

극장 입체 음향의 스피커 최적 설계

2008006176 전은영
2008005689 하정민

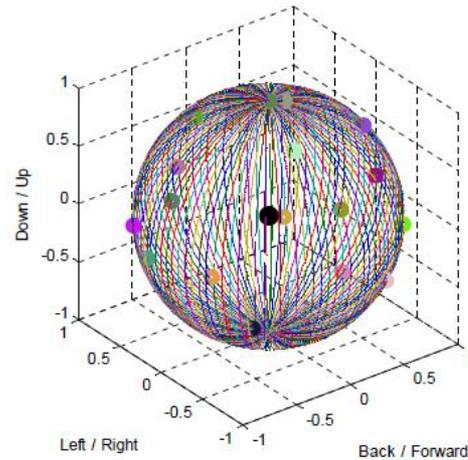
Contents

- Introduction
- Optimization Process
 - Project/Problem Statement
 - Data and Information Statement
 - Identification/Definition of Design Variables
 - Identification of a Criterion to be Optimized
 - Identification of Constraints
- Graphical Solution
- Conclusion

Introduction



Introduction



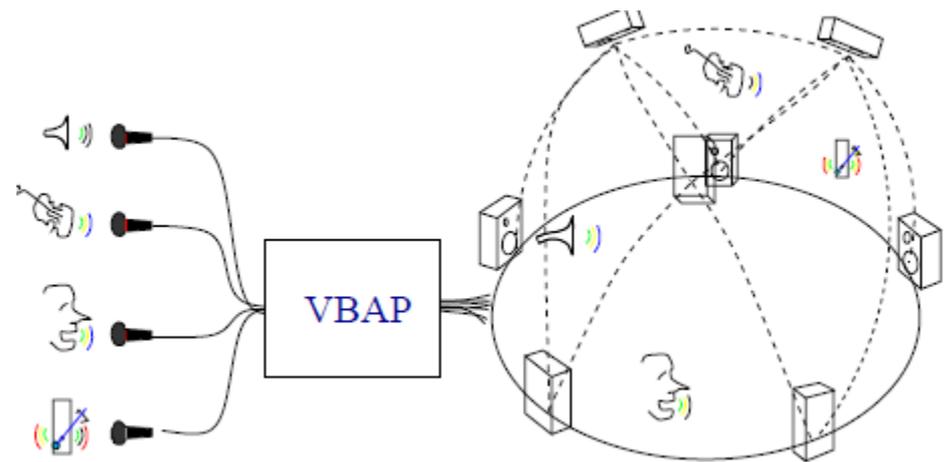
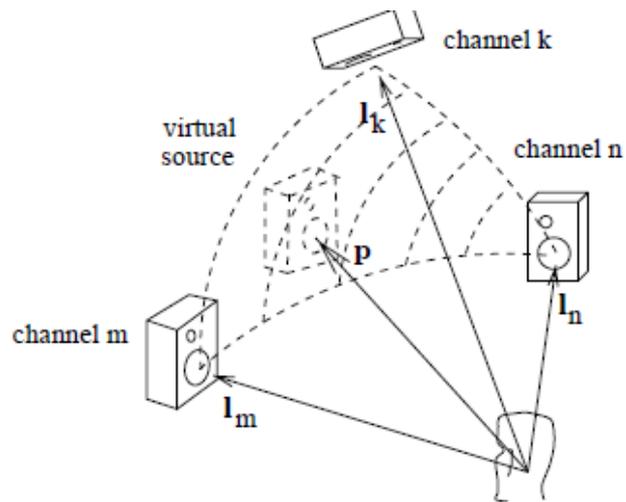
“ 소그룹화된 시스템으로 3D sound를 즐기기”
⇒ 스피커의 위치 변화로
유효범위 내의 좌석이 최대가 되는 위치결정

Optimization Process

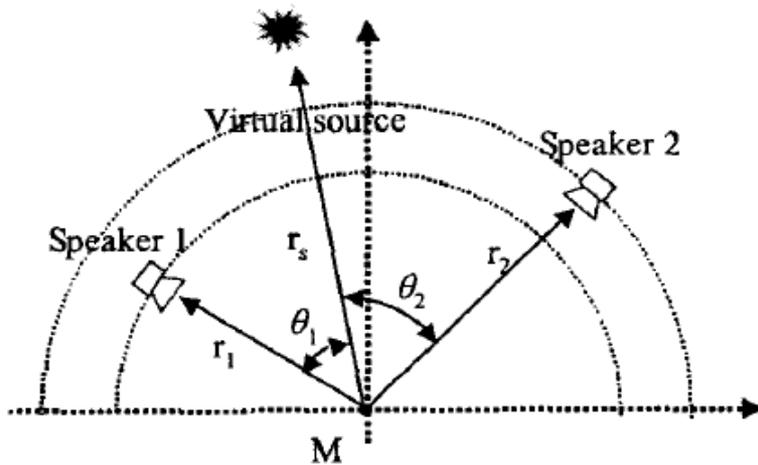
1. Project Statement

- 스피커의 위치에 따라 관객이 느낄 수 있는 음압을 계산, 유효 범위 내의 관객 수가 최대가 되도록 설계
- 극장 내 구역을 정사각형으로 분할하여 분석
- 한 구역 당 스피커 개수 : 3개
- 간섭 현상이나 노이즈는 없다고 가정
- 각 스피커의 음압의 크기 : 80Pa
- 의자 차지 면적 : 80cm x 80cm
- 스피커 차지 면적 : 20cm x 20cm
- 스피커 2개는 고정된 위치에 설치
- 스피커 1개의 x좌표만 변화

- VBAP (Vector Base Amplitude Planning)



2. Data and Information Statement

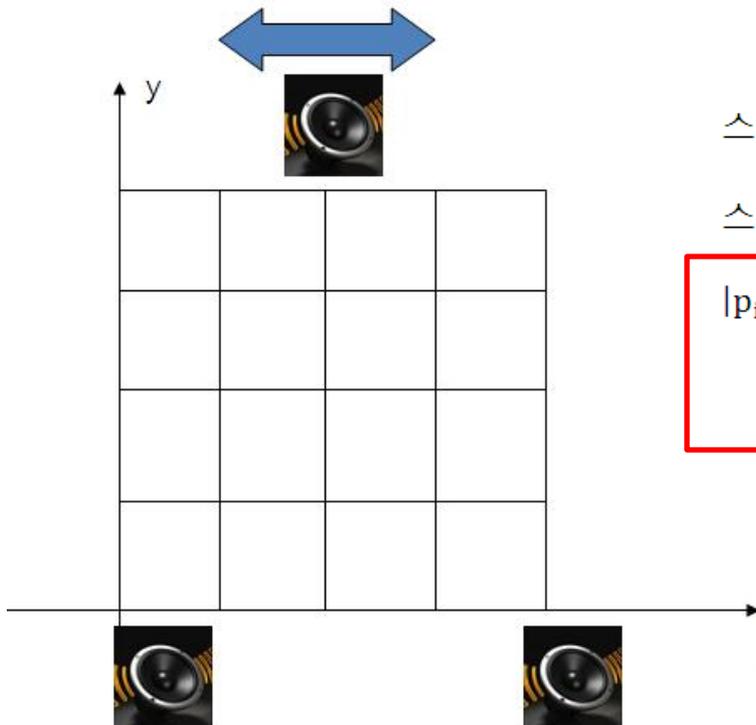


$$p_{iM} = \frac{1}{r_i} e^{-jkr_i} p_i, \quad i=1,2,3.$$

- p_{iM} : M에서의 음압
- r_i : 스피커에서 M까지의 거리
- p_i : 스피커의 출력 음압

$$p_{sM} = p_{1M} + p_{2M} + p_{3M}.$$

2. Data and Information Statement



스피커 좌표 설정 : $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3)$

스피커에서 좌표 까지의 벡터 : $\vec{r}_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$

$$|p_{iM}| = \frac{1}{r_i} |e^{-jkr}| p_i$$

$$= \frac{p_i}{r_i} |\sqrt{\cos^2(kr) + \sin^2(kr)}|$$

소분할 구역 길이: $\frac{100}{x_1}$

* 소 구역에서의 의자 설치 가능 공간: $\frac{100}{x_1} - 0.4 * 2$

한 변에 들어가는 의자 설치 개수 $\approx \frac{(\frac{100}{x_1} - 0.4 * 2 * 2)}{0.5}$

3. Identification of Design Variables

x_1 : 구간 개수, x_2 : 스피커의 x좌표

4. Identification of a Criterion to be Optimized

minimize $f(x_1, x_2) = f'(x_1, x_2) * 12,000 + 8000 * (\text{총 의자의 갯수} - f'(x_1)) - x_1 * 3 * 120,000$

5. Identification of Constraints

- 유효 음압 범위 : $110\text{dB} < P_{ij} < 120\text{dB}$
- $f'(x_1, x_2) =$ 유효 음압 영역에 속한 의자의 개수

$$g_1 = x_2 - \frac{100}{x_1} + 0.8 * 0.5 \leq 0$$

$$g_2 = -x_1 + 4 \leq 0$$

$$g_3 = x_1 - 25 \leq 0$$

$$g_4 = 80 - \frac{f'(x_1, x_2)}{\text{소구역 총 의자 개수}} * 100 \leq 0$$

$$g_5 = 110 - 20 * \log((p_1 + p_2 + p_3)/(2 * 10^5 - 5)) \leq 0$$

$$g_6 = 20 * \log((p_1 + p_2 + p_3)/(2 * 10^5 - 5)) - 120 \leq 0$$

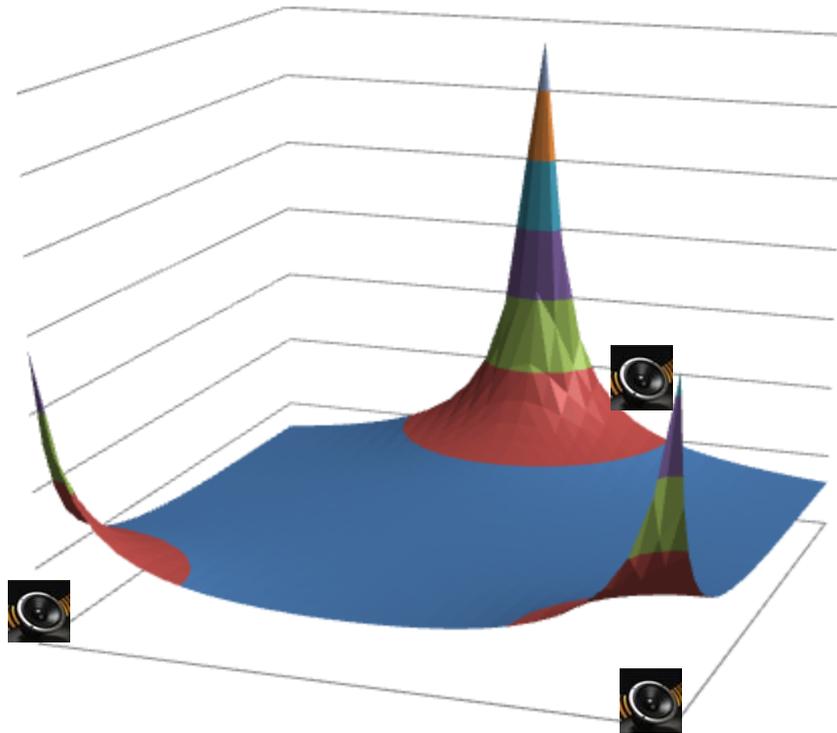
Graphical Solution & Calculations

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Data and Information										
2	극장 가로, 세로 길이	100	m								
3	스피커 설치 공간	0.4	m								
4	의자 1개의 차지 공간	0.8	m								
5	파수 k	1200									
6	스피커 출력	80	Pa								
7											
8	Design Variables										
9	소분할 구역 개수	x1									
10	스피커의 3의 x좌표	x2									
11											
12	Cost function										
13	minimize $f(x1, x2) = f(x1) * 12,000 + 8000 * (\text{총 의자의 갯수} - f(x1))$										
14											
15	Constraints										
16	소분할 구역 길이=100/x1	25	m								
17	소구역에서의 의자 설치 가능 공간=100/x1-0.4*2	24.2	m								
18	한 번에 들어가는 의자 설치 개수=rounddown((100/x1-0.8*2)/0.5)	30	개								
19											
20	스피커 1의 위치	x	=	0							
21		y	=	0							
22	스피커 2의 위치	x	=	24.8							
23		y	=	0							
24	스피커 3의 위치	x	=	12.43993							
25	$g1 = x2 - 100/x1 + 0.8 * 0.5 \leq 0$	y	=	24.8							
26	소분할 구역 개수	4	<=	x1							
27	$g2 = -x1 + 4 \leq 0$										
28	$g3 = x1 - 25 \leq 0$										
29											
30	$f(x1, x2) = \text{유효 음압 영역에 속한 의자의 개수}$										
31	$g4 = 80 - f(x1, x2) / \text{소구역 의자 개수} * 100 \leq 0$	-21.3333									
32	$g5 = 110 - 20 * \log((p1 + p2 + p3) / (2 * 10^{-5})) \leq 0$										
33	$g6 = 20 * \log((p1 + p2 + p3) / (2 * 10^{-5})) - 120 \leq 0$										
34											

변수	최적해	초기값
x1	4	10
x2	12.4399	24
f	4.1E+07	-1.5E+07

배열된 의자들의 x좌표 부여	배열된 의자들의 y값 부여	각 자리에서의 총 음압값
1	0.806667	76.45888 50.83911 38.01048 30.87148 26.44566 23.48739 21.40653
2	1.613333	50.76239 41.63133 34.23834 29.08024 25.50047 22.95434 21.09569
3	2.42	37.85057 34.15528 30.19189 26.82536 24.18089 22.14758 20.58651
4	3.226667	30.6216 28.90754 26.73597 24.60936 22.75018 21.20714 19.95681
5	4.033333	26.09857 25.23125 23.99564 22.65476 21.37776 20.24416 19.27727
6	4.84	23.03526 22.58129 21.85978 21.01029 20.14342 19.32854 18.60069
7	5.646667	20.84077 20.61094 20.1891 19.65239 19.07069 18.4959 17.96093
8	6.453333	19.20336 19.10583 18.86899 18.5374 18.1553 17.75951 17.3768
9	7.26	17.94423 17.93069 17.81434 17.622 17.3821 17.12023 16.85691
10	8.066667	16.95401 16.99742 16.96368 16.86947 16.73334 16.57303 16.40372
11	8.873333	16.16221 16.24681 16.27267 16.25042 16.19234 16.11067 16.01642
12	9.68	15.52145 15.63784 15.70904 15.74193 15.74468 15.72567 15.69271
13	10.48667	14.99876 15.14134 15.24902 15.32626 15.37843 15.41119 15.42987
14	11.29333	14.57046 14.73606 14.87485 14.98966 15.08395 15.16137 15.22534
15	12.1	14.21905 14.40611 14.57299 14.72143 14.85352 14.9714 15.07699
16	12.90667	13.93126 14.13932 14.33295 14.51311 14.68093 14.83742 14.98326
17	13.71333	13.69667 13.92611 14.14634 14.35788 14.56117 14.75637 14.94314
18	14.52	13.50687 13.75863 14.00627 14.25006 14.49003 14.72575 14.95605
19	15.32667	13.35477 13.63019 13.90671 14.1846 14.46374 14.74335 15.02171
20	16.13333	13.23411 13.53481 13.84217 14.15674 14.47858 14.80693 15.13978
21	16.94	13.13914 13.46679 13.80721 14.16157 14.5305 14.91373 15.30947
22	17.74667	13.06432 13.42046 13.79618 14.19365 14.61462 15.05993 15.52882
23	18.55333	13.00411 13.38994 13.8029 14.24664 14.72469 15.23992 15.79374
24	19.36	12.95291 13.36898 13.82044 14.31295 14.85259 15.44544 16.09676
25	20.16667	12.90494 13.35092 13.84104 14.38352 14.98785 15.66469 16.42533
26	20.97333	12.85441 13.32874 13.85617 14.44784 15.11745 15.88164 16.7603
27	21.78	12.79558 13.29535 13.8568 14.49423 15.22603 16.07595 17.07474
28	22.58667	12.72308 13.24386 13.83391 14.51055 15.29683 16.22391 17.33462
29	23.39333	12.63219 13.16815 13.77926 14.48534 15.31337 16.30097 17.50208
30	24.2	12.5192 13.06334 13.68622 14.40919 15.26172 16.28561 17.54217

Graphical Solution & Calculations



- 스피커의 위치가 가까워질수록, 더 균일하고 음압의 크기가 더 커짐
- 최대와 최소 음압 차이는 거의 100dB로 그 차이가 점점 커짐
- 구역이 작을수록 더 섬세한 소리까지 들을 수 있음
- 그러나 목적함수를 최대화시키는 것은 구역의 크기가 가장 클 때였음

Reference

- “Driving Method of multiple loudspeakers for virtual sound localization system” –김선민 , 박영진
- Isophonics - <http://isophonics.net>