

방송필수 음향기술 - 12

다양하고 빠르게 변화하는 방송미디어의 흐름 속에 방송음향은 나날이 눈부신 발전을 거듭해오고 있다. 방송제작에 있어 진보된 음향제작기술은 상당히 중요한 경쟁력이며, 이것을 달성하기 위해서는 단지 최신의 음향장비만으로는 불가능하다. 즉, 기본적으로 음향에 대한 지식과 경험을 바탕으로 한 엔지니어의 능력이 필수인 것이다. 바로, 이 글은 방송음향엔지니어들이 실질적으로 방송에 이상적인 음향을 만드는데 필요한 지식과 정보, 그리고 더 나아가 방송음향관련 행정담당자에게도 쉽게 음향에 대한 이해를 돕는 실무 지침서가 되는 것을 목적으로 한다.

지난 장에서는 건축음향에 대해 알아보았다. 이번 장에서는 전기음향에 대해 자세히 알아보겠다.

전기음향(電機音響, electro acoustics)의 개념

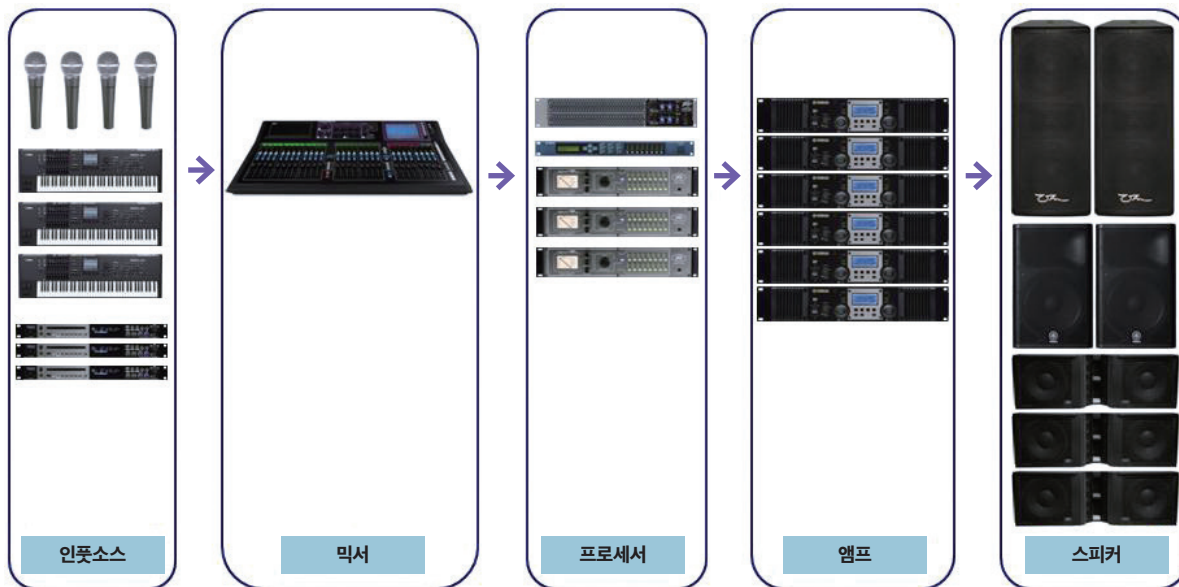


그림 1. 전기음향 오디오 체인

전기음향이란 전기와 관련된 음향으로 전기와 음향의 상호작용(相互作用)과 상호변환(相互變換)을 다루는 분야를 말한다. 쉽게 얘기하면 실무에서는 그림과 같이 마이크를 포함한 인풋소스, 믹서, 프로세서, 앰프, 스피커에 이르는 전기전자음향기기(電機電子音響器機)의 오디오 체인(audio chain : 음향기기가 연결된 구조)과 전기환경적인 모든 것을 포함하는 분야가 전기음향분야인 것이다. 음향 분야에서 이것을 필수적으로 알아야 하는 이유는 다음과 같다.

소리 에너지는 객관적인 수치로 정의되어야 한다

인간의 청각특성(聽覺特性)은 선천적, 후천적으로 사람마다 다르며, 특히 연령이 증가할수록 고주파가 적게 들리는 생물학적(生物學的)인 한계를 가지고 있다. 또한 듣는 능력 외에 같은 소리라도 느끼는 감정에 차이가 있을 수 있다. 예를 들어, 고음이 많은 소리는 어떤 사람에게는 또렷한 소리로 느껴질 것이고, 어떤 사람에게는 날카로운 소리로 느껴질 것이다. 또한 소리의 크기도 그냥 소리가 크다는 표현이나 작다는 표현은 확실한 소리 크기의 기준이 될 수 없다. 바로 이러한 주관적인 인간 개개인의 귀로 듣는 측정은 각각 다르기 때문에 객관적인 소리의 기준이 될 수가 없으며, 좋은 음향을 완성하는 일은 매우 어려울 것이다. 그렇기 때문에 이러한 소리 에너지는 객관적인 수치로 정의되어야 하는 것이다.

물론 소리가 객관적인 수치로 측정되고 계산된다고 해서 그것만을 가지고 음향을 정의할 수는 없다. 왜냐하면 결국 그 소리를 듣는 우리 인간의 청감(聽感)을 무시할 수 없기 때문이다. 그러나 중요한 것은 소리를 전기신호로 수치화함으로써 보다 정확하고 객관적인 음향을 만들 수 있는 것은 분명하다.

참고 : 데시벨(dB : decibel), 소리를 수치로 표현하다.

데시벨은 소리의 크기를 나타내는 단위이다. 전통적으로 음향통신의 도구는 손확성기였다고 한다. 메가폰(megaphone)과 같은 혼에 대고 사람이 말을 하면 소리가 확산되는 장치이다. 반면에 전기적 확산장치는 전화기(telephone)가 시초로 알려져 있다. 즉, 정보를 멀리까지 전달하기 위해서는 소리를 전기에너지로 변환하는 기술이 필수적이었기 때문이다. 여기서 전화를 발명한 미국의 과학자 벨과 관련된 음향의 기본 단위, 데시벨(dB: decibel)에 대해 자세히 알아보자.

데시벨의 일반적 개념

마이크의 전기적인 특성을 공부하면서 나오는 데시벨에 대해 알아보자. 음향은 소리에 대한 전문분야이고, 바로 이 소리에 대한 중요한 수치적인 값의 단위가 데시벨이기 때문에 음향을 공부하는 사람들은 필수적으로 데시벨에 대해서 알아야 한다.

요컨대, 데시벨(decibel)은 소리의 상대적인 크기를 나타내는 단위이다. 여기서 상대적(相對的 : relative)이란 말은 그냥 존재하는 것이 아닌 무엇인가 비교 기준이 있다는 것이다. 반대로 절대적(絶對的 : unconditional, absolute)란 말은 비교 기준 없이 무조건적으로 예외가 없다는 것을 의미한다.

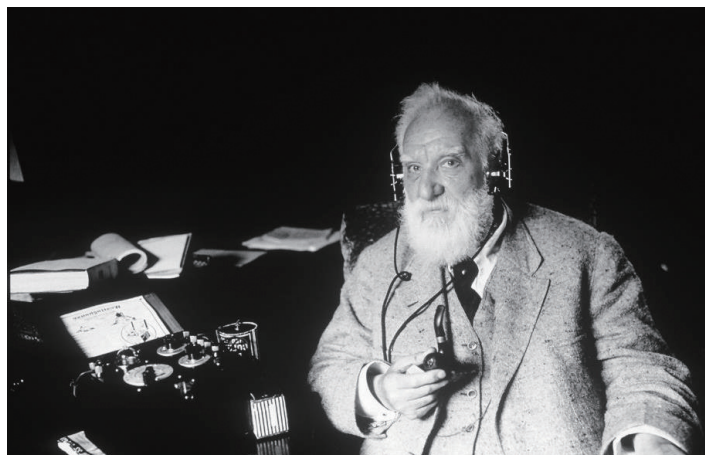


그림 2. Alexander Graham Bell

이것에 대한 좀 더 쉬운 이해를 위해서 예를 들면, 교육에서 상대평가(相對評價 : relative evaluation)라는 것은 한집단 내의 다른 구성원들과 비교한 상대적 위치로써 개인의 학력을 평가하는 일을 의미한다. (예 : 100점 만점에 상대적인 기준인 전체 학생의 실제 평균 점수를 기준으로 평가하는 것) 반면에 절대평가(絶對評價 : absolute evaluation)는 학습자의 학업 성취도를 절대적인 기준에 따라 평가하는 일이다. (예 : 100점 만점에 무조건 60점 이상을 취득해야 합격이다.)

다시 본론으로 들어가 데시벨은 '소리의 상대적인 크기를 나타내는 단위이다.' 라고 하는 것은 소리라는 것은 소리측정 장치를 통해 측정이 가능한 반면 현실적으로 인간의 귀를 통해 평가되는 양면성을 가지고 있기 때문에 상대적으로 기준이 되는 값을 설정하는 것이 필요했던 것이다.

데시벨의 어원적 개념

데시벨은 deci와 bel이 결합된 합성어이다. '데시'(deci)는 미터법의 보조 단위로 1/10을 의미하는 접두어이며, '벨'은 전화기를 발명한 벨(영국, lexander Graham Bell)을 의미한다.

데시벨의 수학적 개념

데시벨은 음향적, 전기적 측정이 중요한 단위이다. 데시벨은 전압과 같은 2개의 양의 비를 나타내는 수이다. 이것은 실제 대수비(對數比)로 큰 수의 범위를 측정하는 것을 목적으로 한다. 데시벨을 구하는 공식에는 로그(log)가 등장한다. 필자의 기억으로 고등학교 때 등장하는 로그는 일반 수학에서도 계산이 복잡한 성질의 수학에 적용된다. 실제로 로그의 발견은 16세기에 천문학이 급속도로 발달하여, 계산의 복잡성 때문에 천문학자들이 많은 고통을 받았다고 한다. 그러한 수학적인 고통을 덜어준 것이 바로 로그의 발견이다. 여기서 데시벨 계산에서 필수적인 로그의 기본적인 정의 정도는 한번 살펴보도록 하자.

로그의 정의

$$a > 0, a \neq 1, b > 0 \text{ 일 때, } a^x = b \leftrightarrow x = \log_a b$$

$a > 0, a \neq 1$ 일 때, 임의의 양수 b 에 대하여 $a^x = b$ 를 만족시키는 실수 x 는 오직 하나 존재한다. 이 실수 x 를 a 를 밑으로 하는 b 의 로그라고 하고 $x = \log_a b$ 로 나타낸다. 이 때 b 를 $\log_a b$ 의 진수라 한다.

참고 1. 로그의 정의

이제 음향에서 자주 사용되는 전압과 전력에 대한 데시벨 값을 구하는 공식을 보자.

먼저, 전압(voltage)에 대한 데시벨 값을 구하는 공식이다. 이것은 음압레벨(SPL : Sound Pressure Level)을 구할 때 사용된다.

$$\text{SPL(dB)} = 20 \times \log\left(\frac{V}{V_0}\right)$$

여기서 20은 상수(常數 : 변수에 대하여 항상 일정한 값을 취하는 양)이고 V 는 순간전압, V_0 는 상대 전압(기준전압 : 수학의 분수에서 분모는 도출 값의 기준이 된다. 보통 표현할 때, 이것에 대한 순간전압이라고 표현)이다. 그리고 로그는 밑이 10인 상용로그이다.

실제로 위의 공식을 응용하여 문제를 풀어보자. 예를 들어, 200볼트와 2볼트간의 dB 값을 구하면 다음과 같다.

$$\text{dB} = 20 \times \log(200/2)$$

$$\text{dB} = 20 \times \log(100)$$

$$\text{dB} = 20 \times 2$$

$$\text{dB} = 40$$

즉, 200볼트는 2볼트 보다 40dB 크다.

그럼 0.003볼트와 3볼트간의 데시벨의 관계를 어떤가?

$$dB = 20 \times \log(0.003/3)$$

$$dB = 20 \times \log(-1000)$$

$$dB = 20 \times -3$$

$$dB = -60$$

즉, 0.003 볼트는 3볼트 보다 -60dB 작다.

참고로 이러한 공식을 바탕으로 쉽게 알 수 있는 것은 다음과 같다.

V이 V_0 와 같다면 0dB 차를 갖는다.

V이 V_0 와 2배 차이가 나면 6dB 차를 갖는다. (* $\log 2 = 0.30102999566$, 약 0.3)

V이 V_0 와 10배라면 20dB 차를 갖는다. (* $\log 10 = 1$)

V이 V_0 와 100배라면 40dB 차를 갖는다. (* $\log 100 = 2$)

V이 V_0 와 1000배라면 60dB 차를 갖는다. (* $\log 1000 = 3$)

음향을 위한 다음 전압 차에 따른 데시벨의 차 정도는 암기하자.

1배(같은)=0dB, 2배=6dB, 3배=10dB, 5배=14dB, 10배=20dB, 100배=40dB, 1000배=60dB

이것을 바탕으로 다음과 같은 전압차에 대한 데시벨 값을 쉽게 구할 수 있다.

30배이면 $30=3 \times 10$ 이므로 3배의 10dB와 10배의 20dB를 더하면 $10+20=30$ 으로 약 30dB가 됨을 알 수 있다.

15배이면 $15=3 \times 5$ 이므로 3배의 10dB와 5배의 14dB를 더하면 $10+14=24$ 로 약 24dB가 됨을 알 수 있다.

이제, 전력(power)에 대한 데시벨 값을 구하는 공식을 보자. 이것은 일반적인 소리의 크기를 구할 때 사용된다. 그 이유는 전력은 최종 스피커의 출력 소리단위이다. 그러므로 인간의 귀에 도달하는 소리의 크기는 전력개념으로 계산한다.

$$PWL(dB) = 10 \times \log\left(\frac{W}{W_0}\right)$$

여기서 10은 상수(常數 : 변수에 대하여 항상 일정한 값을 취하는 양)이고 W는 순간전력, W_0 는 상대 전력(기준전력 : 수학의 분수에 서 분모는 도출 값의 기준이 된다. 보통 표현할 때, 이것에 대한 순간전력이라고 표현)이다. 그리고 로그는 밑이 10인 상용로그이다.

참고로 데시벨과 같이 상대적인 기준이 있어야 구하는 이러한 수학은 일상에서 매우 많다. 그 중 예를 들어 여름철 불쾌지수(不快指數 : discomfort index)라는 것은 인간이 느끼는 것인데 어떻게 그것을 수치화하는가이다. 이러한 것을 만들 때는 전체의 표본 집단의 상대적인 평균값이라는 것이 필요한 것이다. 불쾌지수 = 0.72 (기온 + 습구온도) + 40.6으로 계산한다. 불쾌지수가 80 이상인 경우에는 대부분의 사람이 불쾌감을 느낀다고 한다.



그림 3. 일반적인 라이브 공연

[그림 3]은 일반적인 라이브 공연이다. 그러나 이것은 경우에 따라 무대 후면의 중앙이 아닌, 측면에서 소리를 조절해야 하는 경우이다. 측면 컨트롤은 잘 아는 대로, 메인 스피커의 정면이 아니기 때문에 전체적인 음의 출력레벨을 귀의 감각으로 맞추는 것이 쉽지 않다. 필자가 여러 번 경험한 것은 음향 중 특히, 라이브로 진행되는 공연은 공연장의 상황이나 엔지니어의 귀의 상태에 따라 전체적인 소리를 육감으로 확인할 수 없는 환경에 자주 직면한다. 이때 dB 값에 대한 이해와 그 변화치를 적절히 파악하고 있다면 보다 객관적이며 안정적인 사운드를 만들 수 있다.

필수적으로 암기하면 좋은 dB 변화에 대한 인간의 느낌

dB 값	인간의 느낌
1dB	변화를 못 느낌
3dB	변화를 약간 느낌
6dB	변화를 확실하게 느낌 *이러한 이유로 음향기기에 고정 스위치 방식으로 dB 값을 가감치하는 데 많이 사용됨
10 dB	변화를 2배로 느낌
20 dB	변화를 4배로 느낌

간단한 문제를 통한 dB 값에 대한 이해

· 하나의 음원 값이 X dB 일 때, N개의 음원을 동시에 구동하면 몇 dB인가?

$$\text{공식 : Total dB} = X + 10\log N$$

예 1] 1개의 스피커의 음압레벨(SPL)이 90dB일 때, 100대를 구동시키면 총 몇 dB인가?

$$\text{Total dB} = 90 + 20\log 100 = 90 + 40 = 130\text{dB}$$

예 2] 1대의 통기타의 음량(W)이 90dB이면 2대를 동시에 연주하면 총 몇 dB인가?

$$\text{Total dB} = 90 + 10\log 2 = 90 + 3 = 93\text{dB}$$

위의 예에서 볼 수 있듯이 dB는 대수계산을 하여야 한다. 그러므로 무조건 dB 값을 음원에 더해서는 안 된다. 먼저 구하고자 하는 것이 전압(SPL)인지 전력(W)인지 확인하고 대수 계산을 통해 dB 값을 구해야 한다.

참고로 변화를 확실하게 느끼는 변화값이 6dB라는 것을 기억하자. 이것은 전력의 4배 변화치이다.

보통 생활에서 밤의 소음은 40dB 정도, 조용한 지역의 일반 주택가 낮 소음은 50~55dB, 시내 번화가에서의 교통소음은 70~80dB 정도이다. 제트엔진의 소음은 150dB에 근접한다.

최저의 기준 레벨(0dB)로 하면, 1dB의 소리는 정상적인 사람의 귀에 잘 들리지 않는 작은 소리이다. 귀가 견딜 수 있는 최고로 강한 음은 120~140dB 정도 된다. 80dB 이상의 소음을 오랜 기간 계속 들으면 평생 청각장애인이 될 수도 있다. 그렇기 때문에 일상에서 많은 헤드폰이나 이어폰 제조사들은 장기간의 높은 음압에서 제품사용을 경고하고 있다.

전기음향기기는 전기신호를 사용한다.

소리에너지를 전기에너지로 바꾸는 대표적인 음향장치가 바로 마이크이다. 마이크의 부품을 얘기할 때, 보통 머리 부분을 변환기(transducer)라고 하는 이유도 바로 소리 에너지를 전기에너지로 바꾸기 때문이다. 소리에너지는 마이크를 통하여 전기신호로 변환된다. 믹서를 거쳐 프로세서 앰프 그리고 스피커를 통해 전기에너지가 소리에너지로 변환된다.

음향기에서 앰프의 전력출력레벨 외에 다른 주요 기기들은 전압출력레벨이다. 이것을 다음과 같이 마이크, Aux 또는 Tape, 라인 레벨로 나눌 수 있다.

- 마이크 레벨 : 약 0.00025V 또는 -72dBV
- Record Out, Aux 또는 Tape : 약 1mV 또는 -20dBV (MP3, CD, Tape, VCR)
- 라인레벨 : 약 1V 또는 0dBV

마이크 신호는 Aux, Tape, Line 레벨의 입력에서는 동작하지 않는다. 왜냐하면 입력으로 들어오는 마이크 레벨 신호가 매우 미약하기 때문이다. 반면에 Aux, Tape, Line은 신호가 마이크 레벨 보다 약 100배 강하기 때문에 마이크 레벨 신호 입력구에서 제대로 동작하지 않는다. 이러한 경우는 입력신호가 매우 강하기 때문에 신호가 왜곡된다.

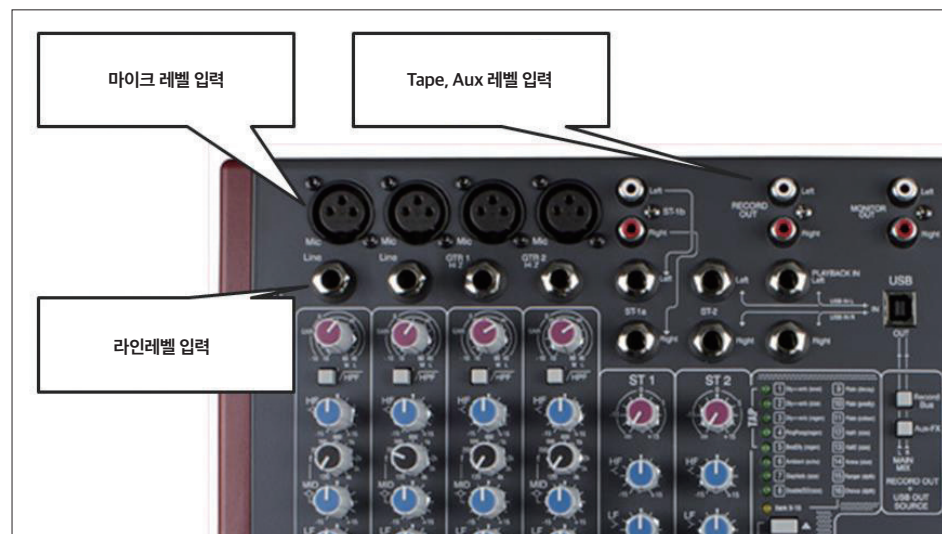


그림 4. 믹서에서의 다양한 레벨 입출력

여기서 실제로는 크게 마이크 레벨과 라인 레벨로 나눌 수 있는데, 그럼에도 불구하고 테이프 레벨이 있는 것은 현재 테이프가 사용되지 않음에도 불구하고 전통적으로 표현자체가 높음을 위하여 특히 출력이 일정 레벨로 나오는 입출력을 테이프로 정의하여 사용한다. 이것의 용도는 주로 녹음을 하는 것 자체의 볼륨 조절이 있는 가변 저항이 아닌 일정 레벨이 그냥 나오는 것을 입력을 받는 기기에서 조절하는 것이다. 실제로 그래서 이것을 들어보면 소리가 라인 레벨보다 다소 작다.

전기음향의 측정



그림 5. 다양한 입출력신호를 다루는 사운드 엔지니어

다양한 입출력의 음향신호들을 다루는 사운드엔지니어는 본인의 귀로 듣는 음의 크기뿐만이 아니라 객관적인 수치의 음에 대한 개념이 정립이 되어 있어야 한다. 먼저 소리의 구체적인 수치는 음향기기의 사용 이전에 정확한 측정부터 시작된다. 특히, 전기음향 측정은 음향의 기본적인 부분이기 때문에 음향에서 상당히 중요하다. 여기서 문제는 소리 에너지를 어떠한 기준으로 측정을 하느냐의 문제이기 때문이다. 실제로 실무에서 음향 엔지니어들이 흔히 사용하는 방법은 RTA(Real Time Analyzer)와 관련된 하드웨어 장비와 소프트웨어 장비이다.

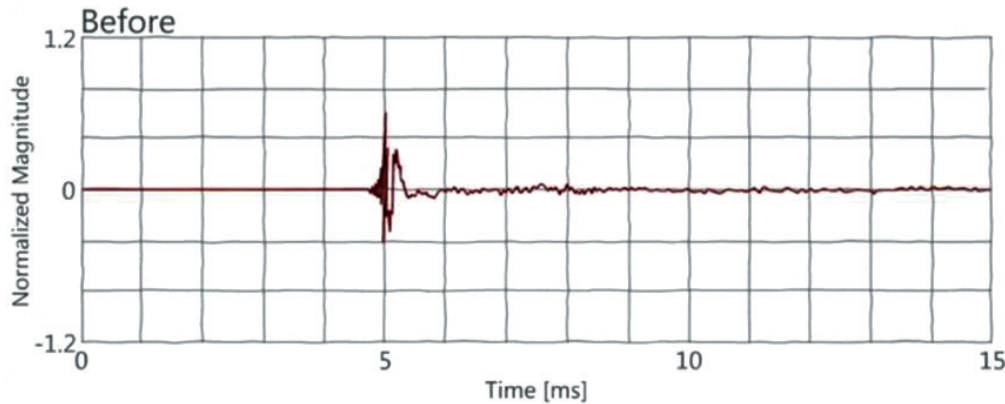


그림 6. 임펄스 응답

보통 엔지니어들은 주파수 응답 그래프를 통하여 음향적인 상황을 파악한다. 그러나 중요한 것은 임펄스 응답(impulse)을 통하여 보다 실제 시간에 따른 변화를 파악할 수 있는 측정이 필요하다. 임펄스 응답이란 순간적으로 모든 주파수 대역이 포함된 펄스를 음향 기기에 입력하여 그에 따른 반응을 시간변화에 따라 측정할 수 있는 매우 좋은 방법이다. 이것의 강점은 흔히 사용하는 보통 100Hz ~ 10,000Hz를 10초 안에 순차적으로 출력하여 측정하는 스위프(sweep)보다 시간에 따른 변화치를 현실적으로 측정한다는 것이다. 임펄스는 전대역의 에너지를 가지고 있다. 차이점은 시간대역에서의 원인을 정확하게 알 수 있다. 그러한 면에서 스위프보다 좋다. 반면에 단점은 실제 '딱'하는 소리 임펄스는 에너지가 너무 작다. 그러므로 원하지 않는 잡음에 묻힐 수 있다. 즉, 측정환경에 따라 신호대 잡음비가 좋지 않을 수 있다.



그림 7. 전달함수

전기음향에서 신호의 변화에 대해 알아야 할 것은 전달함수이다. 함수란 변수 x 와 y 사이에 x 의 값이 정해지면 따라서 y 값이 정해진다는 관계가 있을 때, y 는 x 의 함수라고 한다. 변수 x 의 함수 y 는 $y = f(x)$ 로 정의한다. 쉽게 얘기해 함수란 어떤 재료를 넣어 새로운 값을 만드는 틀이라고 생각하면 이해하기 쉽다.

그림에서 입력 x 가 시스템(전달함수)을 거쳐 y 로 출력된다. 여기서 시스템이란 [그림 1]의 음향시스템의 연결 오디오 체인으로 이해하면 된다. 즉, 본래 소리입력신호(x)는 전기음향을 통하여 최종출력신호(y)로 출력된다. 그렇다면 임펄스 응답 측정에 있어, 시스템을 어떻게 표현하는가는 임펄스 응답의 라플라스 변환(Laplace transform)을 통해 알 수 있다. 전달함수[傳達函數, transfer function]는 라플라스 변환법에 의한 선형 자동 제어계의 해석에 있어서 상당히 중요한 함수로, 제어계의 응답을 나타내고, 보통 모든 초기값을 0으로 할 때의 출력 신호와 입력 신호의 라플라스 변환의 비로 정의된다. 예를 들면 입력 신호 $b(t)$, 출력 신호 $c(t)$ 의 관계가

$$T \frac{dc}{dt} + c = kb \quad (T, k : \text{상수})$$

로 나타내는 요소의 전달 함수 $G(s)$ 는 위 식을 라플라스 변환하여

$$G(s) = \frac{L[c(t)]}{L[b(t)]} = \frac{k}{1+Ts} \quad (s : \text{라플라스 변환 파라미터})$$

위 예에서 알 수 있는 것과 같이 전달 함수는 그 요소의 성질을 나타내는 미분 방정식과 완전히 등가인 것이고, 입력에 대한 출력의 관계를 일반적인 형으로 표현하고 있는 것인데, 다시 전달함수에서 각종 입력에 대한 응답을 구체적으로 구할 수 있다.

전기음향의 환경

음향에서 전원을 통해 공급되는 전기는 또한 매우 중요하다. 즉, 질 좋은 전기를 사용함으로써 음질에 잡음을 방지할 수 있다. 여기서 질 좋은 전기란 음향전용으로 같이 운용되는 장비로부터 잡음과 같은 간섭을 받지 않는 깨끗한 전기를 말한다. 흔히 발생하는 문제가 조명이나 건물의 엘리베이터와 같이 큰 동력(動力)을 사용하는 곳의 전원과 함께 사용할 경우 발생하는 전기 잡음이 음향기기에 악영향을 주는 경우이다. 그러므로 반드시 음향전원은 별도로 고려되어야 하며 소비전력도 사전에 계산되어 전력의 모자람이 없이 음향기기에 공급되도록 하여야 한다. 음향기기까지 전기가 공급되는 과정을 간단히 정리하면 발전소에서 전기를 만든 후에는 생성된 전기를 먼 거리로 보내기 위해 전압을 154KV, 345KV 등으로 높여주는 송압의 과정을 거쳐 송압된 전기는 송전소에서 지상 및 지하의 전선을 통해 가까운 변전소로 보내진다. 높은 전압을 사용하기 위해서는 22.9KV, 6600V 등으로 감압한다. 이러한 감압 과정은 1차 변전소에서 1차 감압을 한다. 그리고 2차 변전소에서 2차 감압을 한다. 그리고 아파트, 공연장 또는 시설 건물의 변전실에서 220V로 변환한다. 그다음 주상 변압기를 거쳐 사용장소로 전송된다. 사용장소에서는 콘센트에 기기 플러그를 꽂으면 전기가 들어오게 되고, 기기 내부에서는 트랜스포머를 사용하여 교류를 직류로 바꾸어 주어 음향기기가 동작하게 된다.

이 장을 통해 언급된 대로 전기음향은 음향에서 필수적이며 매우 중요한 분야이다. 반면에 음향은 전기음향만이 전부가 아니라 건축음향, 물리음향 이 모두를 고려하여야 완전한 음향을 구축할 수 있다는 것을 숙지하길 바란다. 

참고

www.sona.co.jp, <http://www.advancedacoustics-uk.com>, www.rpg-europe.com, 인테리어 용어사전, 화학대사전, 건축용어사전, electronics fundamentalsm Thomas L. Floyd