있다.

3. 결론 및 객관적지표의 추출 방법

이상에서 살펴보았듯이 예약당의 실내 음향특성에 대하여 직접 측정하여보고, 검증할 수 있는 가상적 공간에 대하여서도 여러 객관적 지표들을 계산하여 보았다. 예약당의 음장에 대한 국악인들의 가장 큰 불만은 전기음향설비를 쓰지 않고는 공연을 할 수 없는 정도의 낮은 라우드니스에 있다. 측정결과 가장 큰 원인은 예약당내의 마감재가 지나치게 흡음률이 높아 잔향시간이 매우 낮다는 데에 가장 큰 원인이 있다. 이러한 불만을 개선하고 전통 국악곡에 적절한 여러 객관적 지표를 추출하여 국악공연장의 개선을 도모하기 위하여 앞으로의 계획을 밝히면 다음과 같다.

- 현재 가상적 예약당의 모델을 개선하여 더욱 타당한 모델의 기초를 얻는다.
- 타당한 가상적 예약당의 모델을 변형하여 여러 가지 다른 특성을 갖는 가상적 국악공연장을 만들어 낸다.
- 변형된 가상적 공연장에서의 가상 음장을 만들어 낸다.
- 가상음장을 국악인과 음향의 전문가에게 청취평가 실험하여 전통 국악곡의 대중적 공연과 음반제작에 적합한 여러 가지 실내음향학적지표를 찾아낸다.

참고문헌

- [1] H. Kuttruff, *Room Acoustics*, Elsevier Applied Science, 1991.
- [2] L. Beranek, *Concert Halls and Opera Halls*, Acoustical Society of America, 1996.