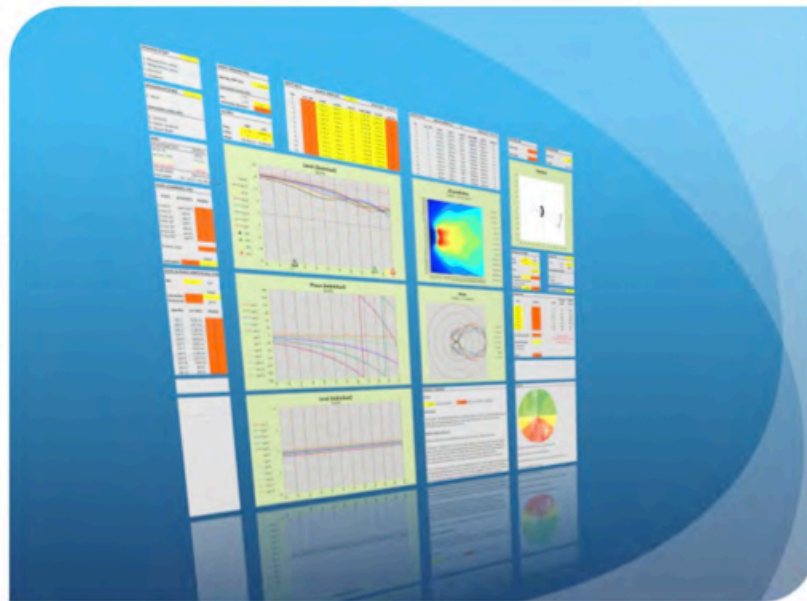


S.A.D. (Subwoofer Array Designer)

manual



This calculator is inspired and endorsed by

Mauricio "Magu" Ramirez

&

Bob "6o6" McCarthy

Thanks for your support and input!



DISCLAIMER

음원 면적 :

스프레드시트에 사용되는 음원은 무한히 작아 물리적인 면적이 없다.
실제의 스피커들은 인클로저에 하나 혹은 그 이상의 드라이버들을 포함하고 있다. 그 물리적 면적은 소리 선에 있어 장애물이 될 것이고 경로 길이, 딜레이 작업, 스피커의 배열 타입과 파장에 관해 영향을 미칠 것이다.

스피커 패턴들:

스프레드 시트에 사용되는 스피커 패턴들은 실제 스피커 패턴들과 거의 흡사한 수학적 구조들이다. 실제 스피커 패턴들은 인클로저의 면적, 배플 사이즈, 드라이버의 배열과 드라이버의 양 등으로 결정된다.

바운더리 컨디션 :

이 스프레드 시트는 면(바닥, 벽, 천장, 무대면, 등)의 근접으로 인해 발생하는 현상들은 적용시키지 않았다.

특히 카디오이드 배열은 무대 갑판 같은 것들의 파괴적인 영향을 받기 쉽다.
무대 아래에 배치하면 안된다. 모든 방향으로 60cm 이상의 공간을 유지해야한다.

상대적 레벨 :

서브우퍼 배열은 위상(시간)에 의존한다. 이것은 상쇄로 인해 사용할 수 없는 주파수 스펙트럼의 불가피한 손실 부분이다. 메인에서 상당히 벗어나는 서브우퍼 레벨(가중치가 아님)은 이 사용할 수 없는 주파수들을 강조할 것이고 전반적인 시스템 능력을 저하시킬 것이다.

하이패스 필터 :

이 계산기에서의 하이패스 필터는 주로 설명을 하기위한 목적으로 사용된다.
대부분의 서브우퍼들은 디자인되거나 혹은 전기적인 의미로 하이패스 필터가 존재한다.
몇몇의 경우는 실제로 하이패스 필터의 작동이 요구될 것이다.

DISCLAIMER (CONTINUED)

확인과 채택을 위한 측정 :

이 스프레드 시트로부터 얻어진 값은 시작점처럼 사용하고 맹목적으로 사용되진 않는다. 측정을 위한 듀얼-채널 FFT 아날라이저나 그에 해당하는 방법을 사용하여 확인하고 채택한다. 이 스프레드 시트는 저주파수 대역에 최적화 되어있다. 바닥 반사로 인한 영향을 받지 않기 위해 지상 측정은 작업을 위한 최선이다.

위치를 측정하는 방법 :

확실하게 위상을 알 수 있는 거리에서 측정하는 것을 추천한다. 멀리 갈수록 낮지만, 반사와 다른 음원의 늦은 도달이 위상을 읽기 더 어렵게 할 것이다. 특히 실내에서 더욱 그럴 것이다.

더 먼 거리에서 인클로저의 물리적인 면적, 변위로부터 발생하는 레벨과 타이밍의 의도치 않은 “오류”들은 매우 작을 것이다.

아래의 표는 각각 상쇄와 합산에 대한 레벨과 타이밍의 차이에 미치는 영향들을 보여준다.

Δ level	cancellation	Δ path	32 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz
0.0 dB	-∞ dB	0 cm	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
0.1 dB	-39 dB	3 cm	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
0.2 dB	-33 dB	7 cm	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
0.3 dB	-29 dB	10 cm	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
0.4 dB	-27 dB	14 cm	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
0.5 dB	-25 dB	17 cm	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
0.6 dB	-24 dB	20 cm	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
0.7 dB	-22 dB	24 cm	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
0.8 dB	-21 dB	27 cm	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
0.9 dB	-20 dB	31 cm	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
1.0 dB	-19 dB	34 cm	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
1.1 dB	-18 dB	37 cm	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
1.2 dB	-18 dB	41 cm	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
1.3 dB	-17 dB	44 cm	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
1.4 dB	-17 dB	48 cm	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
1.5 dB	-16 dB	51 cm	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
1.6 dB	-15 dB	54 cm	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
1.7 dB	-15 dB	58 cm	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
1.8 dB	-15 dB	61 cm	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
1.9 dB	-14 dB	65 cm	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
2.0 dB	-14 dB	68 cm	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0

temp = 24° C

**IN REAL LIFE APPLICATIONS
ALWAYS MEASURE TO VERIFY AND ADAPT !!!**

General comments:

Yellow 모든 숫자를 입력할 수 있다

Orange 1/0 만 입력할 수 있다.(온/오프)

block level: 스피커의 개수에 따라 이론적으로 달성 가능한 합산의 최대 레벨이다. 용어“block”은 최대 커플링을 달성하기 위한 최소 변위와 밀접하게 그룹화된 스피커 블록을 의미한다.

speakers	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
block level	0 dB	6 dB	10 dB	12 dB	14 dB	16 dB	17 dB	18 dB	19 dB	20 dB	21 dB	22 dB

Environment settings:

ENVIRONMENT	
temp (°C)	14 °C
c (m/s)	340 m/s

온도는 글로벌 설정이고 전체 스프레드시트에 대한 소리의 속도를 결정한다.

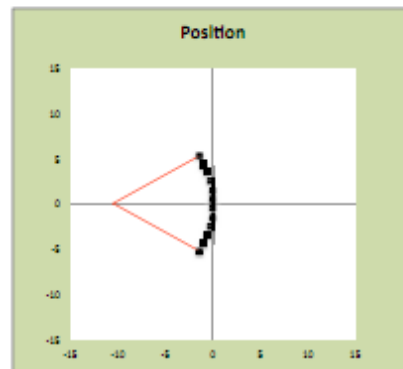
Speaker setup selection:

SPEAKER SETUP	1
1. Physical hor. array 2. Delayed hor. array 3. End-Fire 4. Gradient	

아래의 숫자들 중 스피커 셋업에 일치하는 번호를 입력하십시오 :

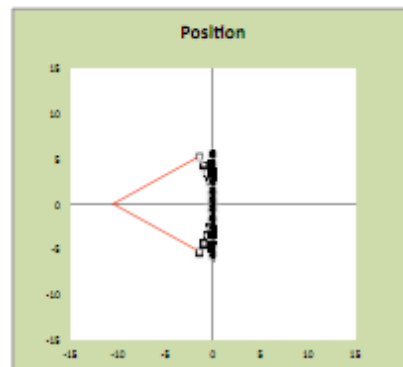
1. Physical horizontal array

최소 6개, 8개 스피커나 추천 개수 스피커를 사용.
스피커는 물리적으로 고른 간격을 유지하며 고정된 반지름에 따라 호 모양으로 배치 될 것이다.



2. Delayed horizontal array

최소 6개, 8개 스피커나 추천 개수 스피커를 사용.
스피커들은 물리적으로 고른 간격을 유지하며 일렬로 나란히 배치된다.
딜레이는 자동적으로 부가되어 호로 배치한 것과 같은 상태가 된다. 각 스피커의 딜레이 양은 "arc" 파라미터에 따라 정의된다.





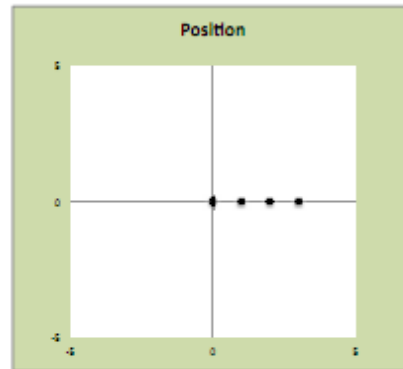
3. End-Fire

(최소 2개, 4개 이상 스피커를 사용하면 이득이 절감된다.)

두 개 또는 그 이상의 스피커가 앞 쪽으로 고른 간격을 가지며 배열된다. 간격은 "spacing" 파라미터로 조정한다.

딜레이는 자동적으로 부가 되어 어레이의 가장 앞에서 모든 시그널이 합쳐진다. 딜레이의 양은 "spacing" 파라미터에 따라 정의 된다.

어레이의 뒤편으로는 한 개 이상의 널 포인트가 스피커의 양에 따라 생겨날 것이다.



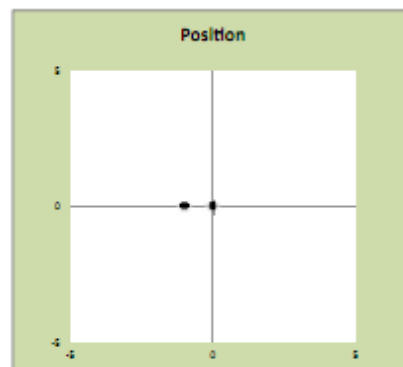
4. Gradient

두 개의 스피커만 사용.

두 개의 스피커는 서로의 후면에 배치된다.

거리는 "Spacing" 파라미터로 조정한다. 후방 스피커의 극성은 뒤집어서 어레이 뒤 쪽의 신호들을 상쇄시킨다.

어레이의 전면은 "spacing"에 따라 부분적으로 합성이 일어날 것이다.



(추천 스피커 양은 수평 어레이에만 제한적으로 적용되며, 실제 사용시 더 많은 파워가 필요할 경우 수직으로 스피커를 쌓아 추가한다.)

Speaker pattern selection:

SPEAKER PATTERN	1
1. Omni	
horizontal array only	
2. Cardioid	
3. Super-Cardioid	
4. Figure Eight	

아래의 숫자들 중 패턴에 부합하는 번호를 선택하여 입력하십시오. :

1. Omnidirectional



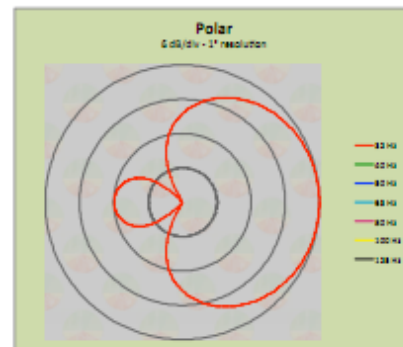
2. Cardioid

더 복잡한 디자인으로 gradient 배열을 위한 가장 좋은 대체 패턴

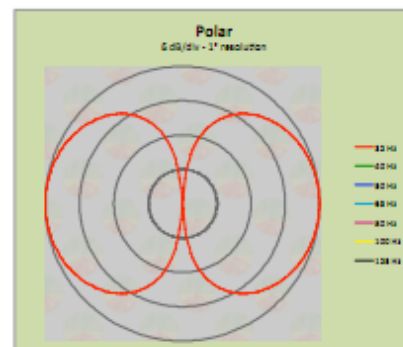


3. Super-Cardioid

더 복잡한 디자인으로 End-fire
 배열을 대체할 수 있는 가장 좋
 은 대체 패턴



4. Figure eight





Microphone setup selection:

MIC SETUP		1
1. Arc	FAR	30,0°
	2,00	(60°)
horizontal array only		
2. Array		
3. Edge		
4. Exponential 72°		

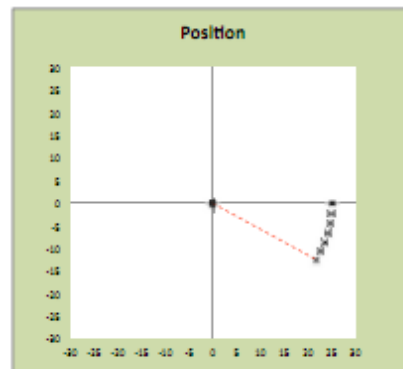
아래의 숫자들 중 스피커 셋업에 일치하는 번호를 입력하십시오 :

1. Arc

마이크는 고른 간격으로 0,0 주변에 호를 그리며 등거리로 분배된다.

호의 각도는 "Mic Setup" 아래에 있는 "arc" 파라미터에서 조정한다.

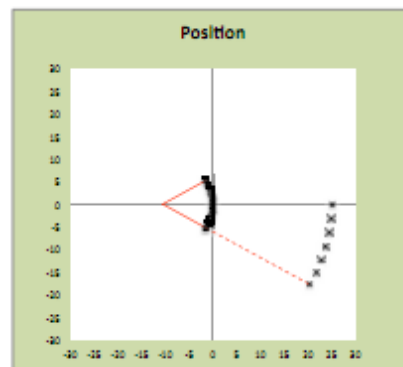
엔드파이어와 그래디언트 셋업의 제대로된 분석을 위해선 각도를 180도로 설정해야한다.



2. Array

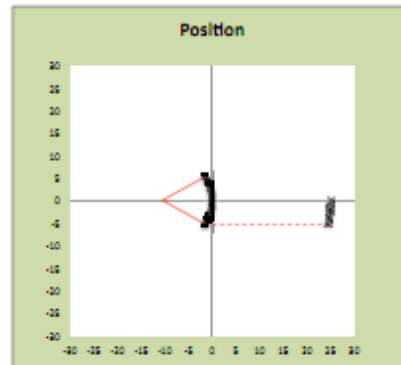
마이크들은 서로 고른 간격을 유지하며 수평 어레이의 근원점에서 수직 포인트로 호를 그리며 나뉘진다.

그 호의 각도는 "Array parameters"의 아래에 있는 "Arc"에서 조정한다.



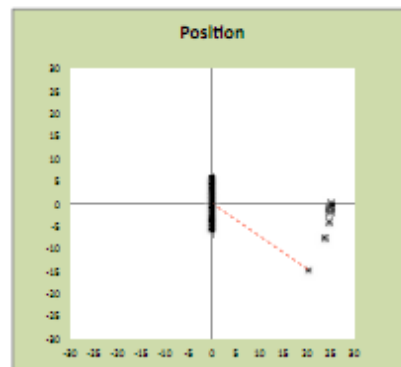
3. Edge

마이크들은 고른 간격을 유지하며 어레이의 중심에서부터 어레이의 끝 지점까지 범위에 이르는 호를 그리며 나뉘진다.



4. Exponential 72°

마이크들은 Harry F. Olson에 따른 작용을 설명하기 위해 고정된 간격으로 마이크를 분배한다.



Microphone1은 항상 어레이의 중심에 있다. Microphone7은 항상 가장 바깥쪽의 마이크이다.

Global radius:

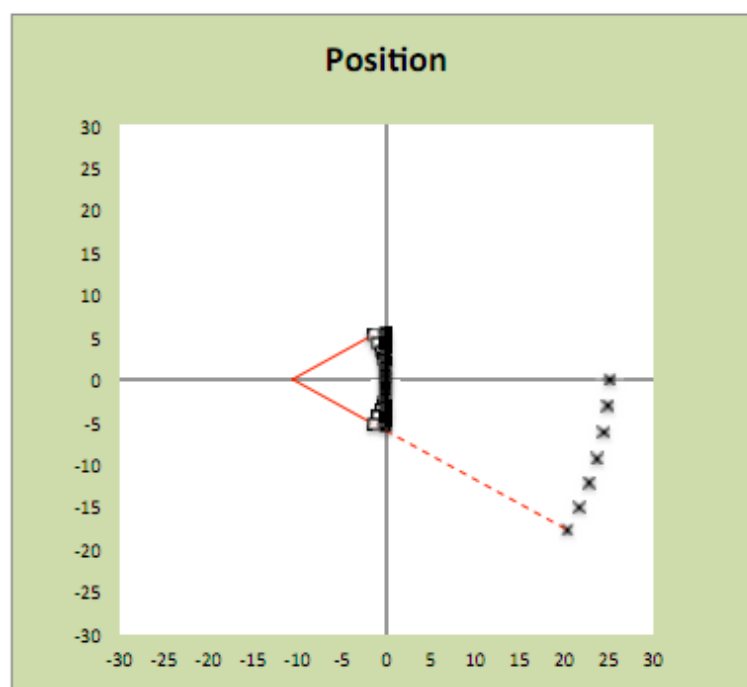
GLOBAL RADIUS (FOH) 25 m

Global Radius 는 전체적인 스프레드시트를 위한 글로벌 셋팅이다. 마이크, SPL, 극좌표를 위한 관측점이다.

거리는 F.O.H 위치나 최적의 결과를 위한 중간 장소에 동일하게 위치되는 것이 가장 좋다.

Position plot:

POSITION CTRL	
show mics	1
show lines	1



show mics: 총 7개의 마이크가 제공되고, "x" 표시로 나타낸다.

show lines: arc를 보이기 위한 가이드 라인이 제공된다.

black boxes: 물리적 스피커의 위치들

white boxes: 가상의 스피커 위치들

Input data:

INPUT DATA		speakers (MAX 12)		12	block level		21,58 dB
no.	on / off	x (m)	y (m)	rot (°)	level (dB)	t (ms)	pol inv
1	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
2	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
3	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
4	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
5	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
6	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
7	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
8	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
9	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
10	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
11	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
12	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0

인풋 데이터는 스피커의 개수를 지정하는 것이다.

맨 위쪽 오른쪽 모서리 부분을 보면 "block level"이 있는데 이것은 스피커의 개수에 따라 정의되어 보여진다.

사용자는 개별 스피커 마다 온/오프, 위치, 회전, 레벨, 딜레이나 극성 등 다양한 파라미터 값

Output data:

OUTPUT DATA		speakers (MAX 12)		12	block level		21,58 dB
no.	on / off	x (m)	y (m)	rot (°)	level (dB)	t (ms)	pol inv
1	1	-1,41 m	5,25 m	30,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
2	1	-0,95 m	4,36 m	24,5°	0,00 dB	0,00 ms	0
3	1	-0,58 m	3,44 m	19,1°	0,00 dB	0,00 ms	0
4	1	-0,30 m	2,48 m	13,6°	0,00 dB	0,00 ms	0
5	1	-0,11 m	1,49 m	8,2°	0,00 dB	0,00 ms	0
6	1	-0,01 m	0,50 m	2,7°	0,00 dB	0,00 ms	0
7	1	-0,01 m	-0,50 m	-2,7°	0,00 dB	0,00 ms	0
8	1	-0,11 m	-1,49 m	-8,2°	0,00 dB	0,00 ms	0
9	1	-0,30 m	-2,48 m	-13,6°	0,00 dB	0,00 ms	0
10	1	-0,58 m	-3,44 m	-19,1°	0,00 dB	0,00 ms	0
11	1	-0,95 m	-4,36 m	-24,5°	0,00 dB	0,00 ms	0
12	1	-1,41 m	-5,25 m	-30,0°	0,00 dB	0,00 ms	0

아웃풋 데이터는 스프레드시트를 사용하여 실질적인 값을 보여준다. 대부분의 값들은 자동적으로 지정된다.

특정 값들은 정확한 결과를 제공하기 위해 스피커가 설치되는 것에 따라 우선시 될 수도 있다.

Array parameters:

ARRAY PARAMETERS		
spacing 180° (m)		1,00 m
horizontal array only		
	FAR	
arc	2,00	60°
orientate speakers		0

spacing: 스피커 셋업 방법에 따라 스피커들의 사이의 거리를 지정한다.
수평 어레이에 대한 1/2파장
엔드 파이어와 그래디언트 방식에 대한 1/4파장

arc: 가장 바깥쪽의 스피커와 수평 어레이의 영향권 내의 arc 각도를 지정한다.

FAR: arc 각의 동등한 Forward Aspect Ratio를 보여준다.

orientate speakers: 가장 바깥쪽의 스피커와 수평 어레이의 영향권 내의 arc 각도를 지정한다.

Level & Phase (Individual):

LEVEL & PHASE (INDIVIDUAL) CTRL		
mic	1	0,0° trace
normalize	1	1
tracking	1	2
1. Nearest (spk 1) 2. Earliest (spk 1)		
speaker	arr time	display
spk 1	0,00 ms	1
spk 2	0,00 ms	1
spk 3	0,00 ms	1
spk 4	0,00 ms	1
spk 5	0,00 ms	1
spk 6	0,00 ms	1
spk 7	0,00 ms	1
spk 8	0,00 ms	1
spk 9	0,00 ms	1
spk 10	0,00 ms	1
spk 11	0,00 ms	1
spk 12	0,00 ms	1
avg		0

mic:

딜레이된 각각의 스피커 위상과 개별적인 레벨을 위해 마이크를 선택한다.

normalize:

선택한 trace(추적선)를 표준화할 수 있습니다.(스피커)

tracking:

선택한 마이크와의 관계에 있어 설정 표준화를 위해 trace가 선택된 것을 우선한다.

1. nearest trace (speaker)

2. earliest trace (speaker)

괄호 안에 스피커가 표시된다.

avg:

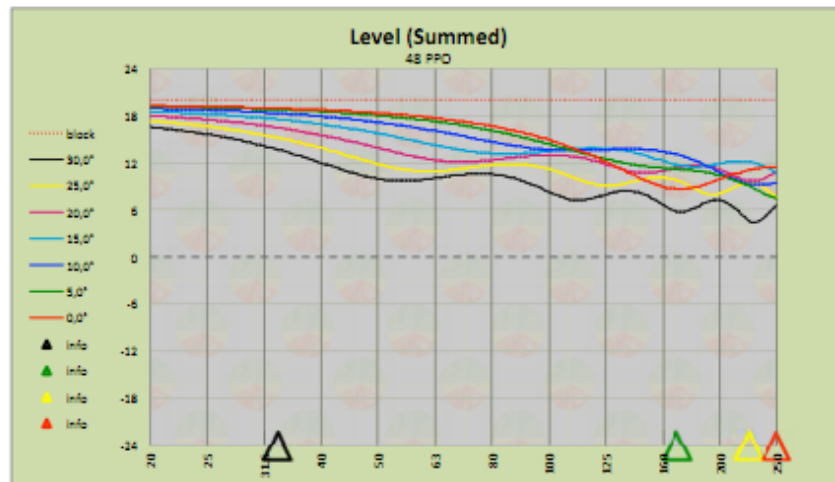
활성화된 모든 스피커들의 평균 위상.

display:

배치를 보이거나 감출 수 있다. 사용하지 않는 스피커들의 불필요한 배치를 자동적으로 숨겨준다.

레벨, 위상, 도달 시간은 Nominalization의 on/off를 선택한 마이크의 위치에 절대적이다.

Level (Summed):



LEVEL (SUMMED) CTRL		
trace	proximity	display
1 mic 0°	spk 5 & 6	1
2 mic 5°	spk 6	1
3 mic 10°	spk 7	1
4 mic 15°	spk 8	1
5 mic 20°	spk 8	1
6 mic 25°	spk 9	1
7 mic 30°	spk 10	1
8 block level		1
		trace
normalize	0	1

proximity: 각 마이크에 가장 근접한 스피커를 보여준다.

display: 선을 보여주거나 감출 수 있다.

normalize: 선8번 "block level"을 포함하여 선택된 trace(마이크)를 기준화할 수 있다.

X축에 있는 마커들의 정보는 패널에 있는 정보를 나타낸다.

2D prediction (SPL plot):

PREDICTION PLANE		
	x	y
size	50 m	50 m
shift	0 m	0 m
freq	100 Hz	
normalize	1	1
1. Speaker(s) (1,1 dB)		
2. Mic 1 (0 dB)		
offset (dB)	0	0 dB

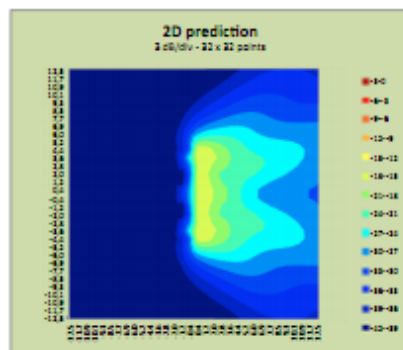
size: 구간은 사각형에 기본값이 유지된다.

따라서 x 값만 요구된다.

shift: x축이나 y축 평면으로 예측한 것을 옮긴다.

freq: SPL구간을 위해 주파수를 설정한다.

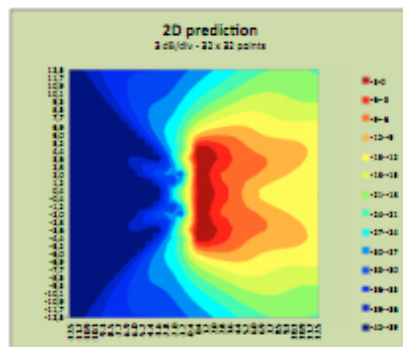
normalization:



normalization turned off:

이 셋팅은 "block level" (풀 스케일)

-42 dB 에서 0dB까지 범위의 완전한 값을 보여준다.

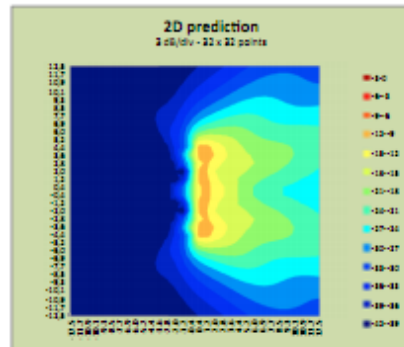


normalization turned on option 1 (source):

이 셋팅은 도면에서 소스의 가장 큰 값을 위해 쓰이는데, 비교 값은 "블록 레벨" (풀 스케일) 0dB이다.

차이는 오프셋으로 쓰인다는 것. 값은 괄호 안에 나타난다.

이 방식은 MAPP와 비슷하다.



normalization turned on
option 2 (receiver):

이 셋팅은 마이크 No.1 레벨과 0dB의 "블록 레벨"(풀 스케일) - 거리가 멀어짐에 따른 레벨의 손실(역자승 법칙)을 비교한다.

$$\text{offset} = \frac{\text{level microphone 1}}{0 \text{ dB "block level" - distance}}$$

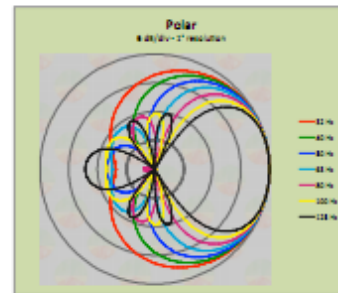
이 차이는 오프셋 플롯으로 쓰이고 값을 괄호 안에 나타난다.

manual offset: 사용자는 메뉴얼 오프셋과 특정한 값을 사용할 수 있다.



Polar plot:

freq	display	-6 dB	opening angle	relative mic arc
32 Hz	1	137°	274°	52%
40 Hz	1	108°	212°	20%
50 Hz	1	92°	182°	1%
63 Hz	1	78°	155°	-12%
80 Hz	1	67°	134°	-26%
100 Hz	1	59°	118°	-34%
125 Hz	1	52°	104°	-42%
normalize all polar	0	for proper angles turn off normalization & filters caution with lobing		
normalize range	1			
1. half space				
2. full space				
filters	0			



freq: 7개의 주파수까지 입력 가능

display: 폴라 플롯을 보여주거나 감춤.

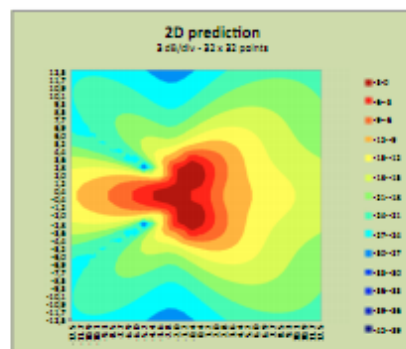
-6 dB: -6dB감소되는 지점의 off-axis를 보여준다.

opening angle: 특정 주파수의 개방 각도를 보여준다.

relative mic. arc: (마이크 넘버1)마이크 호의 차이를 보여준다.

norm. all polar: 가장 높은 onaxis 값의 모든 선을 표준화하여 보여준다.

norm. range: 주로 180도까지 제한된 반 공간 어레이의 앞부분 값을 나타내기 위해 사용. 전체 공간은 360도 모든 값을 나타내기 위해 사용.

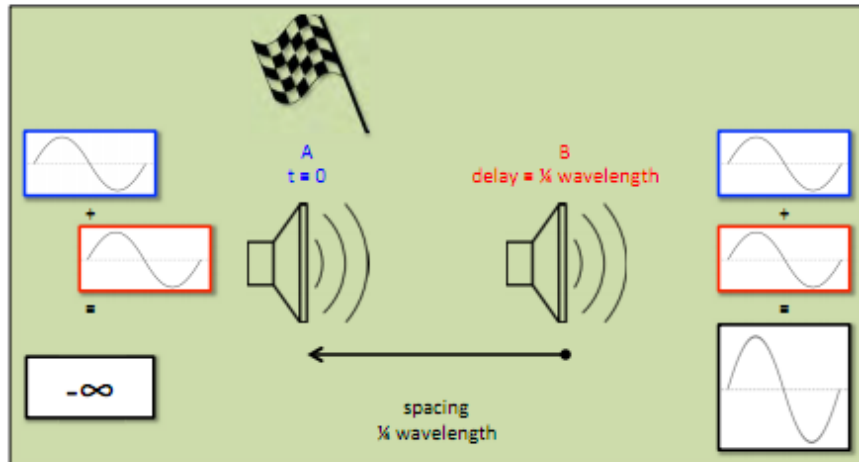


예를 들어 옴니 소스들로 물리적 수평 어레이를 설치하는 스피커 셋업 방식은 어레이 앞쪽보다 더 많은 에너지를 갖는 특정 지점이 어레이 뒤편에 생긴다. 모든 공간을 활성화하는 방법은 어레이의 앞쪽에 폴라 선을 약화시키고 점점 더 -6dB 값의 선을 불명확하게 한다.

filters: 필터처리를 활성화하여 필터에 의한 감쇠를 포함한다.

사용자는 메뉴얼 오프셋과 특정한 값을 사용할 수 있다.

End-fire theory:



위의 엔드파이어 배치의 이론을 보면 두 개의 스피커는 정면을 바라보며 1/4파장의 간격으로 떨어져 있다.

스피커 2는 1/4파장만큼 딜레이 되어있다.

front: 딜레이를 공간만큼 준 스피커 때문에 양쪽 시그널이 동위상으로 도달하고 전 주파수가 합산된다.

rear: 스피커2에서 나온 시그널은 스피커1보다 1/2파장만큼 늦게 도달한다. 이것은 서로 다른 스피커의 제한된 대역폭을 서로 상쇄되도록 한다.

1/2파장 딜레이는 :

- 1/4파장 음향성 잔향
- 1/4파장 전기적 딜레이

이 결과는 배치 뒤편의 널 시그널이다.

널 대역의 주파수는 해당하는 파장의 길이에 따라 정의된다.

적합한 파장을 활용함에 따라 최적의 결과를 선택할 수 있다.

Tutorial 1: end-fire 2 speakers

- Goals:
- 1.) 75Hz에서 널 포인트 생성.
 - 2.) 100Hz 이상의 주파수 대역은 제한한다.

Step 1 - 엔드파이어 스피커 셋업을 선택한다.

SPEAKER SETUP	3
1. Physical hor. array	
2. Delayed hor. array	
3. End-Fire	
4. Gradient	

Step 2 - 옴니 스피커 패턴을 선택한다.

SPEAKER PATTERN	1
1. Omni	
horizontal array only	
2. Cardioid	
3. Super-Cardioid	
4. Figure Eight	

Step 3 - 스피커 두 대를 선택한다.

INPUT DATA		speakers (MAX 12)		2	block level		6,02 dB
no.	on / off	x (m)	y (m)	rot (°)	level (dB)	t (ms)	pol inv
1	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
2	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
3	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
4	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
5	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
6	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
7	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
8	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
9	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
10	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
11	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
12	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0

Step 4 – 거리를 설정한다.(1,13m는 14도씨에서 75Hz 파장의 1/4파장 길이다.)

ARRAY PARAMETERS		
spacing 90° (m)		1,13 m
horizontal array only		
	FAR	
arc	1,41	90°
orientate speakers		0
ARC DISABLED		

Step 5 – 아웃풋 데이터를 확인한다.

OUTPUT DATA		speakers (MAX 12)			2	block level 6,02 dB		
no.	on / off	x (m)	y (m)	rot (°)	level (dB)	t (ms)	pol inv	
1	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0	
2	1	1,13 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	3,32 ms	0	
3	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0	
4	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0	
5	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0	
6	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0	
7	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0	
8	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0	
9	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0	
10	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0	
11	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0	
12	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0	

스피커 2는 자동적으로 1,13m 간격에 위치하고 3,23ms의 딜레이가 적용된다.

Step 6 – 180도에서 마이크론 셋업 1"arc"을 선택한다.

MIC SETUP		1
1. Arc	FAR	180,0°
	#####	(360°)
horizontal array only		
2. Array		
3. Edge		
4. Exponential 72°		

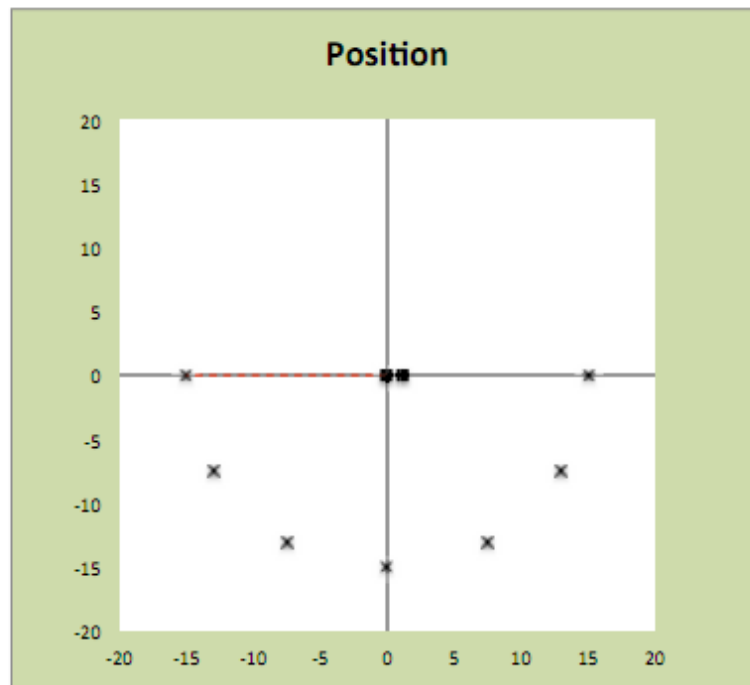
배열의 양쪽에 있는 마이크론은 필요하기 때문에 180도로 설정해야 한다.

Step 7 – set global radius

GLOBAL RADIUS (FOH) 15 m

관측점은 엔드 파이어 셋업에 있어서 인클로저의 물리적 크기를 제외했기 때문에 크게 중요하진 않다. 설명을 위해 15m를 선택했지만 본래 디폴트 값은 25m이다. 이는 대부분의 상황에서 충분하다.

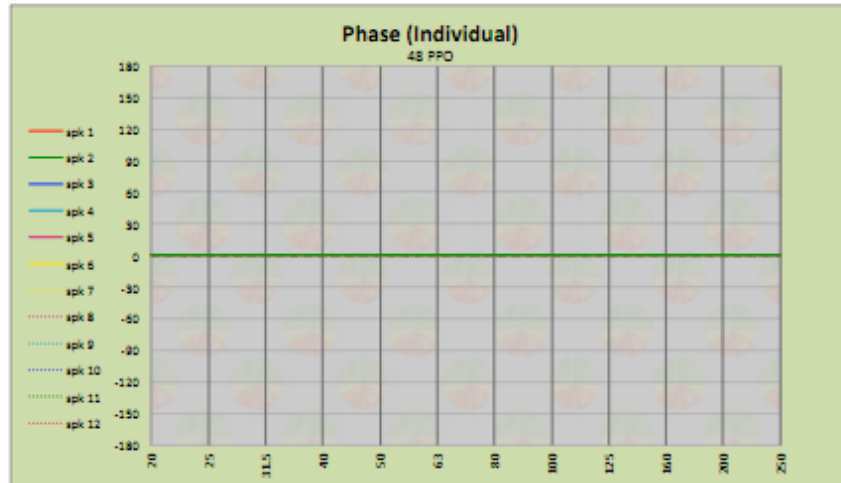
Step 8 – position overview



두 개의 스피커와 15m의 반지름을 갖는 반구 형태로 어레이 된 7개의 마이크들을 볼 수 있을 것이다.

붉은 점선은 마이크의 호와 마지막 마이크로폰 (No.7)을 포함한다.

Step 9 – 전면의 위상



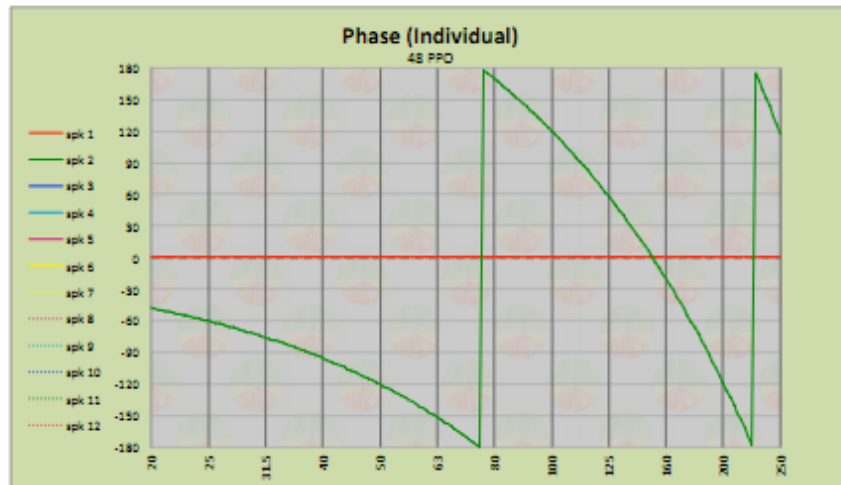
LEVEL & PHASE (INDIVIDUAL) CTRL		
mic	1	0,0°
		trace
normalize	1	1
track prox	0	spk 1
speaker	arr time	display
spk 1	0,00 ms	1
spk 2	0,00 ms	1
spk 3	#N/A	1
spk 4	#N/A	1
spk 5	#N/A	1
spk 6	#N/A	1
spk 7	#N/A	1
spk 8	#N/A	1
spk 9	#N/A	1
spk 10	#N/A	1
spk 11	#N/A	1
spk 12	#N/A	1

마이크1(전면)을 선택한다. trace1(스피커1)에 대한 기준화를 실행시킨다.

두 스피커의 상대적인 도달 시간은 동일하고 위상 추적선은 완벽하게 중첩된다.

데이터를 기반으로, 두 스피커 신호의 합산은 전 주파수 대역을 예측한다.

Step 10 – 후면의 위상



LEVEL & PHASE (INDIVIDUAL) CTRL			
mic	7	180,0°	
		trace	
normalize	1	1	
track prox	0	spk 1	
speaker	arr time	display	
spk 1	0,00 ms	1	
spk 2	6,65 ms	1	
spk 3	#N/A	1	
spk 4	#N/A	1	
spk 5	#N/A	1	
spk 6	#N/A	1	
spk 7	#N/A	1	
spk 8	#N/A	1	
spk 9	#N/A	1	
spk 10	#N/A	1	
spk 11	#N/A	1	
spk 12	#N/A	1	

마이크7번(후면)을 선택한다.

trace1(스피커1)에 대한 기준화는 왼쪽편이다.

스피커2는 스피커1에 1/2파장인 6.65ms 늦게 도달한다.

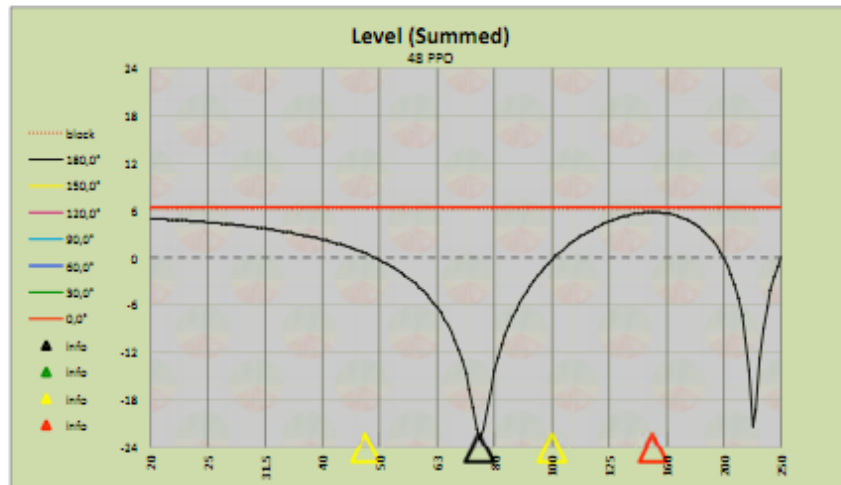
주파수가 증가할 수록 스피커2에 대한 위상은 엇나가기 시작하고 75Hz에서 위상은 180도 역상이 된다.

스피커2의 150Hz는 완전한 주기를 그리며 정위상에 도달하지만 75Hz의 완전한 주기에서는 떨어지는 지점이다.

이 데이터들을 기반으로, 75Hz에서 최대치를 도달하고, 주파수가 증가할수록 합산이 상쇄로 변할 것이다.

이 과정은 콤팩터와 비슷한 형태로 반복될 것이다.

Step 11 – level (summed)



LEVEL (SUMMED) CTRL		
trace	proximity	display
1 mic 0°	spk 2	1
2 mic 30°	spk 2	0
3 mic 60°	spk 2	0
4 mic 90°	spk 1	0
5 mic 120°	spk 1	0
6 mic 150°	spk 1	0
7 mic 180°	spk 1	1
8 block level		1
trace		
normalize	0	1

선명도를 위해 마이크 2번부터 6번은 보이지 않게 하였다.

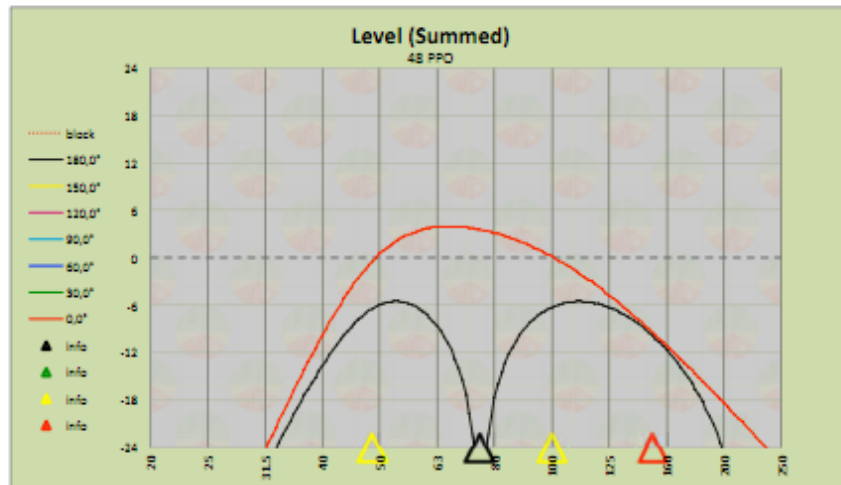
붉은 trace(마이크 1번-전면)은 전 대역의 주파수의 합산치를 보여준다.

검은 trace(마이크7번-후면)은 75Hz에서 최대치를 도달하는 상쇄치를 보여준다.

이것은 콤퍼터의 첫 번째 "tooth"로 6.65ms의 딜레이로 발생된다.

마이크1번의 trace "블랙 레벨"은 동일한데, 두 대의 스피커, 6dB의 합산 최대 양에 도달했기 때문이다.

Step 12 – info panel



INFO	
array length (m)	2,26 m
1st cancel	75 Hz
pref filters @ min BL	49 / 100 Hz
crit freq	150 Hz
BW min BL / F2B	1,04 oct. / 10,4

array length: 어레이의 총 길이(스피커x공간)

1st cancel: 첫 번째 상쇄 주파수는 블랙 마커로 명시된다.

pref filters: 하이패스, 로우패스 필터를 위해 추천된 주파수들은 노란색 마커로 명시된다.

crit frequency: 어레이 후면의 합산에서의 임계주파수는 어레이 전방의 합산값과 동일하고 붉은 마커로 표시된다.

BW / F2B 노란색 마커 사이에서 밴드대역폭과 전방에서 후방 사이의 비율.

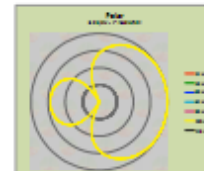
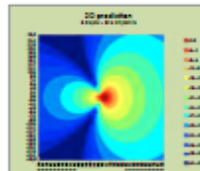
* 설명을 위해 필터는 추가되었습니다.

frequency

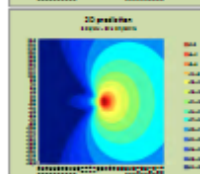
SPL

polar

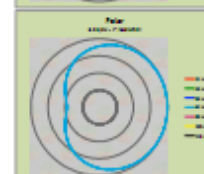
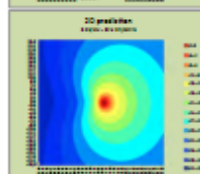
100 Hz



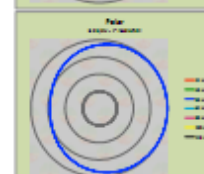
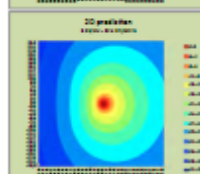
80 Hz



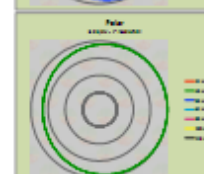
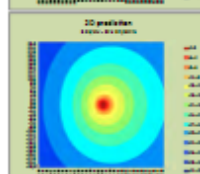
63 Hz



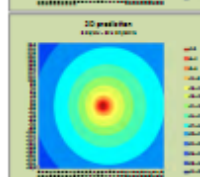
50 Hz



40 Hz



32 Hz



Tutorial 2: end-fire 4 speakers

Goals: 1.) 100Hz이상의 주파수는 제한한다.

대부분의 파라미터들은 이전의 튜토리얼과 동일하고 달라진 것들만 다뤄진다.

Step 3 – 스피커 4개를 선택한다.

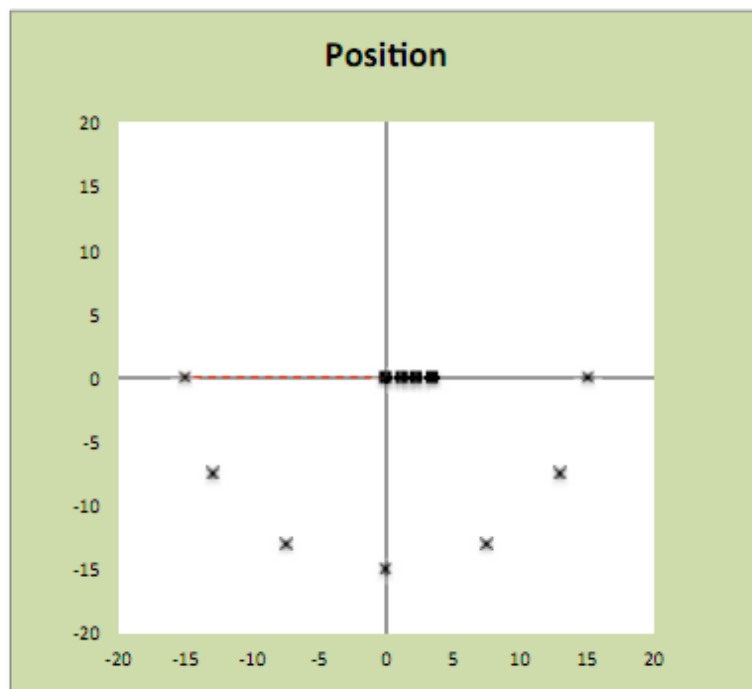
INPUT DATA		speakers (MAX 12)	4	block level 12,04 dB			
no.	on / off	x (m)	y (m)	rot (°)	level (dB)	t (ms)	pol inv
1	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
2	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
3	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
4	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
5	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
6	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
7	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
8	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
9	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
10	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
11	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
12	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0

Step 5 – 아웃풋 데이터 확인

OUTPUT DATA		speakers (MAX 12)	4	block level 12,04 dB			
no.	on / off	x (m)	y (m)	rot (°)	level (dB)	t (ms)	pol inv
1	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
2	1	1,13 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	3,32 ms	0
3	1	2,26 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	6,65 ms	0
4	1	3,39 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	9,97 ms	0
5	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
6	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
7	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
8	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
9	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
10	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
11	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
12	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0

스피커1부터 4번은 자동적으로 1,13m 간격과 3,32ms 딜레이 값을 갖는다.

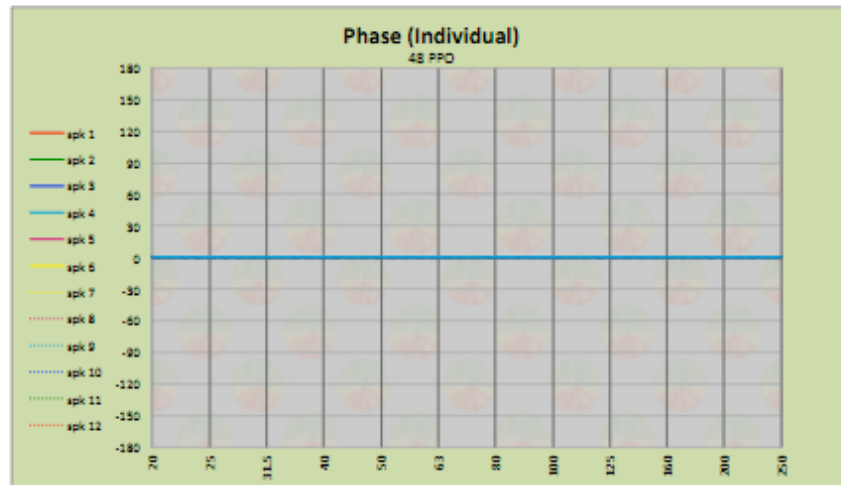
Step 8 – position overview



두 개의 스피커와 15m의 반지름을 갖는 반구 형태로 어레이 된 7개의 마이크들을 볼 수 있다.

붉은 점선은 마이크의 호와 마지막 마이크로폰 (No.7)을 포함한다.

Step 9 – 전면의 위상



LEVEL & PHASE (INDIVIDUAL) CTRL

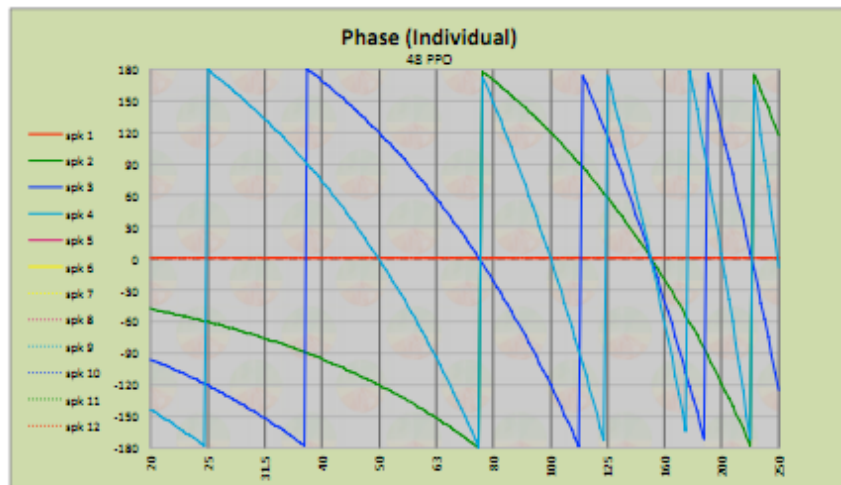
mic	1	0,0°
		trace
normalize	1	1
track prox	0	spk 1
speaker	arr time	display
spk 1	0,00 ms	1
spk 2	0,00 ms	1
spk 3	0,00 ms	1
spk 4	0,00 ms	1
spk 5	#N/A	1
spk 6	#N/A	1
spk 7	#N/A	1
spk 8	#N/A	1
spk 9	#N/A	1
spk 10	#N/A	1
spk 11	#N/A	1
spk 12	#N/A	1

마이크1(전면)을 선택한다. trace1(스피커1)에 대한 기준화를 실행시킨다.

두 스피커의 상대적인 도달 시간은 동일하고 위상 추적선은 완벽하게 중첩된다.

데이터를 기반으로, 두 스피커 신호의 합산은 전 주파수 대역을 예측한다.

Step 10 – 후면의 위상



LEVEL & PHASE (INDIVIDUAL) CTRL

mic	7	180,0°
normalize	1	trace
track prox	0	spk 1
speaker	arr time	display
spk 1	0,00 ms	1
spk 2	6,65 ms	1
spk 3	13,30 ms	1
spk 4	19,95 ms	1
spk 5	#N/A	1
spk 6	#N/A	1
spk 7	#N/A	1
spk 8	#N/A	1
spk 9	#N/A	1
spk 10	#N/A	1
spk 11	#N/A	1
spk 12	#N/A	1

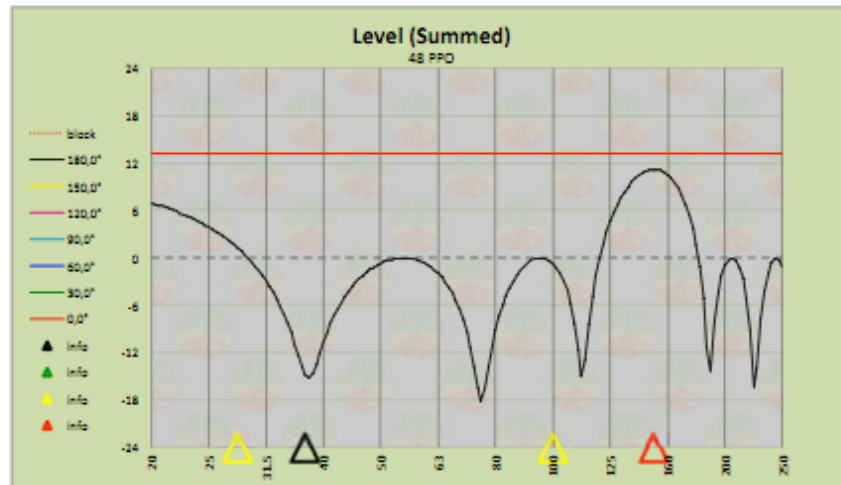
스피커 2번 부터 4번의 도달 시간이 늦어, 신호에서 몇몇의 주파수들은 역상이 된다.

이 데이터들을 기반으로, 하나 이상의 널이 어레이 뒷편에 생성될 것이다.

하나의 파장이 "임계 주파수"와 동일한 점을 유의하면, 모든 시그널은 동위상으로 도달한다.

어레이의 전방의 합산 결과는 같다. 그렇기 때문에 이 구간은 피해야하는 것이다.

Step 11 – level (summed)



LEVEL (SUMMED) CTRL		
trace	proximity	display
1 mic 0°	spk 2	1
2 mic 30°	spk 2	0
3 mic 60°	spk 2	0
4 mic 90°	spk 1	0
5 mic 120°	spk 1	0
6 mic 150°	spk 1	0
7 mic 180°	spk 1	1
8 block level		1
		trace
normalize	0	1

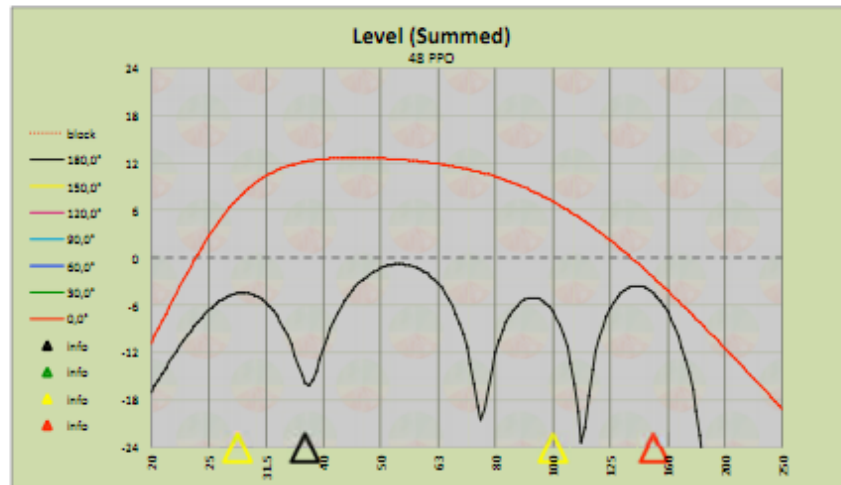
명확한 확인을 위해 마이크 2번 부터 6번은 보이지 않게 하였다.

붉은 trace는(마이크1-전면) 전 주파수들의 합산을 나타낸다.

검은 trace는(마이크7번-후면) 세개의 널 포인트를 보인다. 게다가 이전의 튜토리얼의 75Hz 널 이외에 1/2와 1과 1/2배의 주파수에 널이 있다.

“임계 주파수”를 넘어간 널 포인트엔 신경쓰지 않아도 된다. 관심 대역 밖의 현상이다.

Step 12 – info panel



INFO	
array length (m)	4,52 m
1st cancel	38 Hz
pref filters @ min BL	28 / 100 Hz
crit freq	150 Hz
BW min BL / F2B	1,83 oct. / 16 c

array length: 어레이의 총 길이(스피커x공간)

1st cancel: 첫 번째 상쇄 주파수는 블랙 마커로 명시된다.

pref filters: 하이패스, 로우패스 필터를 위해 추천된 주파수들은 노란색 마커로 명시된다.

crit frequency: 어레이 후면의 합산에서의 임계주파수는 어레이 전방의 합산값과 동일하고 붉은 마커로 표시된다.

BW / F2B 노란색 마커 사이에서 밴드대역폭과 전방에서 후방 사이의 비율.

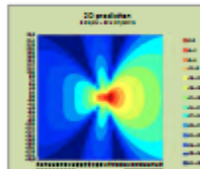
*설명을 위해 필터는 추가되었다.

frequency

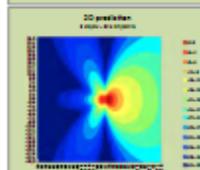
SPL

polar

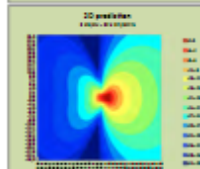
100 Hz



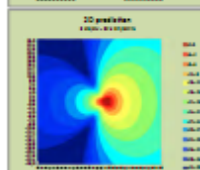
80 Hz



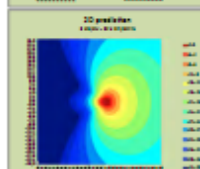
63 Hz



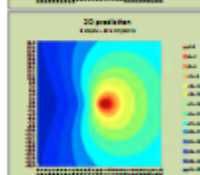
50 Hz



40 Hz



32 Hz



End-fire 방식의 맺음말 :

이전의 튜토리얼들은 세가지 트랜드로 정해지는데, 더 많은 서브우퍼들은 양쪽 밴드위스, front-2back-back ratio, 지향성을 증가시킨다.

speakers	2	3	4	5	6	7	8
f-low	50 Hz	37 Hz	30 Hz	25 Hz	21 Hz	< 20 Hz	< 20 Hz
f-high	100 Hz	100 Hz	100 Hz	100 Hz	100 Hz	100 Hz	100 Hz
F2B ratio	10 dB	13 dB	15 dB	16 dB	17 dB	> 17 dB	> 17 dB

spacing 1,13 m / temp 14° C

5개나 그 이상의 서브우퍼들을 사용하면 오히려 감쇄 현상을 일으키고 추가된 주파수 대역폭은 추가된 스피커의 양으로 얻는 약간의 데시벨에 비하면 아주 비효율적인 일이다.

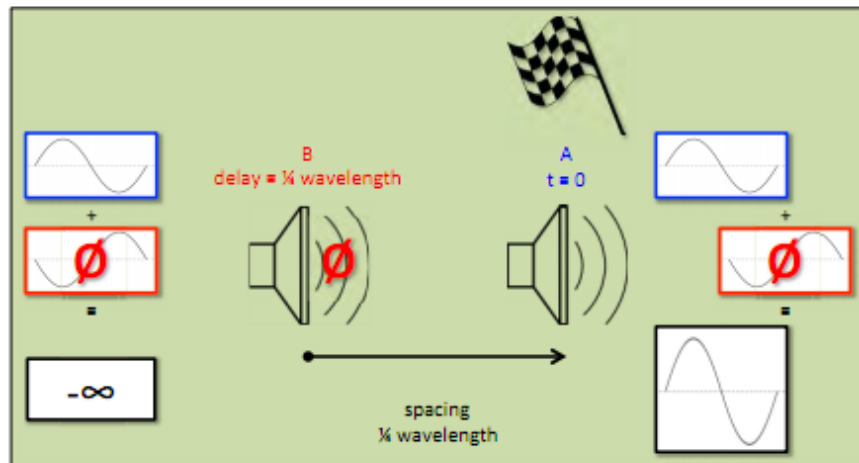
상한 주파수 대역폭의 주파수 리미트는 임계주파수의 2/3대역이다.

이 주파수의 모든 신호들은 어레이 뒤쪽의 120도 떨어진 곳까지 도달한다. 스피커의 양이나 간격 수정에 상관없이 추가적인 증가나 감쇄가 없다.

모든 카디오이드 배열 중, 엔드파이어는 가장 출력이 높다.

*trade-off는 어레이 뒤쪽의 좁은 대역의 상쇄 구간과 어레이 전면에서 전 주파수에 일치하지 않는 커버리지 각도 범위이다.

Gradient theory:



두 대의 스피커가 정면을 바라보게 나열하고 $\frac{1}{4}$ 파장 길이만큼 간격을 둔다. 후면에 있는 스피커에 $\frac{1}{4}$ 파장 길이 만큼 딜레이를 걸고 극성을 반전시킨다.

rear:

떨어진 간격만큼 딜레이를 후방의 스피커에 주게 되므로 두 대의 신호는 동위상에 맞아 떨어진다. 하지만 극성을 반전 시키면서 주파수 상쇄가 이루어진다.

front:

후방 스피커의 신호가 $\frac{1}{2}$ 파장만큼 전방의 스피커보다 나중에 도달하며 위상이 엇나간다. 하지만 후방 스피커 신호의 극성을 뒤집으면서 제한된 대역폭 까지의 신호가 보강된다.

$\frac{1}{2}$ 파장 딜레이는 두 딜레이의 합산이다 :

$\frac{1}{4}$ 파장의 음향공간에서 전달된 시간

$\frac{1}{4}$ 파장의 전기적 딜레이

주파수마다 맞는 파장이 다르기 때문에 특정 주파수를 골라 최적화된 현상, 결과를 얻으면 된다.

Tutorial 3: gradient

- Goals:
- 1.) 68Hz에서 피크(14도씨에서 파장은 5m)
 - 2.) 100Hz이상의 상위주파수는 제한함.

Step 1 - 그래디언트 셋업 선택

SPEAKER SETUP	4
1. Physical hor. array	
2. Delayed hor. array	
3. End-Fire	
4. Gradient	

Step 2 - 스피커 패턴을 옴니로 선택

SPEAKER PATTERN	1
1. Omni	
horizontal array only	
2. Cardioid	
3. Super-Cardioid	
4. Figure Eight	

Step 3 - 스피커는 자동적으로 두 개로 설정된다.

INPUT DATA		speakers (MAX 12)			1	DISABLED	block level	0,00 dB
no.	on / off	x (m)	y (m)	rot (°)	level (dB)	t (ms)	pol inv	
1	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0	
2	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0	
3	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0	
4	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0	
5	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0	
6	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0	
7	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0	
8	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0	
9	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0	
10	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0	
11	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0	
12	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0	

Step 4 – 간격 설정(14도씨에서 65Hz 파장의 ¼파장 간격은 1.25m)

ARRAY PARAMETERS		
spacing 90° (m)		1,25 m
horizontal array only		
arc	FAR 2,00	60°
orientate speakers		0

Step 5 – 아웃풋 데이터 확인하기

OUTPUT DATA		speakers (MAX 12)		2	block level		6,02 dB
no.	on / off	x (m)	y (m)	rot (°)	level (dB)	t (ms)	pol inv
1	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
2	1	-1,25 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	3,68 ms	1
3	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
4	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
5	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
6	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
7	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
8	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
9	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
10	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
11	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
12	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0

스피커 2는 자동적으로 -1.25M 간격을 갖고 3.68ms의 딜레이가 적용된다

Step 6 – 마이크 셋업은 1번 arc로 하고 180도를 입력.

MIC SETUP		1
1. Arc	FAR	180,0°
	#####	(360°)
horizontal array only		
2. Array		
3. Edge		
4. Exponential 72°		

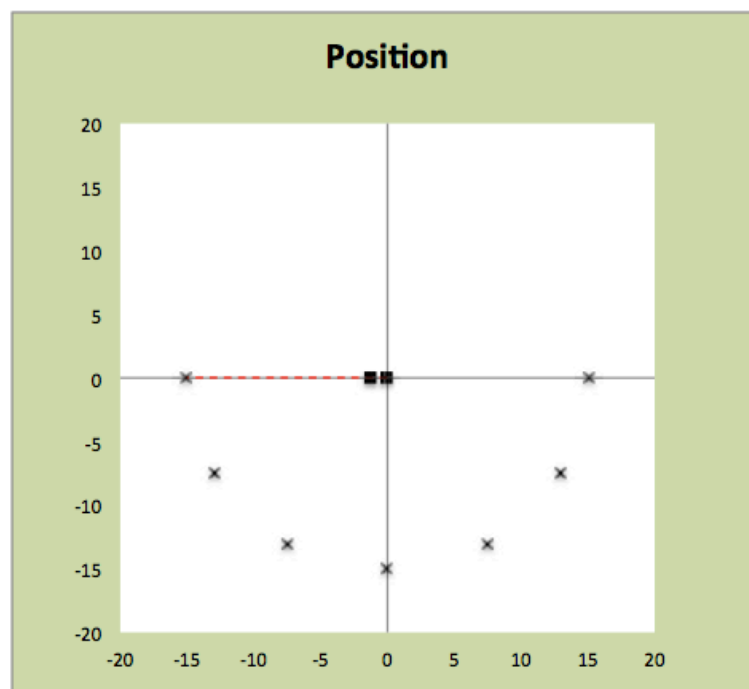
마이크는 양쪽 사이트에 배치되야 하므로 180도로 입력해야한다.

Step 7 – set global radius

GLOBAL RADIUS (FOH) 15 m

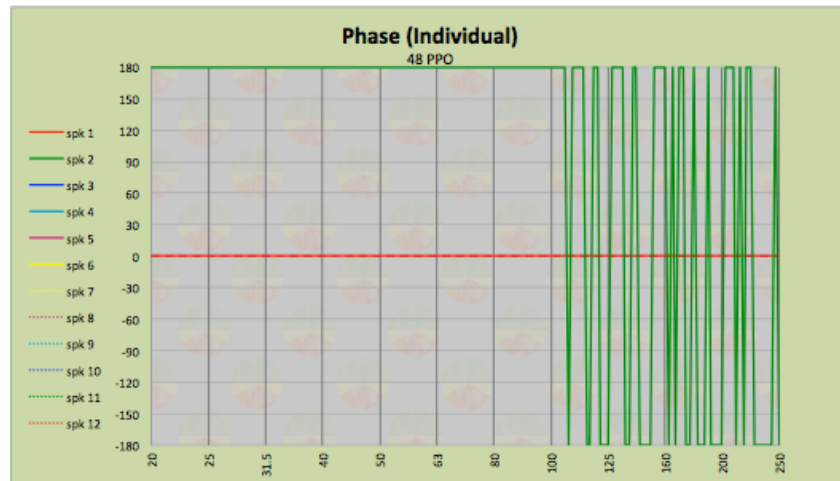
설명을 위해 15m를 선택했다. 디폴트 값은 25m로 대부분의 상황에 적합하다.

Step 8 – position overview



두 대의 스피커와 15m의 반지름을 갖는 반구 형태로 어레이 된 7개의 마이크들을 볼 수 있을 것이다.

Step 9 – 후면의 위상



LEVEL & PHASE (INDIVIDUAL) CTRL

mic	7	180,0°
normalize	1	trace
track prox	0	spk 1
speaker	arr time	display
spk 1	0,00 ms	1
spk 2	0,00 ms	1
spk 3	#N/A	1
spk 4	#N/A	1
spk 5	#N/A	1
spk 6	#N/A	1
spk 7	#N/A	1
spk 8	#N/A	1
spk 9	#N/A	1
spk 10	#N/A	1
spk 11	#N/A	1
spk 12	#N/A	1

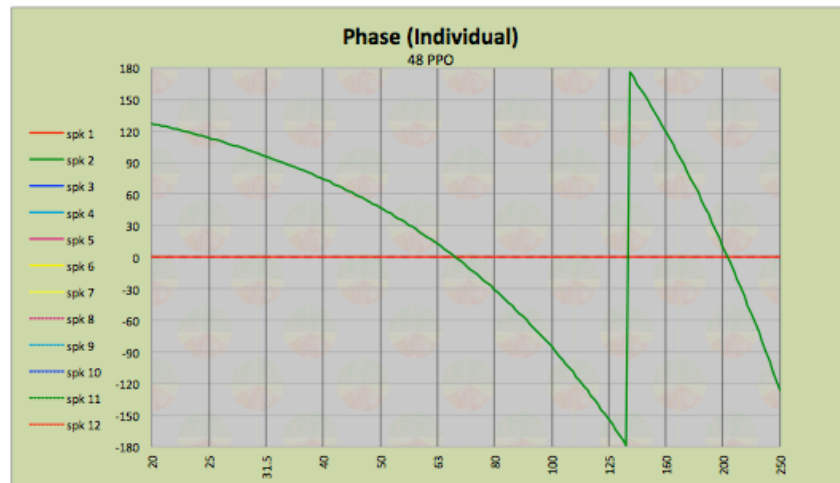
마이크1(전면)을 선택한다. trace1(스피커1)에 대한 기준화를 실행시킨다.

두 스피커의 도달 시간은 같고 위상 선은 스피커 2(B)의 극성을 반전시켰기 때문에 180도 떨어져 있다.

이 데이터를 기반으로, 전 주파수의 상쇄를 예측한다.

(뜰쭉날쭉한 위상은 무시해도 되고, 이는 +-180도에 가까운 값을 내기 위해 생긴 현상이다.)

Step 10 – 전면의 위상



LEVEL & PHASE (INDIVIDUAL) CTRL

mic	1	0,0°
		trace
normalize	1	1
track prox	0	spk 1
speaker	arr time	display
spk 1	0,00 ms	1
spk 2	7,36 ms	1
spk 3	#N/A	1
spk 4	#N/A	1
spk 5	#N/A	1
spk 6	#N/A	1
spk 7	#N/A	1
spk 8	#N/A	1
spk 9	#N/A	1
spk 10	#N/A	1
spk 11	#N/A	1
spk 12	#N/A	1

마이크1(전면)를 선택한다. trace1(스피커1)에 대한 기준화는 왼쪽편이다.

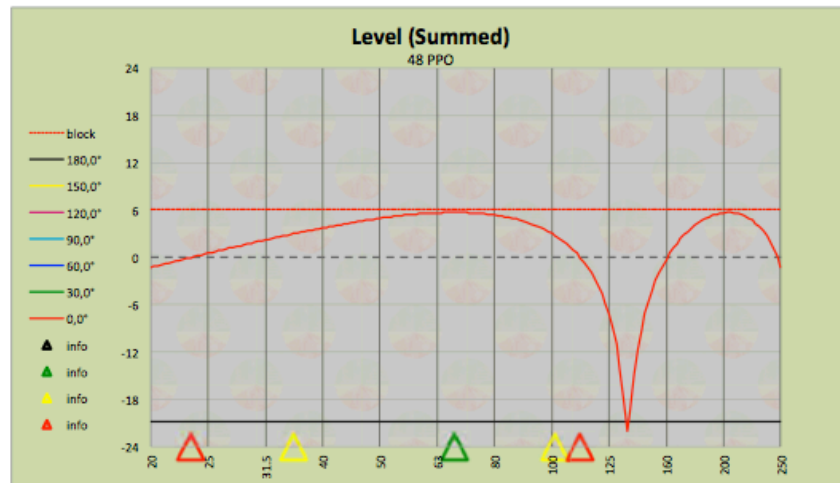
스피커 2는 스피커 1보다 7.36ms(1/2파장) 늦게 도달한다. 스피커2의 극성을 반전시켰기 때문에 부분적으로 동위상이다. 주파수가 증가할 수록 스피커2의 위상은 스피커1의 위상에 근접하기 시작한다.

68hz가 되면 두 신호는 동위상이 된다. 68hz를 넘어서면 위상 추적선은 다시 벗어나기 시작한다.

데이터를 기반으로, 주파수가 68hz로 증가할 수록 감쇄는 합산으로 변할 것이고 68hz에서 최고치에 도달할 것이다. 계속해서 136Hz으로 가면서 추적선은 합산에서 감쇄로 변할 것이다.

이 과정은 콤팩터와 비슷하게 반복될 것이다.

Step 11 – level (summed)



LEVEL (SUMMED) CTRL

trace	proximity	display
1 mic 0°	spk 2	1
2 mic 30°	spk 2	0
3 mic 60°	spk 2	0
4 mic 90°	spk 1	0
5 mic 120°	spk 1	0
6 mic 150°	spk 1	0
7 mic 180°	spk 1	1
8 block level		1
trace		
normalize	0	1

명확한 확인을 위해 마이크 2번부터 6번은 보이지 않도록 하였다.

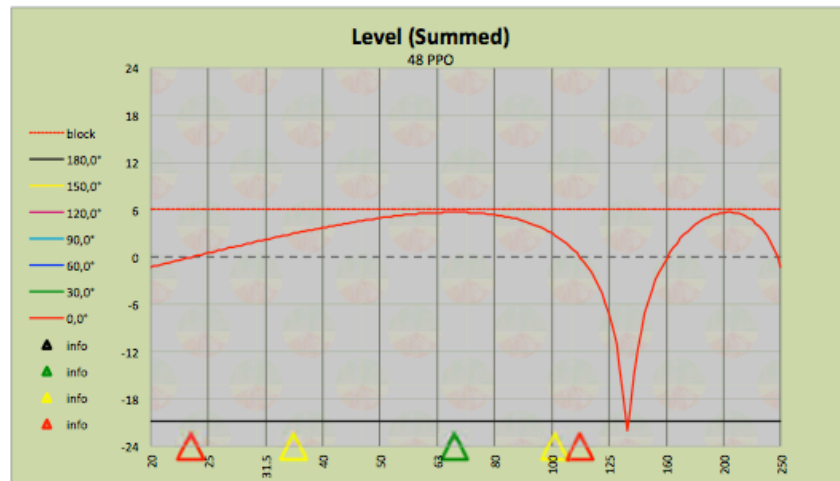
붉은 trace는(마이크1번-정면) 부분적으로 합산치를 보이고 68hz에서 최대값에 도달한다.

이것은 콤퍼터의 첫번째 “dip”이고 7.63ms 딜레이로 발생한다. 하지만 극성 반전이 상쇄에서 합산으로 바뀌고 그 반대가 된다.

검은 trace는(마이크7-후면) 전 대역에서 감쇄를 보인다.

위상 관계 때문에 두 스피커 간의 합산이나 “블랙레벨” 등 전 주파수들은 6dB 최대치에 도달하지 못했다.

Step 13 – info panel



INFO	
array length (m)	
max sum	68 Hz
pref filter @ -3 dB	36 / 100 Hz
max filter @ -6 dB	23 / 111 Hz
BW -3 dB / F2B	1,49 oct. / 25,6
BW -6 dB / F2B	2,24 oct. / 24,8

max sum: 가장 높은 합산치를 보이는 주파수 대역

pref filters: 하이패스, 로우패스 필터를 위해 추천된 주파수들은 노란색 마커드로 명시된다.

max filters: 하이패스와 로우패스 필터들로 제한된 주파수들은 붉은 마커로 표시된다.

BW / F2B: 노란 마커 사이의 밴드위스와 front-2-back ratio

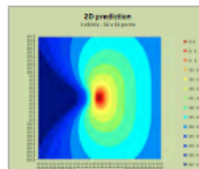
BW / F2B: 붉은 마커 사이의 밴드 위스와 front-2-back

frequency

SPL

polar

100 Hz



그래디언트 방식의 맺음말 :

이전의 튜토리얼은 어레이 뒷 부분의 효율적인 광대역 감쇠와 일관된 주파수 커버리지 범위에 따라 결정되었다.

Trade-off는 출력에서 +6dB가 부분적으로 증가하고, (두 가지 요소의 제약 때문에), 어레이 전면 60~300도 까지 위상범위에서 time-smearing 역시 부분적으로 증가한다.

후방 스피커 신호의 극성 반전과 스피커의 지향을 제외하고, 그래디언트 어레이는 두 대의 엔드파이어 어레이의 반대 이미지이다.

Line array theory:

라인어레이(복수형이나 단일형)지향성은 라인 길이와 동일한 파장의 주파수에서, 음원 간격과 동일한 파장의 주파수의 $2/3$ 까지이다.

물리적으로 Arc 형태의 어레이는 커버리지 각이 어레이 뒤쪽에 있는 가상 원의 원점 호의 활 부분과 같다.

On-axis 주파수는 총 6dB 떨어지는 구간까지가 수평 배열의 제한된 상위 주파수이다.

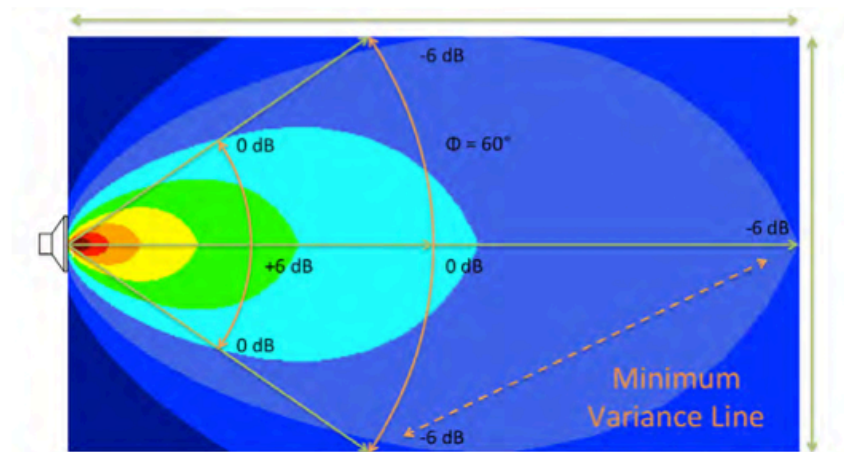
톤의 변화를 6dB로 제한하면, 사용 가능한 커버리지 각은, Arc 각도의 $2/3$ 이다.

무지향성의 음원들로 만들어진 물리적 배열들은 중심 교점이 어레이 뒷편 가상 원의 원점에 존재하게 될 것이다.

스피커를 호처럼 위치하듯 전기적으로 딜레이를 준 수평 어레이는, 공간 이점이 있지만 거의 동일한 작동이 요구된다.

물리적 배열에 비해, 무지향성 음원들로 딜레이된 어레이는, 본질적으로 대칭이다.

Forward Aspect Ratio¹:



Forward Aspect Ratio 또는 FAR은 주어진 스피커나 어레이의 커버리지 각의 폭과 너비 사이의 비율이다.

$$FAR = \frac{1}{\sin\left(\frac{c_L}{2}\right)} \Leftrightarrow c_L = 2 \cdot \text{asin}\left(\frac{1}{FAR}\right)$$

¹ Sound Systems: Design and Optimization by Bob McCarthy

Tutorial 4: physical horizontal array

- Goals:
- 1.) 50m 중 25m의 청중 지역의 균등한 커버리지
(FAR=2 c=60도), 10개의 스피커 사용
 - 2.) 100Hz 이상의 상위 대역 주파수 제한

Step 1 - 물리적 수평 어레이 셋업 선택

SPEAKER SETUP	1
1. Physical hor. array	
2. Delayed hor. array	
3. End-Fire	
4. Gradient	

Step 2 - 음니 패턴 선택

SPEAKER PATTERN	1
1. Omni	
horizontal array only	
2. Cardioid	
3. Super-Cardioid	
4. Figure Eight	

Step 3 – 스피커10개를 선택한다.

INPUT DATA		speakers (MAX 12)	10	block level 20,00 dB			
no.	on / off	x (m)	y (m)	rot (°)	level (dB)	t (ms)	pol inv
1	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
2	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
3	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
4	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
5	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
6	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
7	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
8	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
9	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
10	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
11	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
12	1	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0

Step 4 – 마이크 셋업 1번 설정, 각도는 30도

MIC SETUP		1
1. Arc	FAR	30,0° (60°)
	2,00	
horizontal array only		
2. Array		
3. Edge		
4. Exponential 72°		

FAR은 그 장소의 너비와 폭 사이의 비율 2.00을 포함한다.

Step 5 – 정보 패널에서 괄호 안 최대 각 값이 60도, ONAX가 100Hz에서 -6dB가 되도록 spacing 파라미터와 arc를 조정한다.

ARRAY PARAMETERS	
spacing 180° (m)	0,99 m
horizontal array only	
	FAR
arc	1,74
orientate speakers	0

INFO	
array length (m)	9,90 m
array 1λ	34 Hz
spk dist 180°	172 Hz
spk dist 240°	229 Hz
spk dist 360°	343 Hz
-6 dB ONAX	100 Hz 2,9 λ
max angle	47 ° (60 °) -6,1 dB @ 60 Hz

괄호를 제외하고 최대 각 수치는 어레이 뒷쪽의 원점인 수직 포인트로 부터 Arc 각의 2/3이다.

괄호 안의 값은 XY 좌표 0,0 어레이의 물리적 원점에서 본 마이크 셋업 No.1(arc)을 위한 동등한 각도이다.

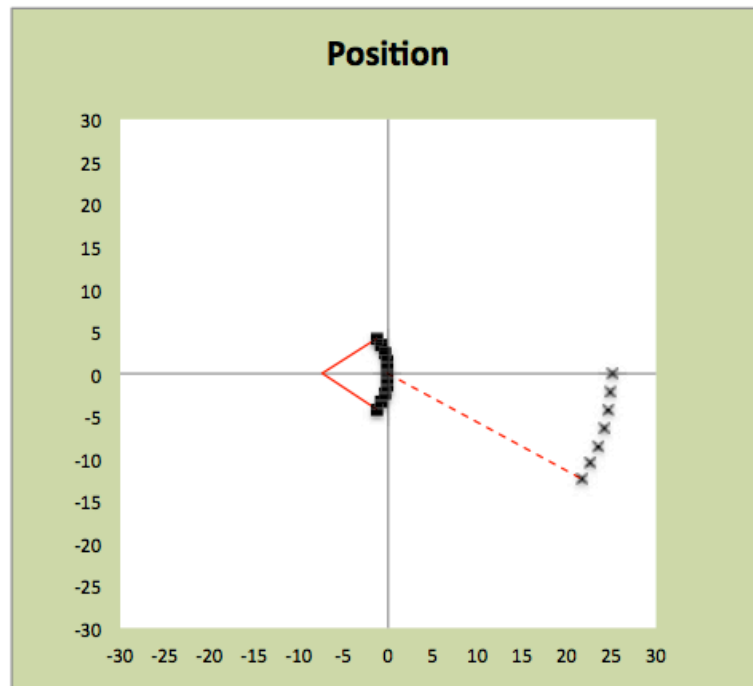
최대 음색 변화는 60Hz에서 -6.1dB에 도달한다.

Step 6 – 데이터 확인하기

OUTPUT DATA		speakers (MAX 12)			10	block level		20,00 dB
no.	on / off	x (m)	y (m)	rot (°)	level (dB)	t (ms)	pol inv	
1	1	-1,32 m	4,18 m	35,0°	0,00 dB	0,00 ms	0	
2	1	-0,81 m	3,34 m	27,2°	0,00 dB	0,00 ms	0	
3	1	-0,42 m	2,43 m	19,4°	0,00 dB	0,00 ms	0	
4	1	-0,15 m	1,47 m	11,7°	0,00 dB	0,00 ms	0	
5	1	-0,02 m	0,49 m	3,9°	0,00 dB	0,00 ms	0	
6	1	-0,02 m	-0,49 m	-3,9°	0,00 dB	0,00 ms	0	
7	1	-0,15 m	-1,47 m	-11,7°	0,00 dB	0,00 ms	0	
8	1	-0,42 m	-2,43 m	-19,4°	0,00 dB	0,00 ms	0	
9	1	-0,81 m	-3,34 m	-27,2°	0,00 dB	0,00 ms	0	
10	1	-1,32 m	-4,18 m	-35,0°	0,00 dB	0,00 ms	0	
11	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0	
12	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0	

모든 10개의 스피커는 70도의 호 모양으로 일정하게 회전하여 물리적으로 배치됐다.

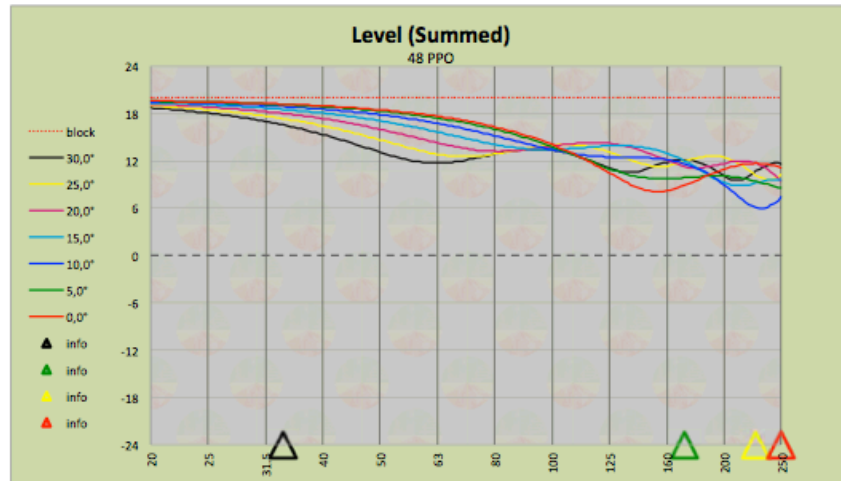
Step 7 – position overview



10대의 스피커와 70도의 수직 arc 각을 볼 수 있다.

7개의 마이크는 25m에 30도의 각도로 일정하게 분배되어있다.

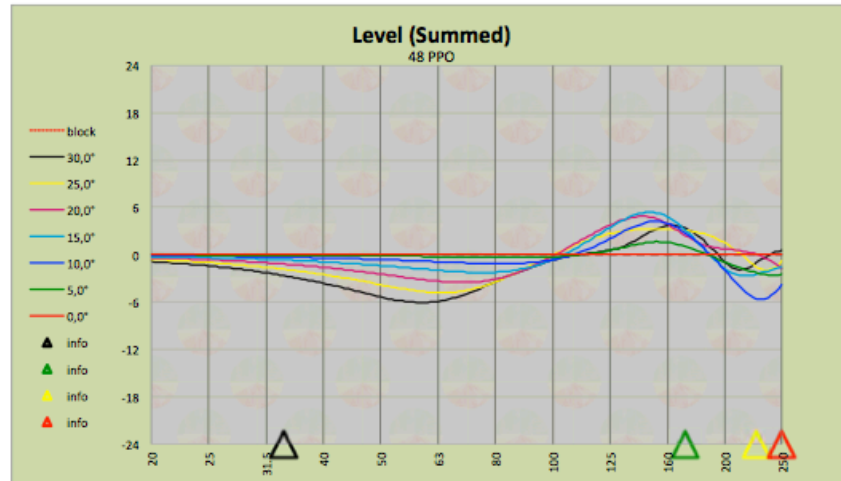
Step 8 – level (summed)



INFO	
array length (m)	9,90 m
array 1λ	34 Hz
spk dist 180°	172 Hz
spk dist 240°	229 Hz
spk dist 360°	343 Hz
-6 dB ONAX	100 Hz 2,9 λ
max angle	47 ° (60 °) -6,1 dB @ 60 Hz

100Hz 이상의 상한주파수를 제한한대로 100Hz의 “블랙 레벨”에 대해 ONAX 레벨 (Mic.1)은 점진적으로 -6dB까지 떨어진다.

9.90m의 어레이 길이에 관련된 2.9m 파장.



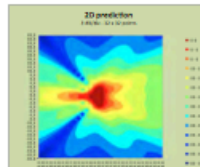
이전 페이지와 같은 플롯이지만 마이크 1번을 기준잡아 6dB내로 의도된 주파수 폭이 하강하는 전체적인 음색 변화를 확실하게 볼 수 있다.

frequency

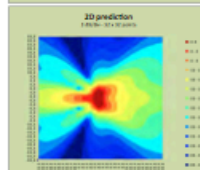
SPL

polar

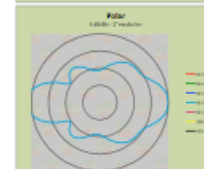
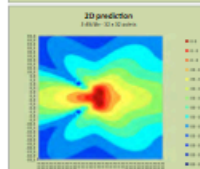
100 Hz



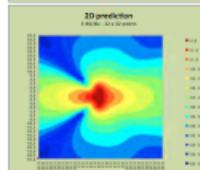
80 Hz



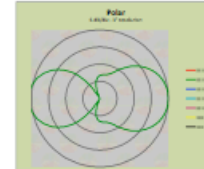
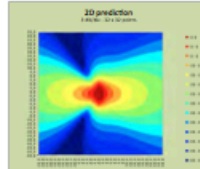
63 Hz



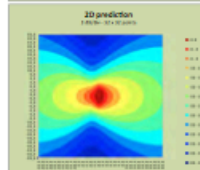
50 Hz



40 Hz

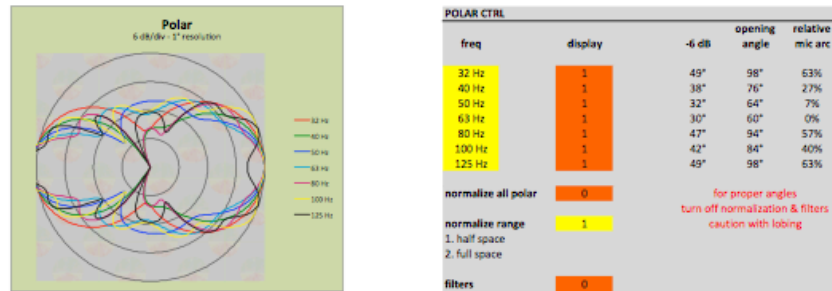


32 Hz



SPL과 폴라 플롯은 어레이 뒤편의 더 큰 출력과 함께 focal node를 명확하게 보여준다.

Step 9 – polar



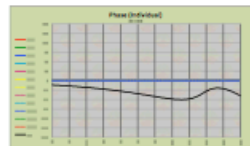
패널은 60도 +63%의 노미널 커버리지를 보여준다.

원하는 대역을 넘는 125Hz의 극성은 로빙으로 표기된 것을 해제하면 보여준다.

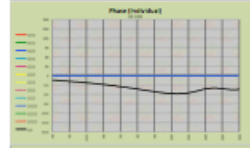
microphone

average phase

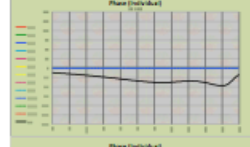
1



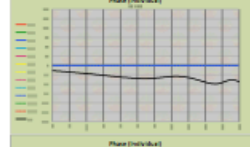
2



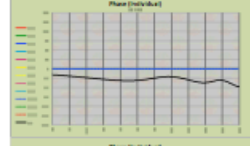
3



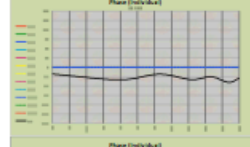
4



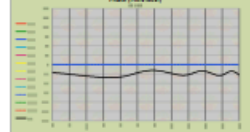
5



6



7



마이크 1번부터 7번까지의 의도된 주파수 대역 내 $\pm 15^\circ$ 균일한 평균 위상을 보자. 100Hz에서 ONAX -6db를 지나면 패턴은 점점 불규칙한 평균 위상으로 인해 분산되기 시작한다.

그 다음 튜토리얼은 옴니 소스를 사용한 딜레이된 수평 어레이로 비슷한 결과에 도달하도록 시도해 볼 것이다.

Tutorial 5: delayed horizontal array

- Goals:**
- 1.) 50m 중 25m의 청중 지역의 균등한 커버리지
(FAR=2 c=60도), 10개의 스피커 사용
 - 2.) 100Hz 이상의 상위 대역 주파수 제한

대부분의 파라미터는 이전의 튜토리얼과 동일하고 달라진 것들만 다를 것이다.

Step 1 - select Delayed hor. array speaker setup

SPEAKER SETUP	2
1. Physical hor. array	
2. Delayed hor. array	
3. End-Fire	
4. Gradient	

Step 5 – 정보 패널에서 100Hz에서 ONAX -6dB와 괄호 값이 60도가 되도록 간격 파라미터와 arc 최대값을 조정한다.

ARRAY PARAMETERS		
spacing 180° (m)		0,94 m
horizontal array only		
arc	FAR 1,72	71°
orientate speakers		0

INFO	
array length (m)	9,40 m
array 1λ	36 Hz
spk dist 180°	181 Hz
spk dist 240°	241 Hz
spk dist 360°	362 Hz
-6 dB ONAX	100 Hz 2,8 λ
max angle	47 ° (60 °) -5,6 dB @ 56 Hz

괄호를 제외하고 최대 각 수치는 어레이 뒷쪽의 원점인 수직 포인트로 부터 Arc 각의 2/3이다.

괄호 안의 값은 XY 좌표 0,0 어레이의 물리적 원점에서 본 마이크 셋업 No.1(arc)을 위한 동등한 각도이다.

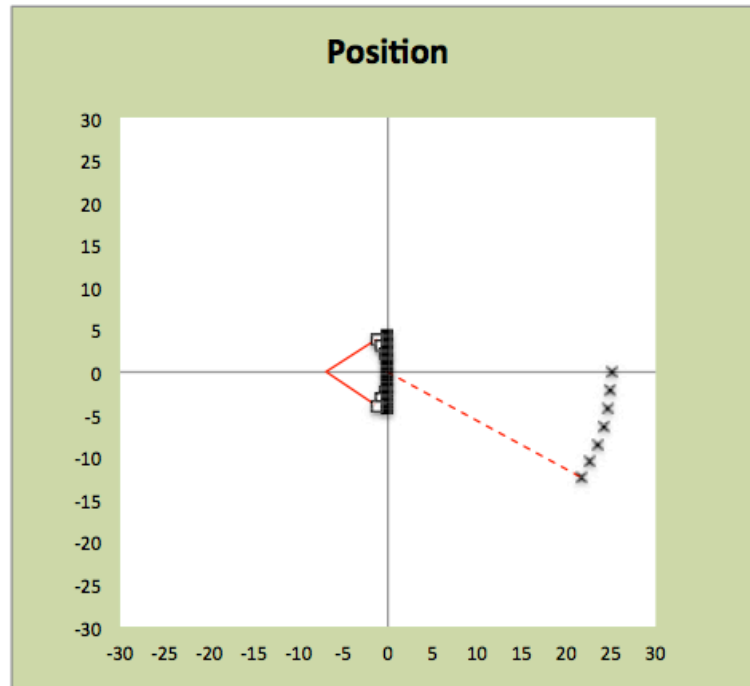
최대 음색 변화는 60Hz에서 -6.1dB에 도달한다.

Step 6 – i 아웃풋 데이터 확인하기

OUTPUT DATA		speakers (MAX 12)		10	block level 20,00 dB		
no.	on / off	x (m)	y (m)	rot (°)	level (dB)	t (ms)	pol inv
1	1	0,00 m	4,23 m	0,0°	0,00 dB	3,77 ms	0
2	1	0,00 m	3,29 m	0,0°	0,00 dB	2,27 ms	0
3	1	0,00 m	2,35 m	0,0°	0,00 dB	1,14 ms	0
4	1	0,00 m	1,41 m	0,0°	0,00 dB	0,38 ms	0
5	1	0,00 m	0,47 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
6	1	0,00 m	-0,47 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
7	1	0,00 m	-1,41 m	0,0°	0,00 dB	0,38 ms	0
8	1	0,00 m	-2,35 m	0,0°	0,00 dB	1,14 ms	0
9	1	0,00 m	-3,29 m	0,0°	0,00 dB	2,27 ms	0
10	1	0,00 m	-4,23 m	0,0°	0,00 dB	3,77 ms	0
11	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0
12	0	0,00 m	0,00 m	0,0°	0,00 dB	0,00 ms	0

모든 10대의 스피커는 나란하게 물리적으로 배치됐고 자동적으로 딜레이가 적용된다.

Step 7 – position overview



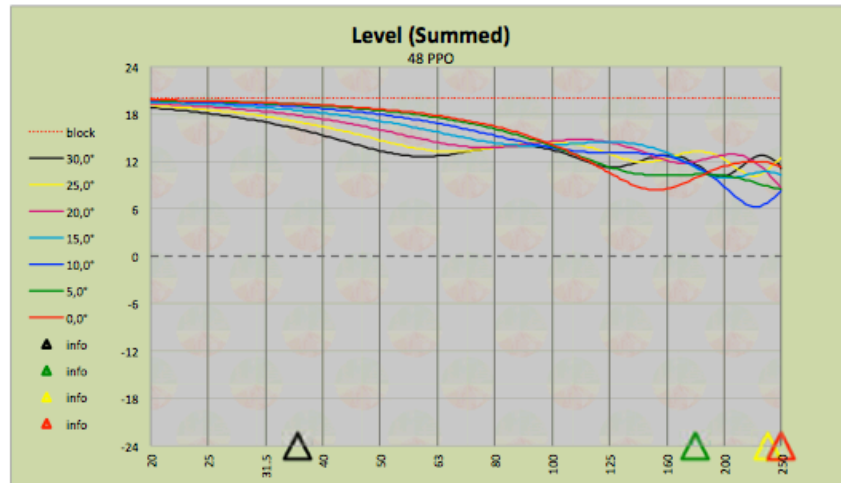
10개의 스피커 그리고 70도 수직 Arc 각을 볼 수 있다.

7개의 마이크는 25미터에 30도의 각도로 일정하게 분배되어있다.

검은색 상자들은 실제 물리적으로 스피커가 배치된 것을 보여주고 흰색 상자들은 가상의 포지션을 보여준다.

위치는 전기적 딜레이를 적용함에 따라 달라진다.

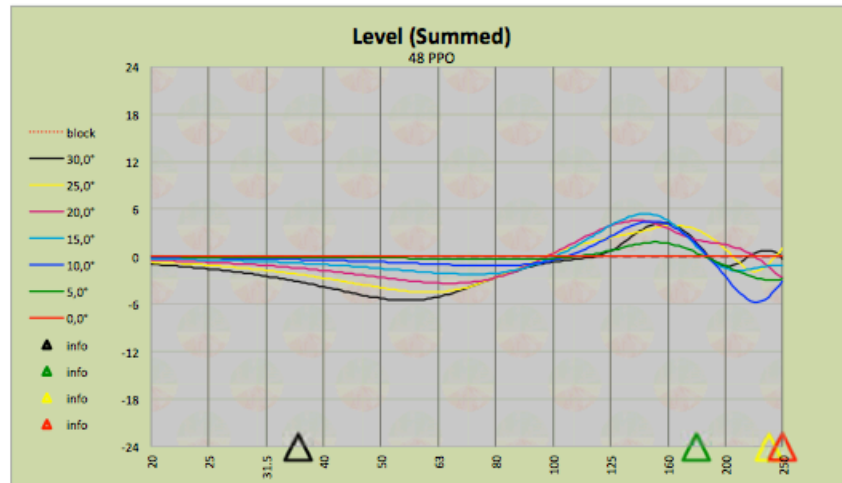
Step 8 – level (summed)



INFO	
array length (m)	9,40 m
array 1λ	36 Hz
spk dist 180°	181 Hz
spk dist 240°	241 Hz
spk dist 360°	362 Hz
-6 dB ONAX	100 Hz 2,8 λ
max angle	47 ° (60 °) -5,6 dB @ 56 Hz

100Hz 이상의 상한주파수를 제한한 100Hz의 “블랙 레벨”에 대해 ONAX 레벨(마이크1)은 점진적으로 -6dB까지 떨어진다.

9.40m의 어레이 길이에 관련된 2.8m 파장.



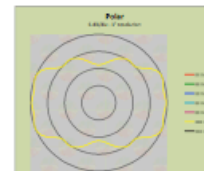
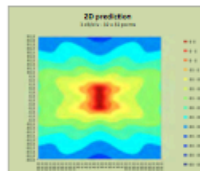
이전 페이지와 같은 플롯이지만 마이크 1번을 기준잡아 6dB내로 의도한 주파수 대역폭 이 하강하는 전체적인 음색 변화를 확실하게 볼 수 있다.

frequency

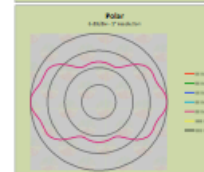
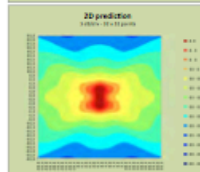
SPL

polar

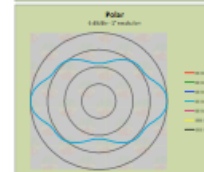
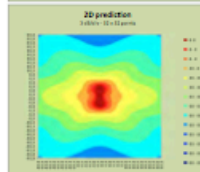
100 Hz



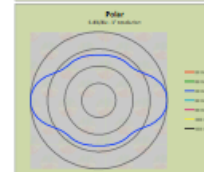
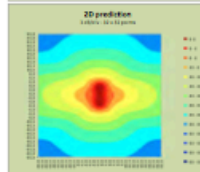
80 Hz



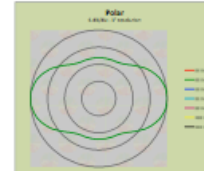
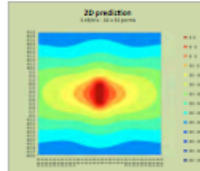
63 Hz



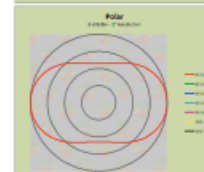
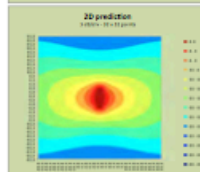
50 Hz



40 Hz

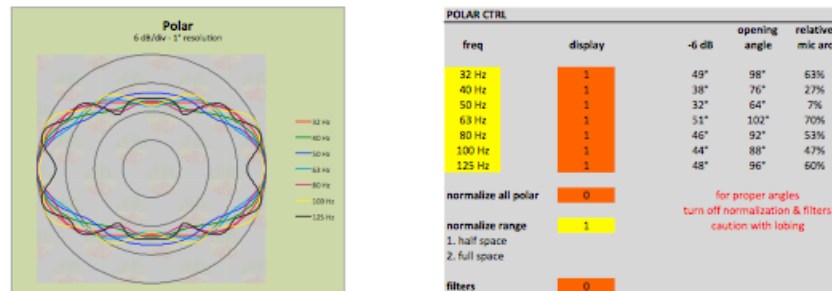


32 Hz



SPL과 폴라 플롯 둘 다 딜레이가 적용된 일렬 어레이의 대칭적인 “로르샤흐”동작을 보자.

Step 9 – polar



패널은 64도 +70%의 노미널 커버리지를 보여준다.

의도한 대역 바깥인 125Hz의 극성은 로빙으로 표기된 것을 해제하면 패턴을 볼 수 있다.

microphone

average phase

1

2

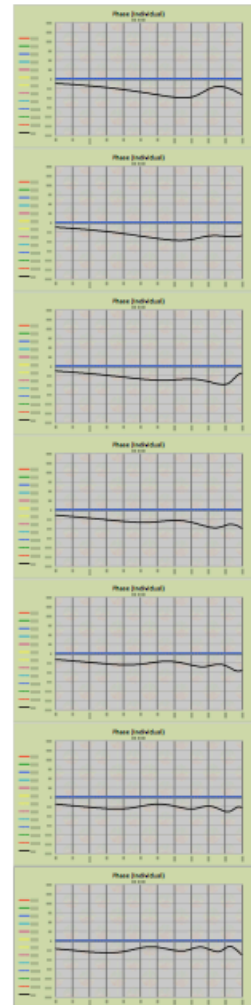
3

4

5

6

7



의도한 주파수 대역폭에서 1번부터 7번까지 마이크들의 (이전의 튜토리얼과 동일한 가상의)일관적인 $\pm 15^\circ$ 평균 위상을 보자.

100Hz에서 ONAX -6dB를 지나면서 패턴은 무너지고 점점 불규칙한 평균 위상을 보인다.

다음 튜토리얼에서는 카디오이드 소스를 가지고 비슷한 결과물에 도달해 볼 것이다.

Tutorial 6: 카디오이드 소스를 사용하여 딜레이를 적용한 수평 어레이

- Goals:**
- 1.) 10개의 카디오이드 스피커를 사용하여 50m중 25m의 객석 지역에 균등한 커버리지
 - 2.) 100Hz 이상의 상한 주파수는 제한

대부분의 파라미터는 이전의 튜토리얼과 동일하여 변화된 것만 다를 것이다.

Step 2 - 카디오이드 스피커 패턴을 선택한다.

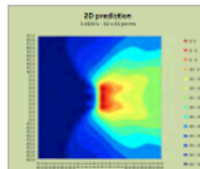
SPEAKER PATTERN	2
1. Omni	
horizontal array only	
2. Cardioid	
3. Super-Cardioid	
4. Figure Eight	

frequency

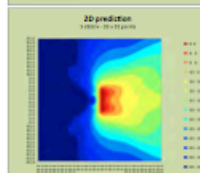
SPL

polar

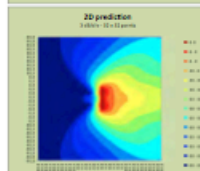
100 Hz



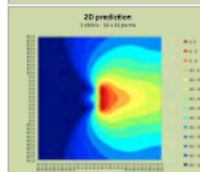
80 Hz



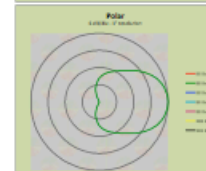
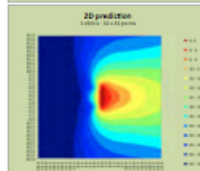
63 Hz



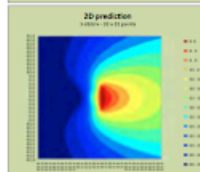
50 Hz



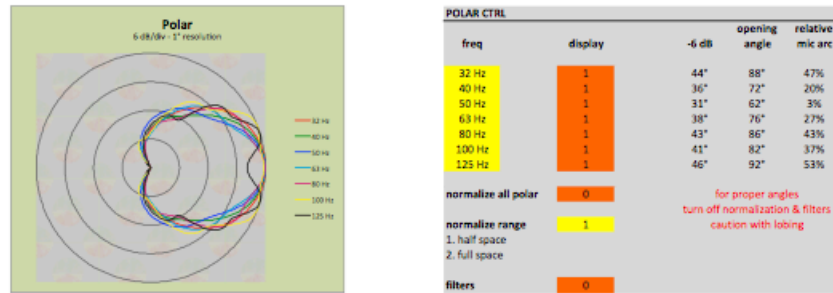
40 Hz



32 Hz



Step 9 – polar



패널은 60도 +63%의 노미널 커버리지를 보여준다.

원하는 대역을 넘는 125Hz의 극성은 로빙으로 표기된 것을 해제하면 보여준다.

수평어레이 맺음말:

두 방법은 수평 어레이의 6dB 혹은 더 적은 레벨의 톤 변화를 좌우한다.

- 라인 길이, 스피커의 양에 상관 없음
- Arc 각도

두 파라미터는 -6dB ONAX 포인트에 영향을 준다.

하지만 하나의 동향은 분명하게 두드러진다.

커버리지 각은 라인 길이에 반비례하여 좁아지는 각을 가질수록 더 긴 라인 길이가 필요하다.

스피커의 양은 -6dB ONAX 포인트를 지나는 패턴을 분산시키는데 굉장한 영향을 주고, 적은 수의 스피커는 많은 수의 스피커 보다 선 길이에 물리적으로 적합하기 위해 더 극한 동작을 보인다.

수평 어레이에 있어 최소 추천 스피커량은 6개 이고 8개나 그 이상 사용하는 것이 바람직하다.

극단적으로 넓은 커버리지 각과 결과적으로 짧은 라인 길이 즉, 소수의 스피커들에 대하여 다룰때 전체적인 파워는 많은 양의 스피커를 수직으로 스택킹하는 것으로 복구할 수 있다.

이것은 수직 지향성을 증가시키는 장점이 된다.

Reference:

Physical straight arrays

Book: Elements of Acoustical Engineering, p. 24
Author: Harry F. Olson, E.E., Ph.D.
Publisher: D. van Nostrand Company, Inc.
Year: 1940

Physical curved arrays

Book: Elements of Acoustical Engineering, p. 25
Author: Harry F. Olson, E.E., Ph.D.
Publisher: D. van Nostrand Company, Inc.
Year: 1940

Delayed straight arrays

Book: Acoustical Engineering, p. 36
Author: Harry F. Olson, Ph.D.
Publisher: D. van Nostrand Company, Inc.
Year: 1957

End-fired arrays

Book: Acoustical Engineering, p. 38
Author: Harry F. Olson, Ph.D.
Publisher: D. van Nostrand Company, Inc.
Year: 1957

Gradient arrays

AES paper: Gradient Loudspeakers
Author: Harry F. Olson
Year: 1972, 43rd AES Convention NY