



가상 음장 시스템

(WFS 시스템을 중심으로)

김영선*

(호서대학교)

1. 머리말

WFS는 2001년 EU에서 진행된 CARROUSO 프로젝트를 통해 개발된 기술로써 음향을 재생하는 새로운 방식으로 제안되었다. WFS는 웨이브 프론트(wave front) 상의 모든 점은 구형 2차 웨이브 프론트의 점 소스(point source)로서 작용한다는 호이겐스 이론(Huygens's principle)에 기반을 두고 있다. 이 기술은 원래의 파형을 정확하게 재생할 수 있게 해주며 가상 음원을 라우드 스피커 뒤나 청취 공간 내부 등 공간상의 어느 곳에나 위치시킬 수 있다는 장점을 가진다. 또한 진행 방향에 따라서 음압레벨이 거의 감소하지 않는 특징을 가지는 평면파를 재생할 수 있는 장점도 가지고 있다⁽¹⁾.

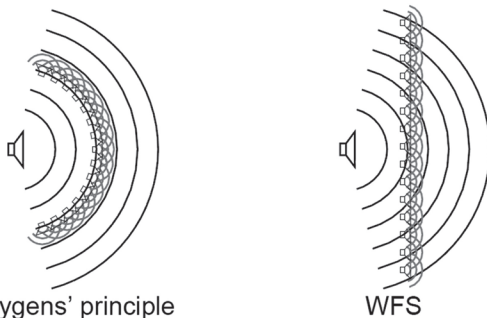


그림 1 Marije A.J. Baalman "What is Wave Field Synthesis?", Institute for Audio Communication Technische Universität Berlin, 2007, p.3

이 기술에 대해서는 이미 국내에도 여러 차례 소개된 바가 있다. 이 글에서는 Electronic Architecture와 Variable Acoustics 역사⁽²⁾를 살펴보고, 실용적 측면에서 WFS 시스템에 대해 다루고자 한다.

2. 세대별 시스템

(1) 제 1세대 - '앰비오포니(ambiophony)'

1950년대와 1960년대 초반에 잔향시간을 늘리기 위한 첫 번째 시도가 있었다. 1953년 네덜란드 아인트호벤의 필립스사에 의해 소개된 앰비오포니 시스템이 아마도 그 첫 번째인데 악기가 가까이 에 마이크를 설치해서 피드백을 방지하고 이렇게 수음된 음을 다채널 테이프 딜레이(tape delay)에 의해 재생하는 것이었다. 이 시스템은 45 dB에서 50 dB정도의 작은 음량폭을 가지며 이러한 방법으로 얻어진 잔향음색 또한 원래의 소리와 다르게 고유의 음색을 지니고 있는 단점이 있지만, 1955년에는 그 유명한 라 스칼라 극장(La Scala Theater at Milan, Italy)에 설치되어 수년간 사용되어 졌다. 하인리히 쿠틀루프(Heinrich Kuttruff of Germany)에 의해 또 다른 시도가 있었는데, 이 때는 테이프 딜레이 뿐 만 아니라 잔향 챔버, 철판, 스프링도 같이 사용되었다. 그러나 처음 시도와 마찬가지로 작은 음량폭과 음색의 변화는 여전히 문제로 남아있었다.

* E-mail : ikoh@kaist.ac.kr / Tel : (042)350-1520

(2) 제 2세대 - ‘보조 공명 시스템(assisted resonance system-AR)’

영국 런던의 로열 페스티벌홀(Royal Festival Hall in London)의 문제점들을 개선하기 위해 1960년대 피터 파킨(Peter Parkin)에 의해 개발되고 후에 AIRO사에 의해 판매되었다. 객석이 꽉 찬 상태인 만석시에 중대역 주파수의 잔향시간이 1.45초로 심포니 음악을 위한 잔향시간에는 많이 부족한 상태였다. 이 시스템은 잔향시간의 한계와 고주파의 잔향음 재생이 제한적인 단점들을 가지고 있지만, 상당히 성공적이었다고 한다. AR 시스템의 실험용 시스템은 1964년에 설치되었는데 지금까지도 사용하고 있다. 가장 큰 단점은 이 시스템에 의한 소리를 사람들이 알아차린다는데 있다.

(3) ‘다 채널 잔향기 (multiple channel reverberation-MCR)’

1967년 니코 프란센(Noco Franssen)에 의해 개발되었고 필립스사에 의해 소개되었다. 홀이 가지고 있는 잔향음을 증폭하여 처리하는 방식으로 청중에게서 나오는 소음이나 공조시스템 잡음등이 함께 커지는 단점이 있다. 1980년대 이후에 이 기술에 기초한 시스템들이 많이 설치되어 상당히 성공적인 시스템으로 알려져 있으나, 비용이 비싼 점과 위와 같은 단점이 있었다. 후에 디지털 기술을 활용하여 이러한 단점들을 보완하는 MCA(multiple channel ambiophony)가 소개되었고 이는 MCR과 ambiophony 기술을 혼합한 형태이다.

(4) 제 3세대

- ‘초기 반사에너지 시스템(early reflected energy system-ERES)’

1970년대 초에 크리스토퍼 자페(Christopher Jaffe)에 의해 개발된 시스템으로 오케스트라 셀 내부로부터 나오는 소리의 방향을 향상시킨다. 기본적으로 여러 대의 마이크로폰을 오케스트라 셀 안쪽에 배치하고 세 개 채널의 디지털 타임

딜레이를 사용하는데 첫 번째 지연된 소리는 무대 덮개부에 위치한 스피커로 재생하고 나머지 두 지연된 소리는 홀의 상부에 잔향을 부가하기 위한 스피커로 재생한다.

- ‘요청에 의한 잔향(reverberation on demand-RODS)’

1985년 영국 런던의 에이엠에스(AMS Acoustics Ltd.)사의 피터 바넷(Peter Barnett)에 의해 개발되었다. 악기들로부터 직접 나오는 소리를 수음하도록 마이크들을 배치하고 이 마이크 신호는 디지털 필터를 거쳐 잔향기로 연결된다. 초기 반사음의 보충이 필요해서 ERES시스템과 혼합하여 구성되는 시스템이다. 미국 몇몇 곳에 설치되었다.

- ‘음향 조절 시스템(acoustic control system-ACS)’

1988년 네덜란드의 델프트 대학(Delft University, Netherlands)에서 소개된 시스템이다. 음파장 재구성(wave field reconstruction)이라는 과정을 거쳐 음장을 재현하는 시스템으로 상업적으로는 ‘음향의 입체(acoustic holography)’ 라는 표현으로 알려져 있다. 지금은 더 이상 개발이 진행되고 있지 않다.

- ‘렉시콘 어쿠스틱 잔향 향상 시스템(lexicon acoustic reverberation enhancement system (LARES))’

1990년 렉시콘사는 종전의 성공적인 음향효과 기기 480L을 기초로 LARES를 소개한다. 렉시콘사는 이 시스템으로 캐나다 토론토의 엘진극장(Elgin Theater in Toronto, Canada)의 음향적 문제점들을 보완하게 되는데 상당한 성공을 거두게 된다. 이 시스템은 앞서 소개한 시스템들에 비해 훨씬 작은 수예를들어 2대에서 8대 정도의 마이크들을 약 무대위 6m높이에 설치해 수음하고 2대 또는 3대의 480L에 마이크 신호를 보내게 되는데, 결과적으로 3대의 480L 시스템이 MCR 시스템 96채널과 비견할 만한 성능을 발휘하게 된다. 따라서 상대적으로 매우 낮은 예산으로 시스템을 구성할 수 있다.

- '향상된 음향성능을 위한 시스템(system for improved acoustic performance-SIAP)

1988년 부족한 반사음과 잔향, 연주형태에 따른 직접음을 보충하여 최적의 음향을 제공하기 위한 목표로 개발을 시작했다. 기존 홀의 음향특성을 지니면서 기존 홀이 가지고 있는 단점들을 보완하여 자연스러운 음향을 구현한다. 일반적으로 한정된 수의 마이크로폰을 무대 전면부 8~12 m지점에 배치하고 이 마이크들은 무대의 직접음과 반사음을 수음하여 디지털 프로세서로 소리신호를 보내게 된다. 사용자가 소프트웨어로 시스템을 제어할 수 있고 현재 유럽, 홍콩, 뉴욕등 약 18개소 이상의 극장에 설치되어 있다.

위와 같이 신호처리과정을 통해 가변음향을 구현하는 시스템을 '능동형 가변음향'이라 지칭하고 인라인 시스템(in-line system-non regenerative system)과 인라인 시스템이 아닌(non-inline system-regenerative system) 것으로 구분하기도 한다⁽³⁾.

- In-line system(non regenerative system)
 - ERES(early reflected energy system)
 - Delta stereophony system
 - SIAP(system for improved acoustic performance)
 - ACS(acoustic control system)
- Non-inline system(regenerative system)
 - VRAS(variable room acoustic system)
 - Phillips multichannel amplification of reverberation(MCR)
 - Carman

2014년 현재 최근 시스템으로는 Meyer Sound의 constellation, Yamaha CA의 AFC, 그리고 WFS 기반의 시스템 등이 많은 공간에 설치되고 있다.

3. WFS 시스템

WFS는 그 시스템을 구현하는데 있어서 무한한 연속적인(continuous) 파면을 유한한 불연속적인(discrete) 라우드스피커 배열을 통하여 재생한다. WFS 시스템의 레퍼런스 스피커의 형태는 그림 2와 같이 스피커 간 간격이 좁은 것으로 한다⁽⁴⁾. 따

라서 이로부터 발생하는 spatial alias 및 truncation effect 등과 같은 문제점이 발생한다⁽⁵⁻⁸⁾. 이에 대해 Cornelius Bradter Carl⁽⁹⁾은 특히 고음역대에서 발생하는 문제점을 해결하기 위해 88 cm 리본트위터(ribbon tweeter)를 활용하여 스피커를 제작하기도 하였다.

오늘날 3D 영상이 나날이 발전해감에 따라 공간 구현 알고리즘과 같은 3D 영상에 적합한 오디오 솔루션에 대한 요구가 늘어가고 있다. 음향제작과 재생의 진화과정을 살펴보면 그림 3과 같다⁽¹⁰⁾.

기술적인 측면에서 WFS는 이러한 필요에 가장 적절한 알고리즘으로 알려져 있다. 다만 다량의 스피커가 요구되고 있으므로 이에 대해 가능한 스피커 개수를 최소로 하고자 하는 노력이 있다⁽¹¹⁻¹³⁾.

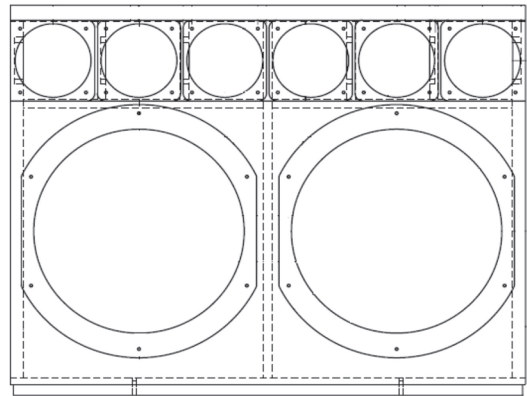


그림 2 WFS 시스템의 레퍼런스 스피커의 형태

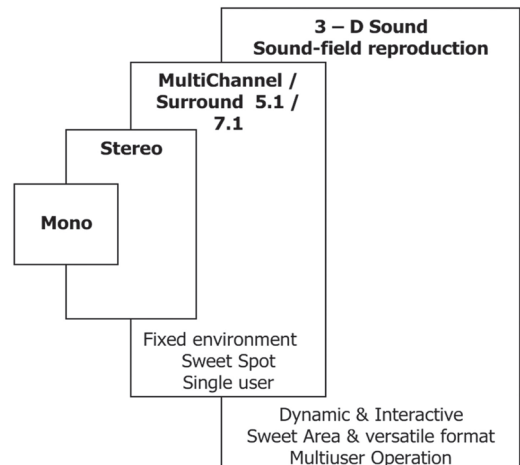


그림 3 음향제작과 재생의 진화과정

최근 시스템 구성으로는 시스템 입력 신호 채널수는 64채널에서 128채널 그리고 출력 신호 채널 수는 무한의 채널수를 갖는다. 출력단의 각각의 스피커로 고유한 impulse response가 할당될 수 있고 이에 따라, 입력된 신호의 채널수와 상관없이 고유한 아웃단의 채널수를 갖게 된다⁹⁾.

WFS는 야외 공연장을 포함함 대형 청취 공간을 위주로 연구되고 있으나, home theater와 같은 소형화에 대한 요구도 있다. 이에 대한 실험으로 소형 WFS 시스템에 대한 실험이 성공적으로 진행된바 있다¹⁴⁾.

마지막으로 WFS는 현재 고품질, 고효율의 음장 녹음, 인코딩, 전송, 디코딩, 렌더링이 가능한 기술로써 그 활용도가 높아 지속적인 논의가 일어나고 있으며, 2005년 이후 매우 활발히 설치가 진행되고 있는 기술로써 향후 지속발전가능성이 있는 주목할 만한 기술로 인정받고 있다. **KSNVE**

참고문헌

- (1) 유재현 외 4인, 2009, WFS의 원리와 활용에 관하여, 한국음향학회지, 제28권, 제8호, pp. 688~696.
- (2) Prinssen, W. et al., The History of Electronic Architecture and Variable Acoustics, The Netherlands and Dr.Peter D' antonio, RPG Diffusor Systems Inc, Upper Marlboro, Maryland, USA.
- (3) Poletti, M.A., 2010, Active Acoustic Systems for the Control of Room Acoustics, Industrial Research Limited, Proceedings of the International Symposium on Room Acoustics, ISRA 2010.
- (4) Mauer, S. and Melchior, F., 2011, Design and Realization of a Reference Loudspeaker Panel for Wave Field Synthesis, IOSONO GmbH, Presented at the 130th AES Convention.
- (5) Wittek, H., 2003, Perception 01 Spatially Synthesized Sound Fields, <http://www.hauptmikrolon.de/wittek.htm>.
- (6) de Vries, D. and Vogel, P., 1993, Experience with a Soundenhancement System based on Wave Front Synthesis, AES91st Convention, Paper no, 3748.
- (7) Kelloniemi, A. and Mettala, K., 2006, A Plane Wave Transducer:Technology and Applications, AES 2ft Convelion, Paper no 6945.
- (8) Pueo, B. et al, 2006, Analysis 01 Spatial Resolution 01 Multiactuator Panels, AES 12dh Convelion, Paper no, 6733.
- (9) Carl, C. B., 2008~2014, Member of Research Staff at the Film and Television University Potsdam Babelsberg, person responsible for projects in digital signal processing (semantic audio), acoustics (acoustic measurement, wavefield synthesis, acoustic camera, room simulation), electronic design (audio technology, FPGA-design) and computer science (media databases).
- (10) Corteel, E., Caulkins, T. and Kuhn, C., A Quick Introduction to Wave Field Synthesis, Sonic Emotion.
- (11) Frank, M., Udo, H. and Judith, L., 2011, Perceptual Evaluation of a Spatial Audio Algorithm Based on Wave Field Synthesis Using a Reduced Number of Loudspeakers, AES convention Paper no. 8575.
- (12) Mauer, S., Melchior, F. and Dausel, M., Design and integration of a 3D WFS System in a cinema environment including ceiling speakers - a case study, IOSONO GmbH, 99094 Erfurt, Deutschland, Email: stephan.mauer@iosono-sound.com
- (13) Yoo, J.-H. et al., 2011, Subjective Listening Experiments on a Front and Rear Array-Based WFS System, ETRI Journal, Volume 33, Number 6.
- (14) Kim, Y. S., 2014, Planted - a Multimedia Installation, Ars Electronica Festival.