

소리의 특성

화음과 공명

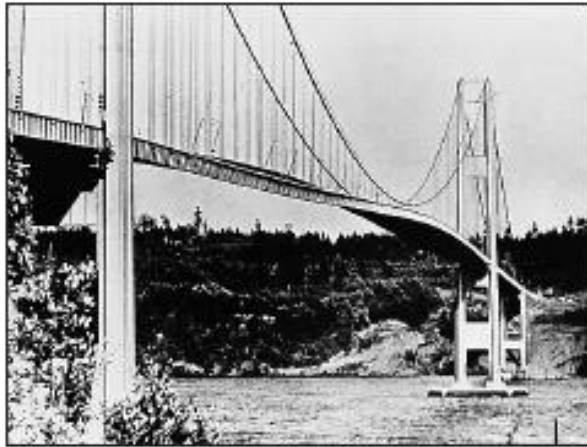
- 배울 내용
 - 공명
 - 간섭
 - 맥놀이(beat)
 - 종의 맥놀이
 - 정상파
 - 협화음과 불협화음
 - 음 소거
 - 회절
 - 음향결정

- 공명 (共鳴, resonance)
 - 모든 자연계의 물체는 고유 각진동수 ω_0 를 갖음
 - 외부에서 가해진 **강제 진동의 각진동수**가 물체의 **고유 각진동수**와 같으면 고유 각진동수의 **진폭이 점차 커지는 현상**

• 공명 현상

• (1) 타코마 다리의 붕괴

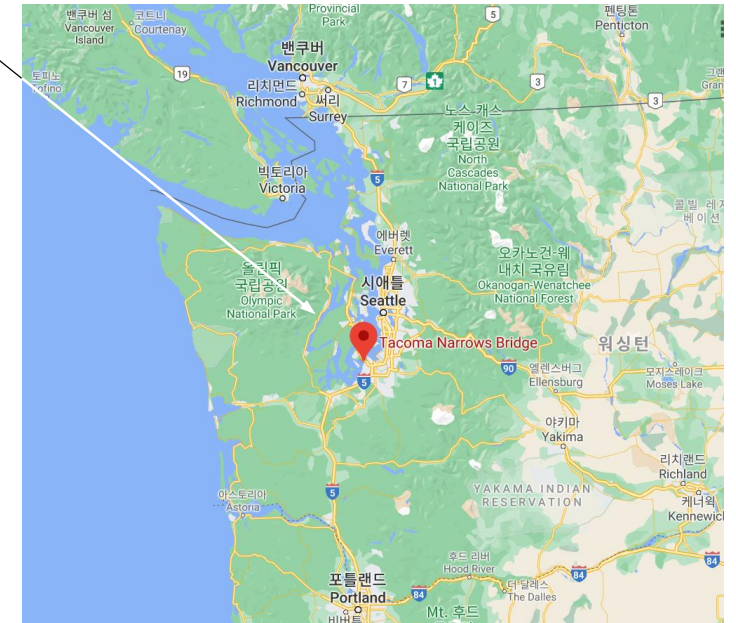
- 미국 워싱턴 주 타코마 해협 (Tacoma Narrows)에 현수교 (suspension bridge) 1937년 건설
- 1940년 11월 7일에 붕괴
- 바람에 의한 진동(vibration)이 공명을 유발해 붕괴



(a)



(b)



• 다리 붕괴 동영상

- <https://www.youtube.com/watch?v=3mclp9QmCGs>

- (2) 악기
 - 관악기의 한 종류

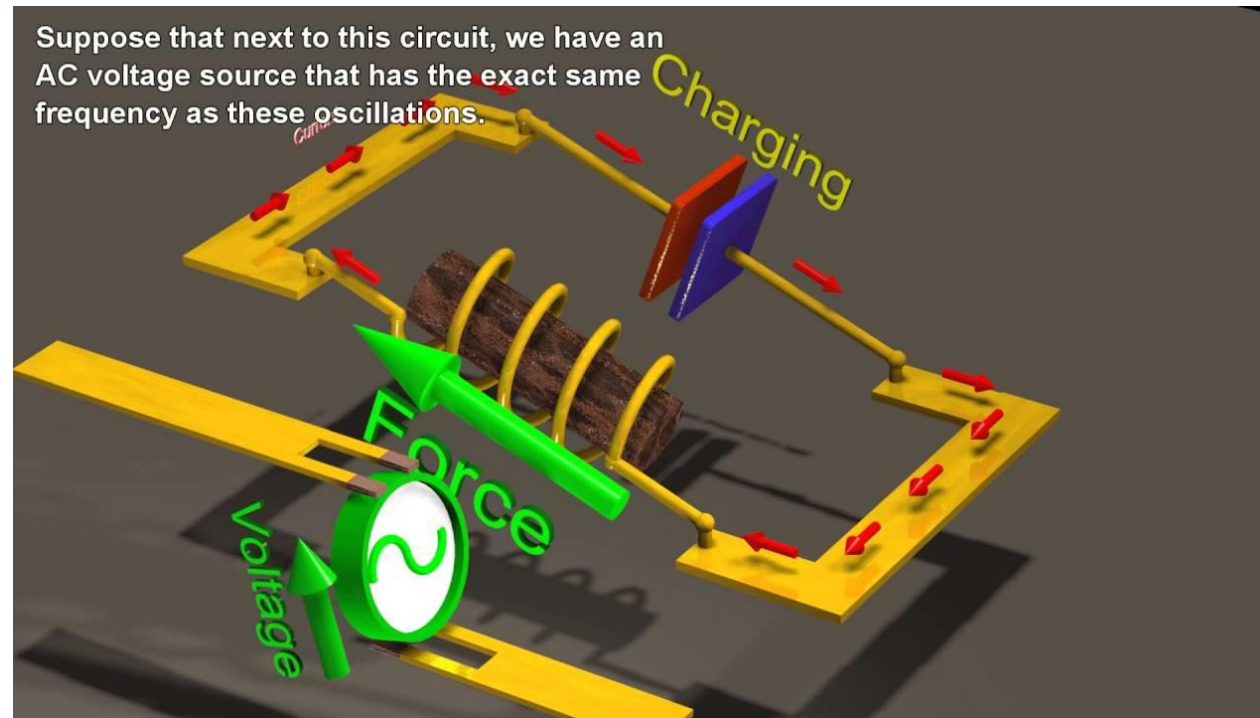
frequency	name	Wave representation	Molecular representation
440 Hz	Fundamental tone (1 st harmonic)		
880 Hz	1 st overtone (2 nd harmonic)		
1320 Hz	2 nd overtone (3 rd harmonic)		
1760 Hz	3 rd overtone (4 th harmonic)		

- (3) 그네

- 그네의 운동에 맞춰 그네를 밀어줌 → 공명 → 그네가 높이 올라감
- 그네의 운동에 맞춰 그네를 밀어주지 못함 → 공명이 없음 → 그네 높이 올라가지 못함



- (4) 전기적 공명 (electrical resonance)
 - 필터
 - 회로 소자 중 인덕터(inductor)와 커패시터(capacitor)로 구성
 - 공명 현상으로 원하는 전파 주파수를 받아들이거나 내보냄

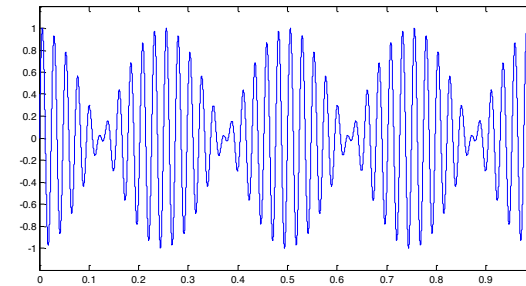
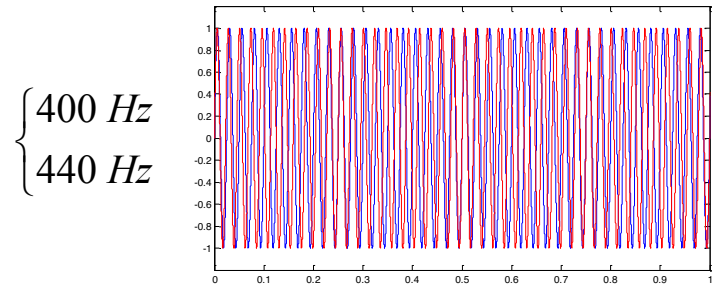


- (5) 원형극장
 - 원형극장의 무대에서 육성으로 공연

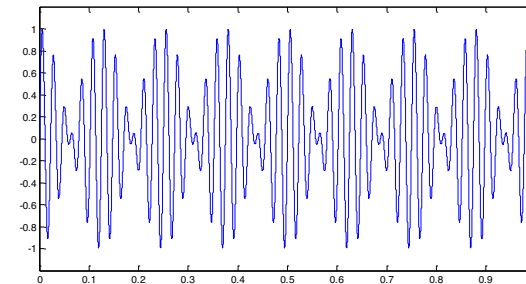
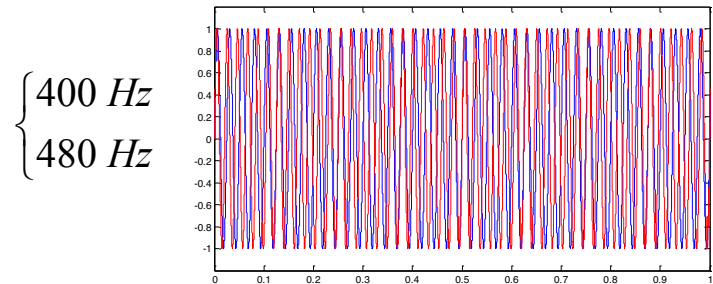


- 맥놀이 (脈놀이, beat)

- 간섭현상
- 주파수 차이가 아주 작은 두 소리가 만나 하나의 소리로 합쳐질 때 진폭이 주기적으로 커졌다 작아졌다 하는 현상



맥놀이



맥놀이

Beat_440_444



Beat_440_448

- 맥놀이 (脈놀이, beat)



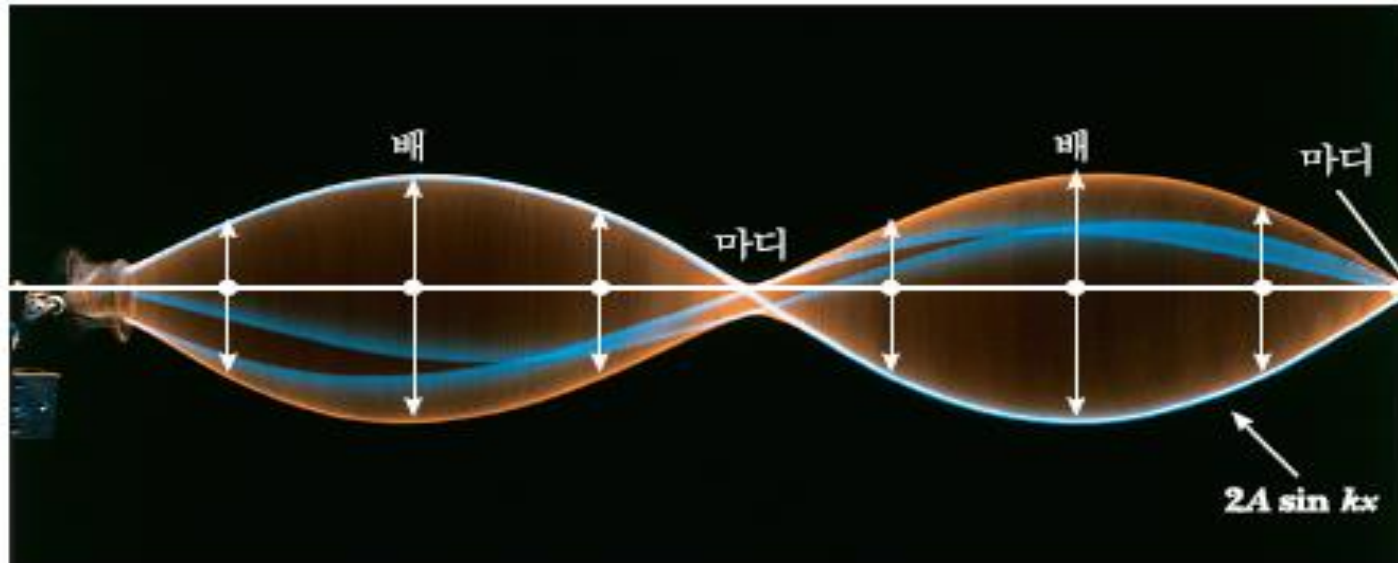
- 종의 맥놀이

- 종은 맥놀이에 의해 울림이 오래감
- 에밀레종 (성덕대왕 신종, 봉덕사 종)
 - 국보 제29호
 - 통일신라
 - 국립경주박물관

에밀레종 종소리



- 정상파 (定常波, standing wave)
 - 서로 반대 방향으로 진행하는 파가 두 개의 마디가 고정되어 있거나 두 개의 배가 고정되어 있으면 마치 정지해 있는 파처럼 보이는 파
 - 모든 악기에서 음이 날 때 생기는 파




- 화음 (和音, harmony)

- 세 주파수가 작은 자연수 비율

- 으뜸화음


- 평균율 $C:E:G = 4 : 5.0382 : 5.9847$
- 순정률 $C:E:G = 4 : 5 : 6$

CEG_equal 

CEG_just 

- 버금딸림화음


- 평균율 $F:A:C = 4 : 5.0430 : 5.9943$
- 순정률 $F:A:C = 4 : 5 : 6$

FAC_equal 

FAC_just 

- 딸림화음

- 평균율 $G:B:D = 4 : 5.0408 : 5.9898$
- 순정률 $G:B:D = 4 : 5 : 6$

GBD_equal 

GBD_just 

• 평균율 주파수와 음계

보통 악기를 조율할 때 아래의 주파수 표를 사용합니다.

옥타브	0	1	2	3	4	5	6	7	8
도(C)	16	33	65	131	262	523	1047	2093	4186
도#(C#)	17	35	69	139	278	554	1109	2218	4435
레(D)	18	37	73	147	294	587	1175	2349	4699
레#(D#)	20	39	78	156	311	622	1245	2489	4978
미(E)	21	41	82	165	330	659	1319	2637	5274
파(F)	22	44	87	175	349	699	1397	2794	5588
파#(F#)	23	46	93	185	370	740	1475	2960	5920
솔(G)	25	49	98	196	392	784	1568	3136	6272
솔#(G#)	26	52	104	208	415	831	1661	3322	6645
라(A)	28	55	110	220	440	880	1760	3520	7040
라#(A#)	29	58	117	233	466	932	1865	3729	7459
시(B)	31	62	124	247	494	988	1976	3951	7902

4 옥타브 부분이 우리가 익히 알고 있는 도레미파솔라시도 음계입니다.

• 순정율, 평균률 피아노로 차이

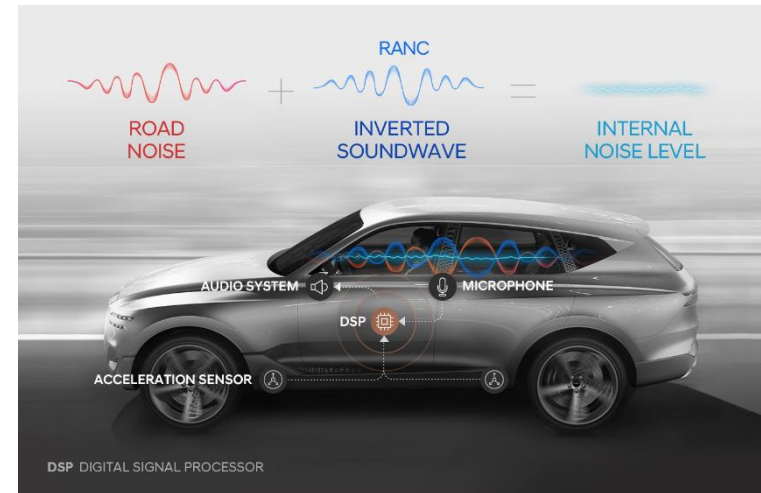
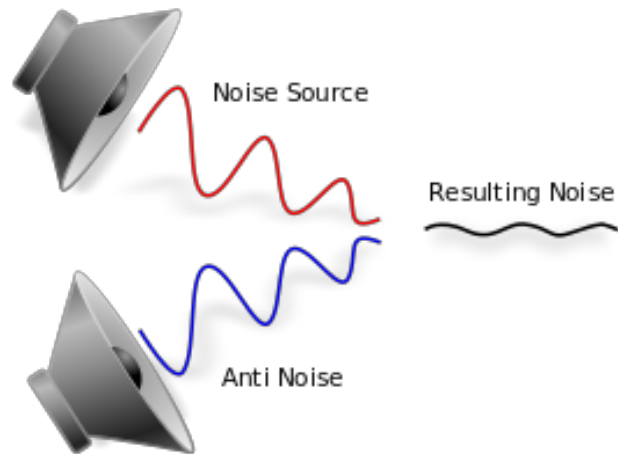
- https://www.youtube.com/watch?v=Yqa2Hbb_els
- <https://www.youtube.com/watch?v=kRui9apjWAY>

• 찬송가 순정률, 평균률로 듣기

평균률 찬송 

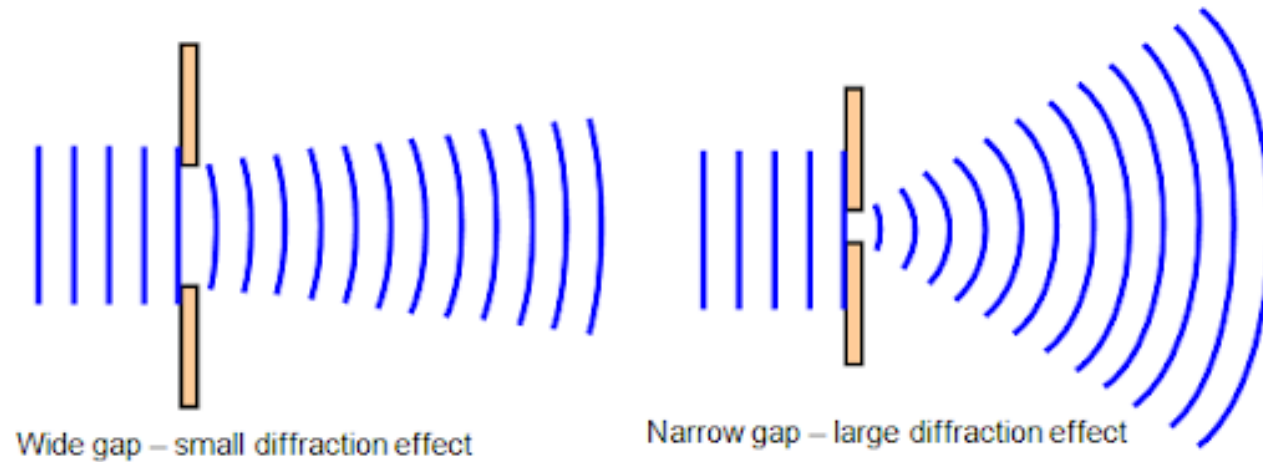
순정율 찬송 

- 음 소 거 (音 消 去, noise cancelling)
 - 소음을 측정하여 그 소음으로 **상쇄간섭**을 일으켜 소음을 제거하는 기술
 - 다른 용어로 ANC (active noise control)이라 함
 - 애플이 2019년 11월에 노이즈 캔슬링 기능을 탑재한 이어폰 출시
 - 자동차에서 도로면 소음 감소

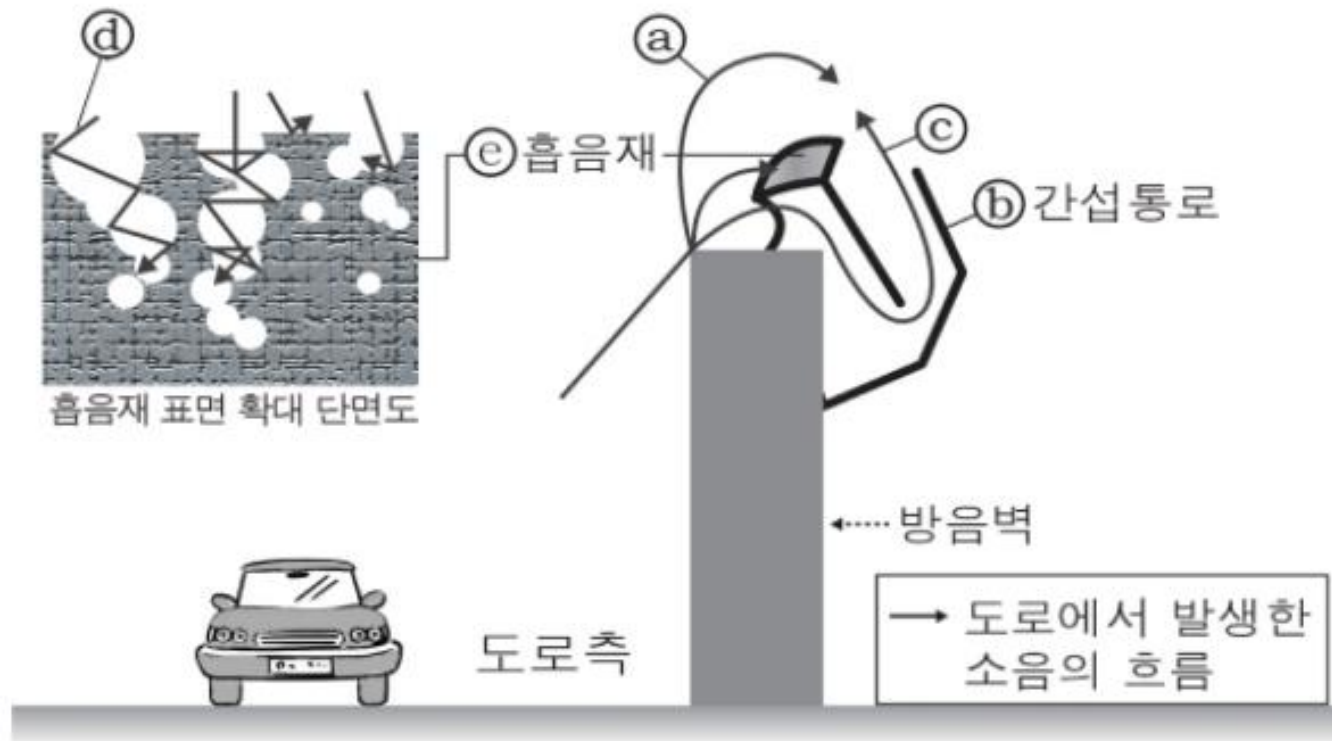


- 소리의 회절 (回折, diffraction)

- 소리가 좁은 틈을 만나면 그 틈에 중심을 둔 원형 모양 퍼져 나가는 효과
- 소리를 발생하는 음원(음원, sound source)이 눈에는 보이지 않아도 그 소리를 들을 수 있는 이유는 소리의 회절 현상 때문



- 소리의 회절을 이용한 소음저감장치
 - 고속도로와 같은 도로 방음벽에 설치
- 자동차 소음 (a), (c)로 분리(소리의 회절)
- (a)와 (c)는 상쇄간섭이 되도록 설계
- 소음저감



- 음향결정(音響結晶, phononic crystal)
 - 1995년 스페인 마드리드의 Materials Science Institute 건물 앞에 설치
 - 특정 주파수의 소리가 눈에 보이지만 앞으로 전달되지 않는 장치
 - 지름 2.9 cm 스테인레스 원통
 - 10 cm 간격으로 원통 바둑판 배열

