모두의 홈레코딩

http://wiki.homerecz.com

홈레코딩 위키

리버사이드 재즈 스튜디오

정승환

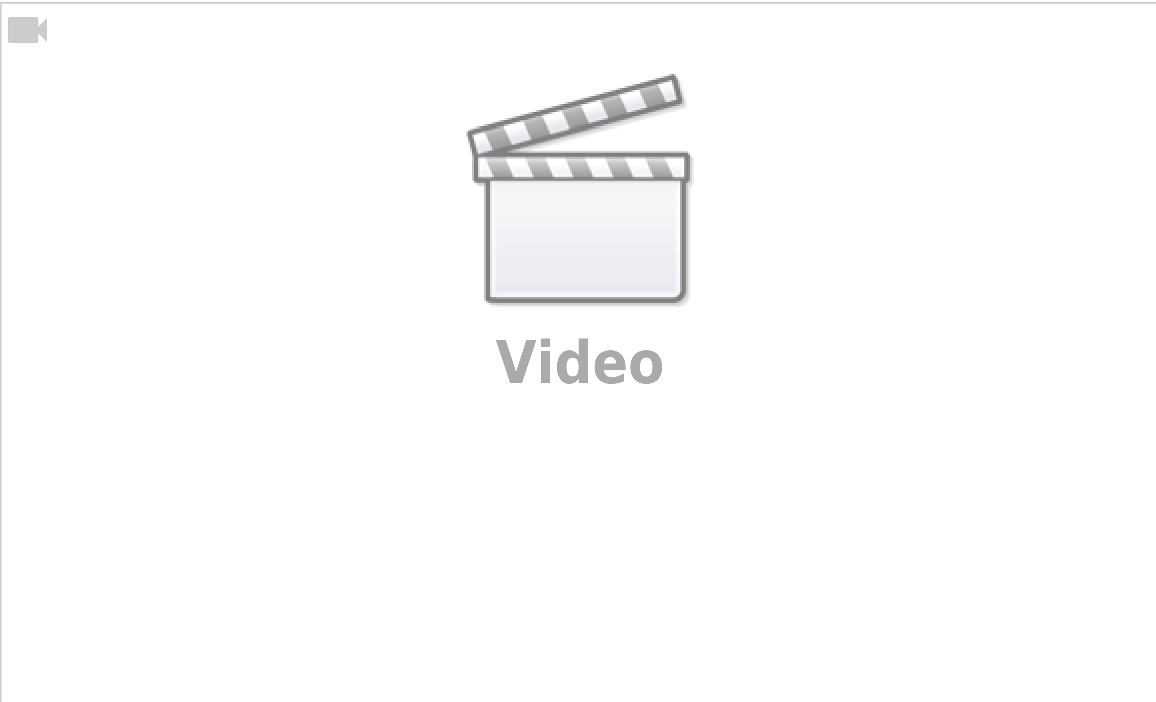
목차

음색

Timbre

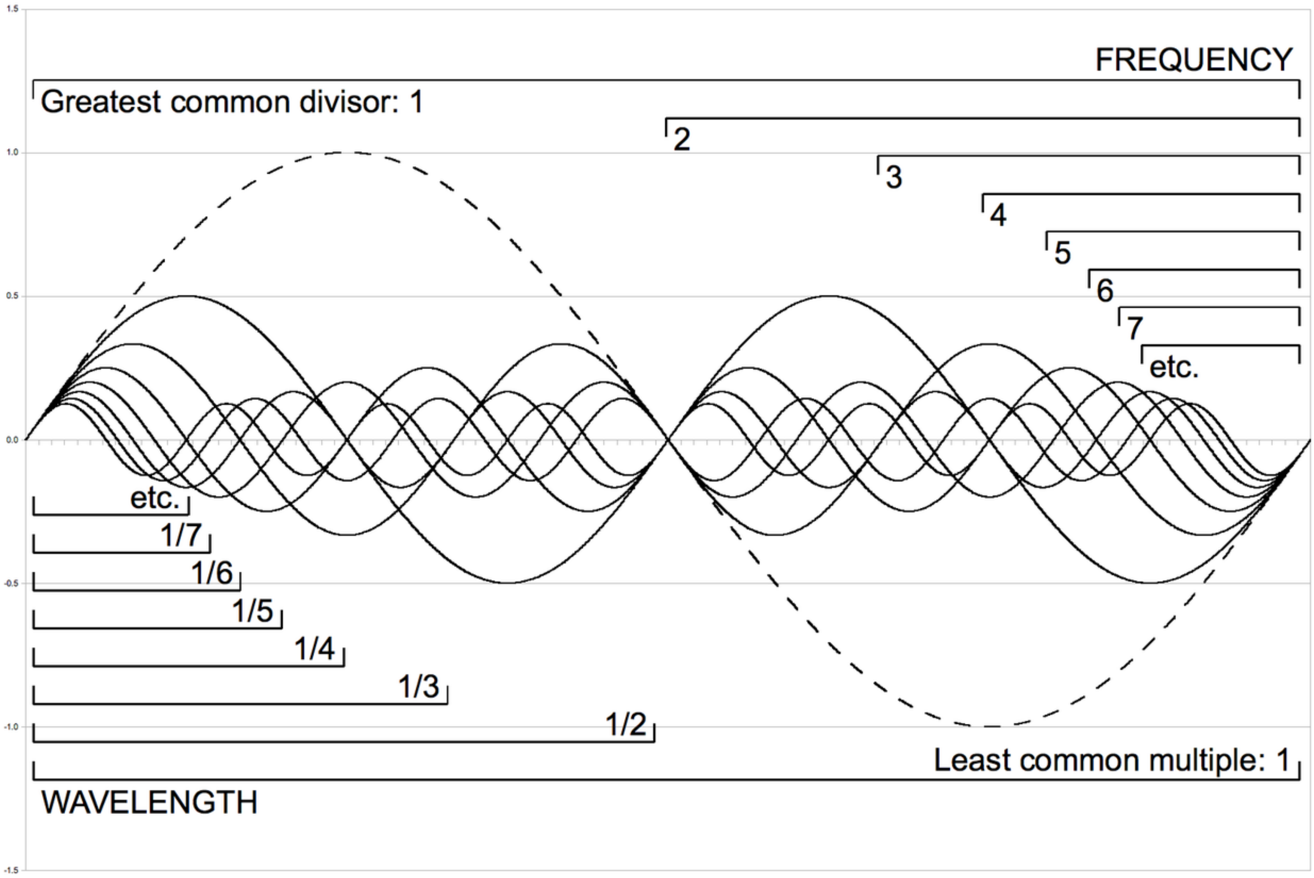
음색 또는 음악에서 간단히 “ 색상 ” 이라고도 하는음색은 같은 음량으로 같은 음조를 연주할 때에도 서로 다른 악기나 목소리를 구별할 수 있게 해주는 소리의 특성입니다. 즉 기타는 피아노와 다른 소리를, 트럼펫은 색소폰과 다른 소리를 내는 것입니다.

음색은 기음과 배음의 구성 및 기음과 배음의 각각의 엔벨로프(ADSR)에도 영향을 받습니다.



기음

기음(fundamental)은 음악이나 소리에서 가장 낮은 주파수를 가진 성분을 의미합니다. 기본 주파수 또는 기본 음이라고도 합니다. 소리를 이루는 여러 주파수 성분들 중에서 가장 낮은 주파수 성분으로, 다른 배음들과 함께 복합음(complex tone)을 형성합니다. 기음은 음색의 **음정**을 결정하는 요소입니다.



Fundamental

The fundamental, also referred to as the fundamental frequency or fundamental tone, is the component in music or sound that has the lowest frequency. It represents the lowest frequency component among the various frequency components that make up a sound, forming a complex tone along with other harmonics.

- Facebook
- Twitter
- Email

배음

배음(Harmonics)은 기음(Fundamental)의 주파수를 기준으로 생성되는 정수배 주파수의 성분들을 의미합니다. 기음은 음악이나 소리에서 가장 낮은 주파수 성분으로서, 이 기음 주파수에 정수배를 곱하여 만들어지는 주파수들이 배음입니다.

간단하게 말하면, 배음은 기본 주파수의 배수로 나타나는 주파수 성분들로, 원음의 특성을 반영하는 주파수 성분들을 말합니다. 배음은 원음의 특정 특성과 음색을 결정하는 데에 큰 영향을 미치며, 악기나 음성의 특징적인 소리를 형성하는 요소 중 하나입니다.

예를 들어, 어떤 악기에서 C4 (도4) 음의 기음 주파수가 261.63Hz라고 가정합시다. 그렇다면 배음은 이

기음 주파수의 정수배로 이루어질 수 있습니다. 2배음은 2 x 261.63Hz = 523.25Hz이며, 3배음은 3 x 261.63Hz = 784.88Hz입니다. 이런식으로 계속해서 배음이 형성됩니다.

기음과 배음들이 함께 합쳐져서 복합음(Complex tone)을 만들게 되며, 이 복합음이 악기의 음색을 결정하고 음악적 특성을 형성합니다. 배음들은 원음과 어떻게 상호작용하느냐에 따라 악기의 특징을 부각시키거나 다양한 음색과 효과를 만들어냅니다.

또한, 배음들은 음악의 조화와 화성에서도 중요한 역할을 합니다. 화성은 여러 음의 조합으로 이루어진 코드로, 배음들의 조합은 화성의 다양한 형태를 만들어냅니다. 음악 이론에서 배음들은 화성의 흐름을 이해하고 설명하는 데에 필수적인 개념 중 하나입니다.

Harmonics

Harmonics refer to the components in music or sound that are integer multiples of the fundamental frequency, which is the lowest frequency component known as the “fundamental.” In simpler terms, harmonics are frequency components that appear as multiples of the fundamental frequency, reflecting the characteristics of the original sound. Harmonics play a significant role in shaping the timbre and unique qualities of a musical instrument or voice. They are essential elements in defining the sound color and are a fundamental factor in forming the distinctive sound of instruments or voices.

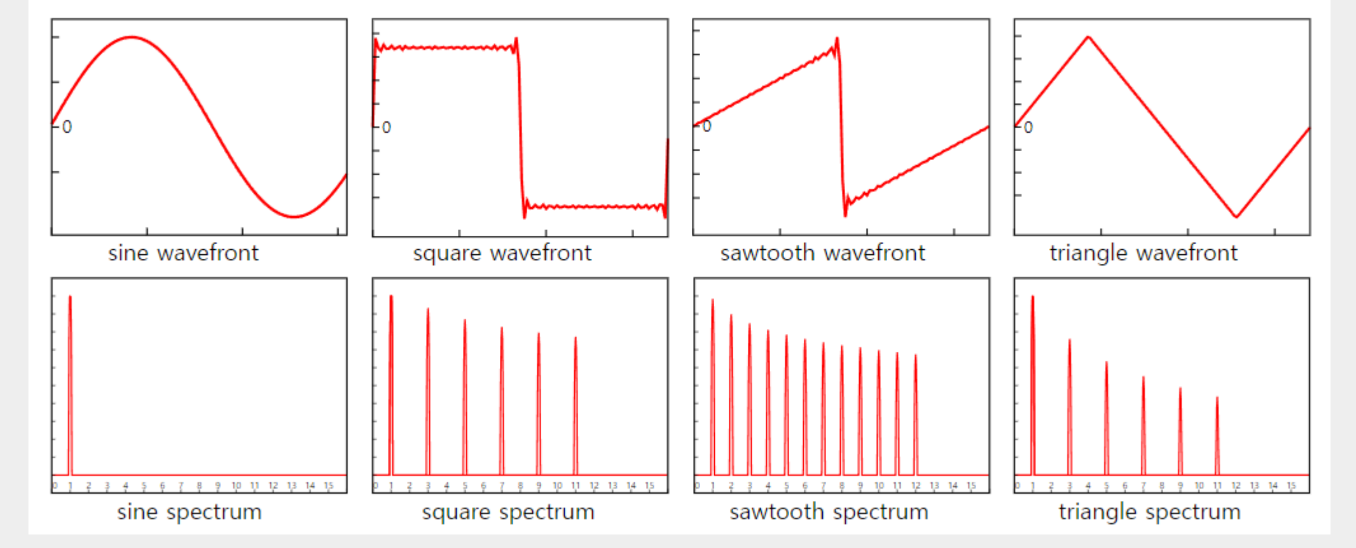
For example, if we assume the fundamental frequency of a C4 note to be 261.63Hz for a particular instrument, the harmonics can be generated as integer multiples of this fundamental frequency. The second harmonic would be 2 x 261.63Hz = 523.25Hz, and the third harmonic would be 3 x 261.63Hz = 784.88Hz, and so on. This process continues to create harmonics.

When the fundamental and its harmonics combine, they form a complex tone, which determines the timbre of the instrument and contributes to its musical characteristics. The interaction between the harmonics and the fundamental can emphasize specific instrument characteristics or create various tonal colors and effects.

Furthermore, harmonics play a vital role in music harmony and chord progressions. Harmony, which consists of combinations of multiple notes, is influenced by the combinations of harmonics and is essential for understanding and explaining the flow of harmony in music theory. Harmonics are one of the fundamental concepts for comprehending the structure and character of musical sounds.

파형

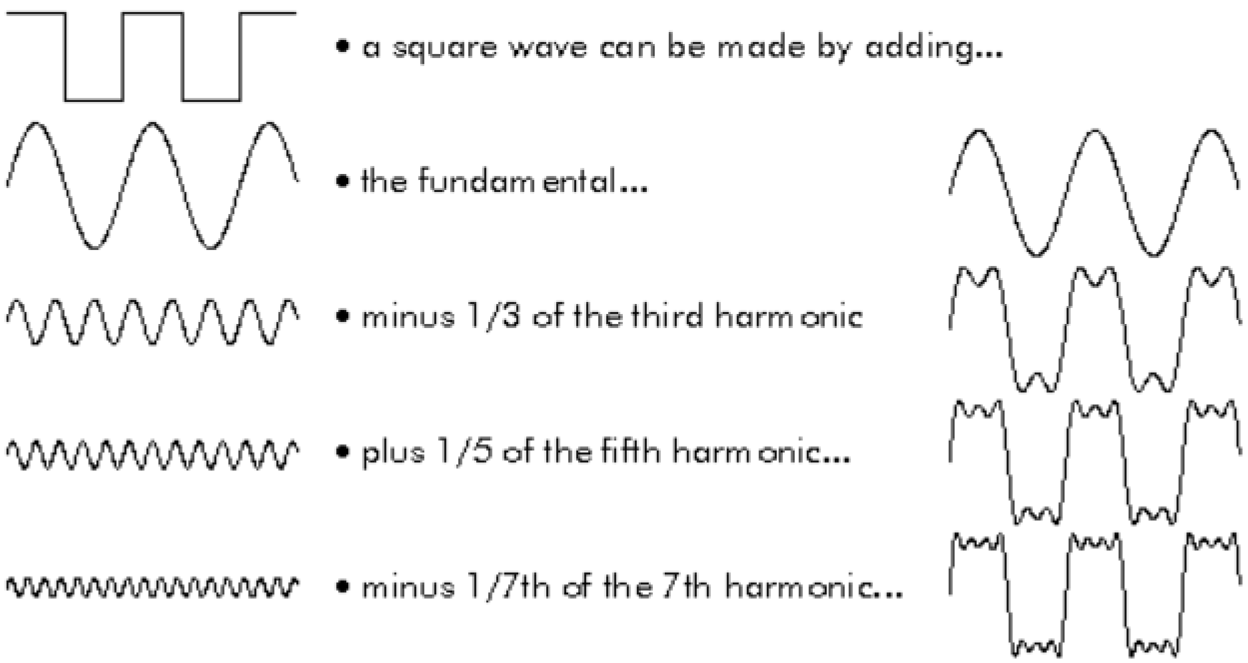
Waveform



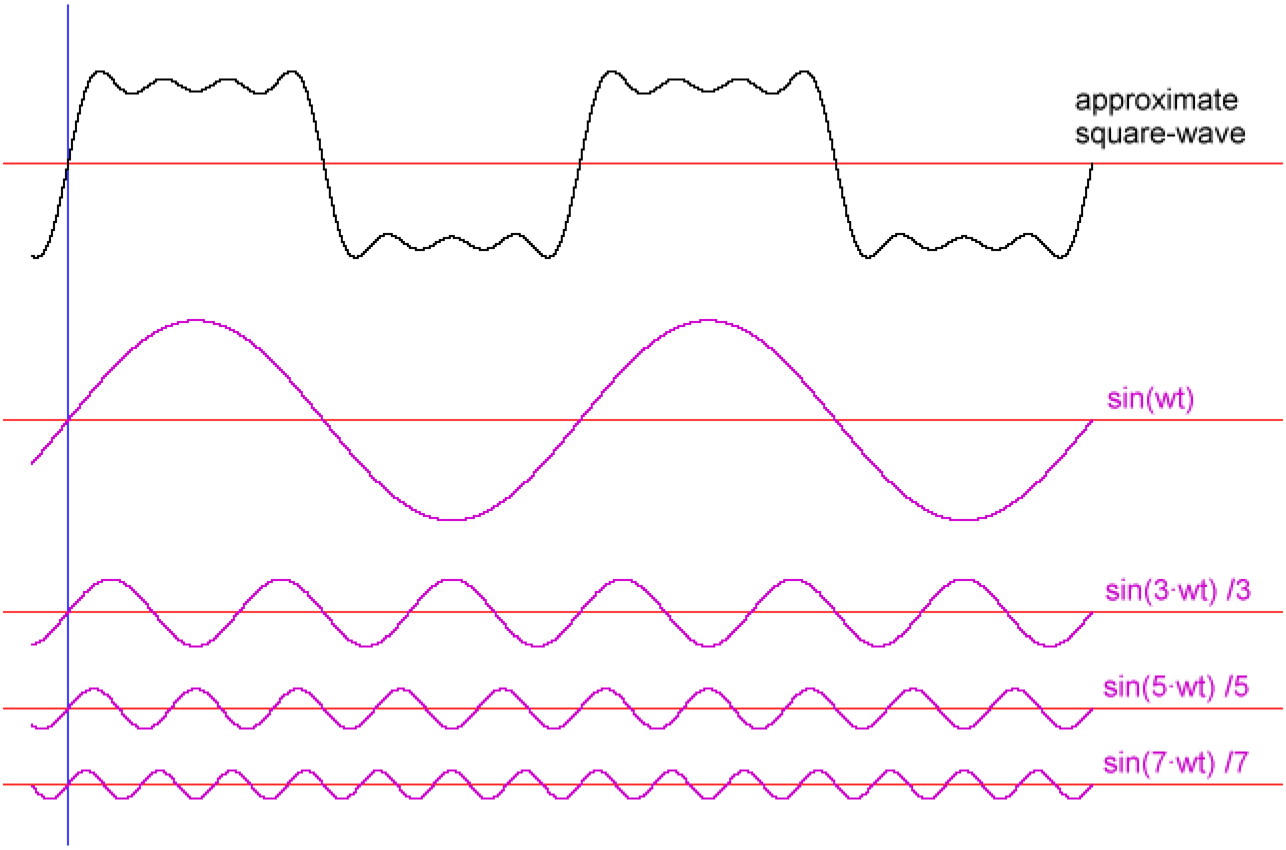
이세상의 모든 존재하는 소리는 수 많은 배음들로 이루어져있다. 그 중에는 그 소리의 음정을 알게 해주는 가장 낮은 배음인 기음이 있고, 그 기음의 색을 더해주는 배음이 있다.이러한 기음과 배음은 모두 원형 진동인 사인파이다

따라서, 이것을 알기 쉽게 다르게 이야기해보면 " 이 세상에 존재하는 모든파형은 여러개의 사인파가 합쳐져서 이루어진 것 " 이라고 할 수 있다.

아래 그림은 몇가지의 사인파를 합하여서 사각파를 만들어 내는 것을 설명한다.



우선 기음에 1/3 크기의 3배음을 빼고, 다시 1/5크기의 5배음을 더하고, 1/7 크기의 7배음을 빼면, (빼는 것은 진동의 주기 시작을 변환하면 더하는 과정으로도 볼 수 있다.) 미약하게나마 사각파에 근접한 파형을 얻어내었다. 이러한 과정을 계속해서 반복하면, 사각파에 대한 오차를 계속 줄여나갈 수 있다. 언젠가는 완벽한 사각파의 모양을 만들어 낼 수 있다.



이러한 사인파들로 이루어진 기음과 배음을 조합하여 단순한 파형들을 만들어내는 공식들이다. 왼쪽에는 파형의 모습을, 오른쪽엔 배음구성과 공식을 보여준다.

물론 자연계에 존재하는 악기들의 파형이나 배음 구조는 이것들보다 훨씬 복잡하지만, 삼각파, 정현파, 톱니파, 사각파 등은 모두 음색이 다르고, 음색 합성의 기본 단위들이다.

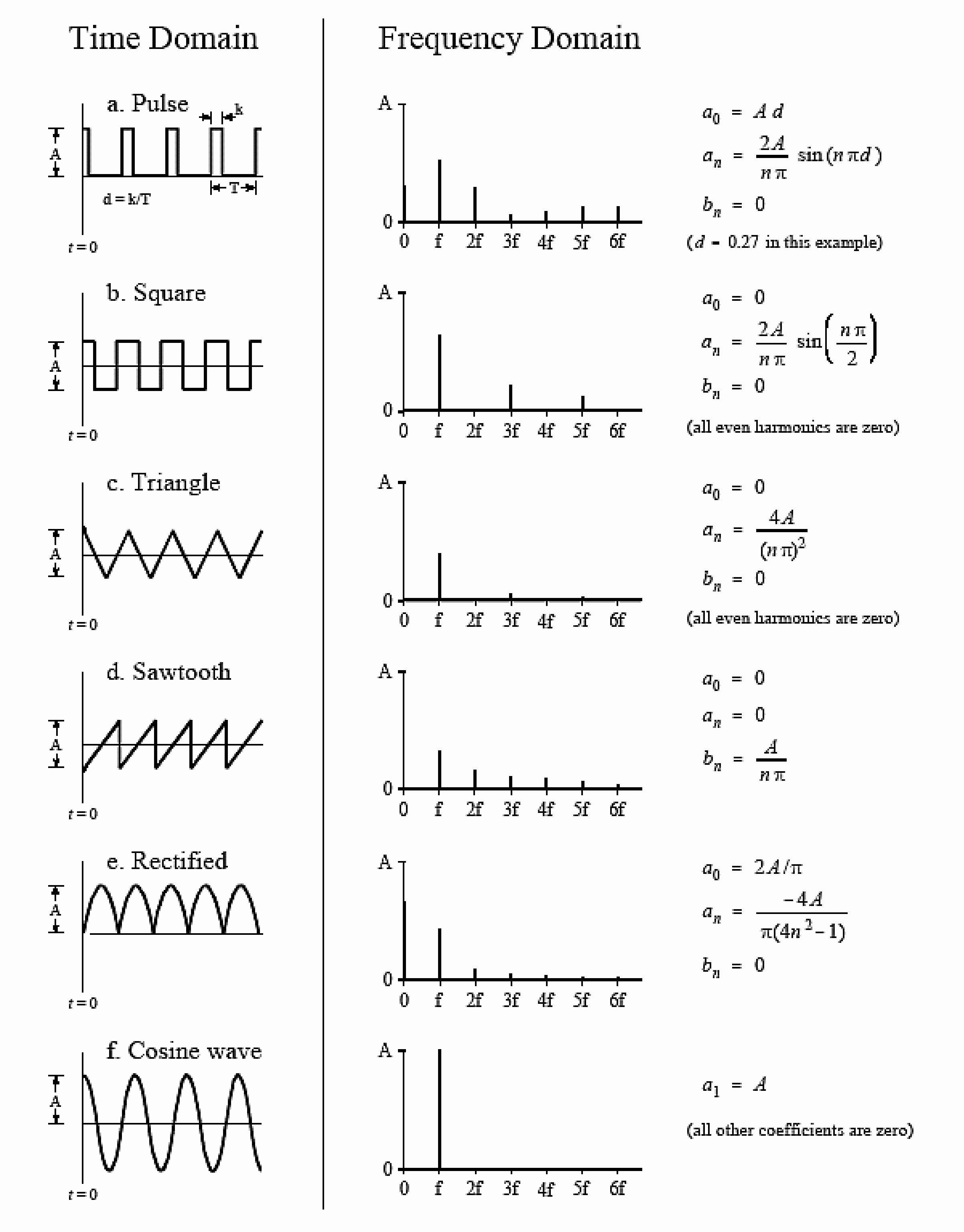


FIGURE 13-10
Examples of the Fourier series. Six common time domain waveforms are shown, along with the equations to calculate their "a" and "b" coefficients.

배음이 가장많은 파형은 톱니파이고, 대체적으로 짝수차의 배음이 많이 포함되면 파형이 기울어지는 것을 알 수 있다. 2f,4f 등의 짝수배수의 배음들은 대체적으로 기음에 대해 옥타브 관계이거나, 5도 화성이고, 3f, 5f 등의 홀수배 배음들은 대체적으로 3도, 7도 등의 화성인것과도 연관이 있을 것이다. 예를 들자면, 오디오 에서 말하는, 진공관 방식의 증폭과, 트랜지스터 방식의 증폭에 있어서도, 짝수 배음이 생성되느냐, 홀수 배음이 생성되느냐의 문제를 이야기 하면서, 음색을 비교하기도 한다(프리앰프는 음색을 증폭하면서 배음을 생성한다. 왜곡이 있다는 이야기와도 같다.)

이러한 프리앰프의 증폭에서도 배음이 옥타브나 완전5도 화성이 등장하는가, 3도나 7도 화성이 등장하느냐에 따라서도 음색의 특성이 나타난다고 볼 수 있다.

따라서, 음색 합성에있어서, 대부분의 감산 합성 방식의 아날로그 신디사이저들은, 홀수배의 배음이 가장 많은 파형인 사각파와, 짝수배의 배음이 가장 많은 톱니파를 가지고, 음색 합성을 시작한다. 만약 사각파만 가지고 시작한다면,짝수배의 배음을 절대 얻지 못할 것이고, 톱니파만 가지고 시작한다면, 홀수배음만 가진 파형을 얻지 못하기 때문에, 보통 두가지로 시작한다.

파형을 가산하여서 음색을 합성하려면, 배음의 수 만큼의 VCO가 필요하지만, 감산 합성을 하면, VCO로 이미 배음이 많은 주어진 2개의 파형을 만들고, 여러가지 필터를 통해서 배음을 감산(빼기) 해버리면, 원하는 음색을 만들기 쉽기 때문이다.

사인파

Sine wave

푸리에 이론에서는 사인파를 “ 순수 ” 한 파형으로 정의한다. 푸리에 이론에 의하면 자연계에 존재하는 모든 가능한 파형은 사인파의 합으로 이루어져 있습니다. 사인파에는 기음 성분만 있고 배음 성분이 없습니다. 따라서 사인파에 필터를 적용해도 소리크기가 변할수는 있어도 아무런 효과가 없습니다. 이러한 이유로 사인파는 감산합성 방식에는 그다지 유용하지 않습니다. 감산합성 방식에서 일반적으로 사용되는 기본 파형은 삼각파, 펄스파, 톱니파입니다.

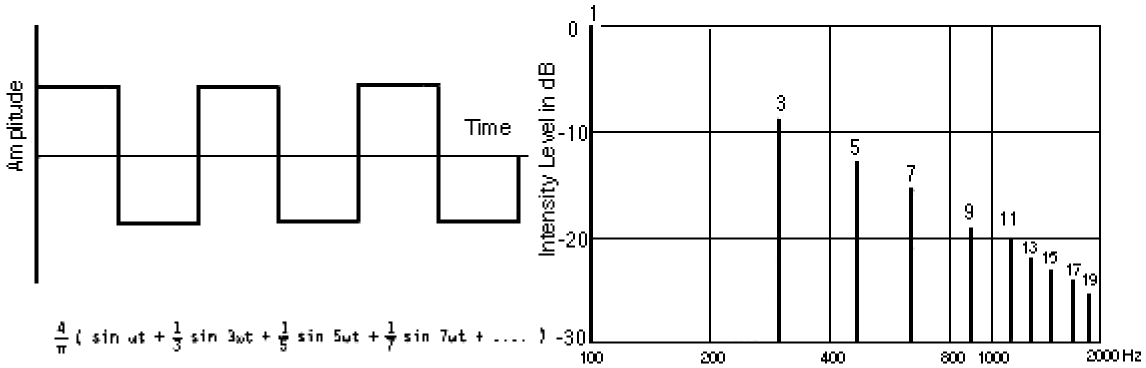
감산합성 방식과는 반대로, 가산합성 방식이나 FM 합성 방식에서는 주로 사인파를 사용합니다.

사각파

Square wave

수평 중앙선을 기준으로 번갈아가며 직사각형으로 나타나는 파형입니다. 정사각파로 인정되려면 수평 중앙선 위와 아래의 직사각형이 동일한 폭이어야 합니다. 정사각파의 배음 분석 결과, 삼각파와 마찬가지로 짝수 배음이 없으며, 그러나 홀수 배음(특히 3번째, 5번째 및 7번째)이 삼각파보다 훨씬 두드러집니다. 원시적인 정사각파의 소리는 코를 막은 채로 노래하는 것과 유사한 비음질적인 특성을 가지고 있습니다.

사각파는 기음 + 1/3 3배음 + 1/5 5배음 +1/7 7배음..계속.. 으로 굉장히 큰 홀수 배음들로 구성되어 있다.



펄스파

Pulse wave

번갈아가며 수평 중앙선 위와 아래의 직사각형으로 나타나는 파형입니다. 수평 중앙선 위와 아래의 상대적인 폭은 파형의 배음 성분에 영향을 미치는데, 특히 파형에 포함된 짝수 배음의 양에 관련이 있습니다. 상대적인 폭은 주로 파형이 수평 중앙선 위에 있는 시간의 백분율로 표현되며, 이것을 임무주기(duty cycle)라고 합니다. 예를 들어, 75%의 임무주기는 파형이 수평 중앙선 위에 있을 시간의 3/4이고 수평 중앙선 아래에 있을 시간의 1/4임을 의미합니다. 10%의 임무주기는 수평 중앙선 위의 매우 좁은 부분이고 나머지 시간은 수평 중앙선 아래에 있습니다. 상단 및 하단 부분이 같은 폭인 50%의 임무주기는 보통 정사각파로 불립니다. 임무주기가 50%에서 멀어질수록(어느 쪽으로든) 짝수 배음 성분의 비율이 증가합니다.

펄스파를 출력하는 많은 VCO들은 펄스 폭 변조(PWM)를 추가 CV 입력으로 구현합니다.

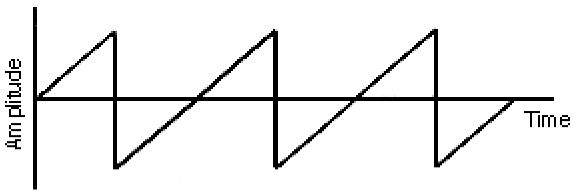
톱니파

Sawtooth wave

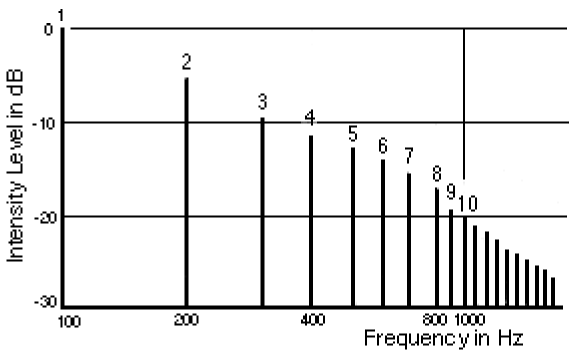
이 파형의 배음 성분은 일반적인 VCO에서 생성되는 다른 파형과는 달리 상당한 양의 짝수 배음을 포함하고 있습니다. 청취 결과는 색소폰이나 목관악기와 약간 비슷한 소리입니다.

톱니파는 단순 파형들 중에서 가장 배음을 많이 가진 파형으로 배음 공식이

기음+ 1/2 2배음 + 1/3 3배음 + 1/4 4배음 + 1/5 5배음..계속..으로 사각파형이 홀수 배음만 지닌 것에 비해 짝수차수의 배음들 또한 가지고 있어 배음이 가장 많은 파형이다.



$$\frac{2}{\pi}\left(\sin \omega t - \frac{1}{2}\sin 2\omega t + \frac{1}{3}\sin 3\omega t - \frac{1}{4}\sin 4\omega t + \dots \right)$$

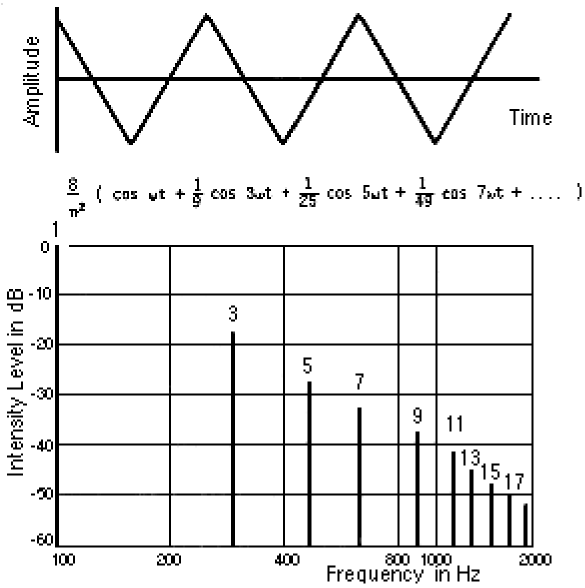


삼각파

Triangle wave

배음 성분 측면에서, 삼각파는 강한 기본음과 훨씬 약하고 급격히 감소하는 홀수 배음을 가지고 있습니다 (정사각파보다 훨씬 많이). 짝수 배음은 없습니다. 순수한 삼각파는 날카로우며 얇은 소리를 내뿜습니다.

삼각파는 기음 + 1/3^2 3배음 + 1/5^2 5배음 + 1/7^2 7배음 ..계속.. 으로 사각파처럼 홀수 배음으로 구성되어 있으나, 1/(배음 차수의 제곱)의 크기의 배음들을 가지므로 사각파보다 배음을 적게 가지고 있다.



- Facebook
- Twitter
- Email

- Facebook
- Twitter
- Email

오버톤

배음은 기음의 정수배에 대항하는 주파수 성분만 말하는 것이지만, 오버톤은 배음에 추가하여 기음의 정수배가 아닌 주파수 성분들까지 포함한 것을 말한다. 음정을 가진 악기[1)]들의 경우에는 기음과 배음의 조합으로 음색을 표현하고 배음이 아닌 성분이 거의 없지만, 음정을 가지지 않은 음색[2)]은 기음과 오버톤(배음 및 배음이 아닌 음)으로 이루어져 있고 배음이 아닌 성분이 상대적으로 크기 때문에 음정이 잘 분간되지 않는 소리로 표현되는 경향이 있다.

예를 들면 드럼과 같은 타악기의 음색에는 기음과 배음도 있지만, 그보다도 상당 수 배음이 아닌 오버톤이 많이 포함되어 있기 때문에, 드럼의 음색에 매우 큰 영향을 미친다.

음악과 음향학의 맥락에서 "오버톤 " 과 배음 " 이라는 용어는 미묘한 차이가 있음에도 불구하고 종종 같은 의미로 사용된다.

Overtone

Harmonics refers to the frequency components that correspond to integer multiples of the fundamental frequency, while “overtones” encompass frequency components that are not necessarily integer multiples of the fundamental frequency. In the case of musical instruments with definite pitch (such as most melodic instruments), the timbre is typically expressed through a combination of harmonics and few non-harmonic components. However, for instruments without a definite pitch (such as most percussion instruments), their timbre is characterized by a significant presence of overtones, including both harmonic and non-harmonic frequencies. Due to the substantial presence of non-harmonic components in the timbre of non-pitched instruments, discerning a specific pitch can be challenging, resulting in a sound quality that lacks a clear pitch.

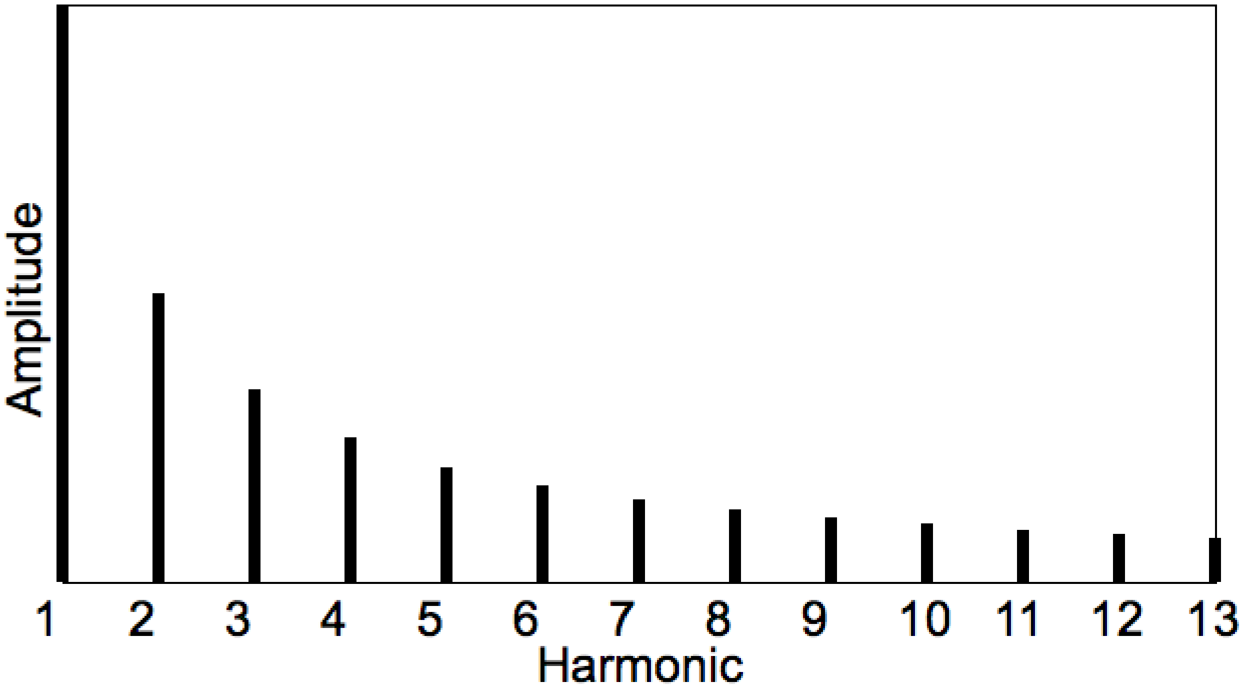
For instance, in the context of musical instruments like drums, the timbre comprises not only harmonics and overtones but also a substantial number of non-harmonic overtones. These non-harmonic overtones play a significant role in defining the timbral characteristics of drums.

In the context of music and acoustics, the terms “harmonics” and “overtones” are sometimes used interchangeably, despite subtle differences in their meanings.

- Facebook
- Twitter
- Email

비화성도

기음과 배음에 의해 생성되는 음색(Timbre)은 기본적으로 아래와 같이 기음과 기음에 대해 정수배인 배음으로 표현된다.



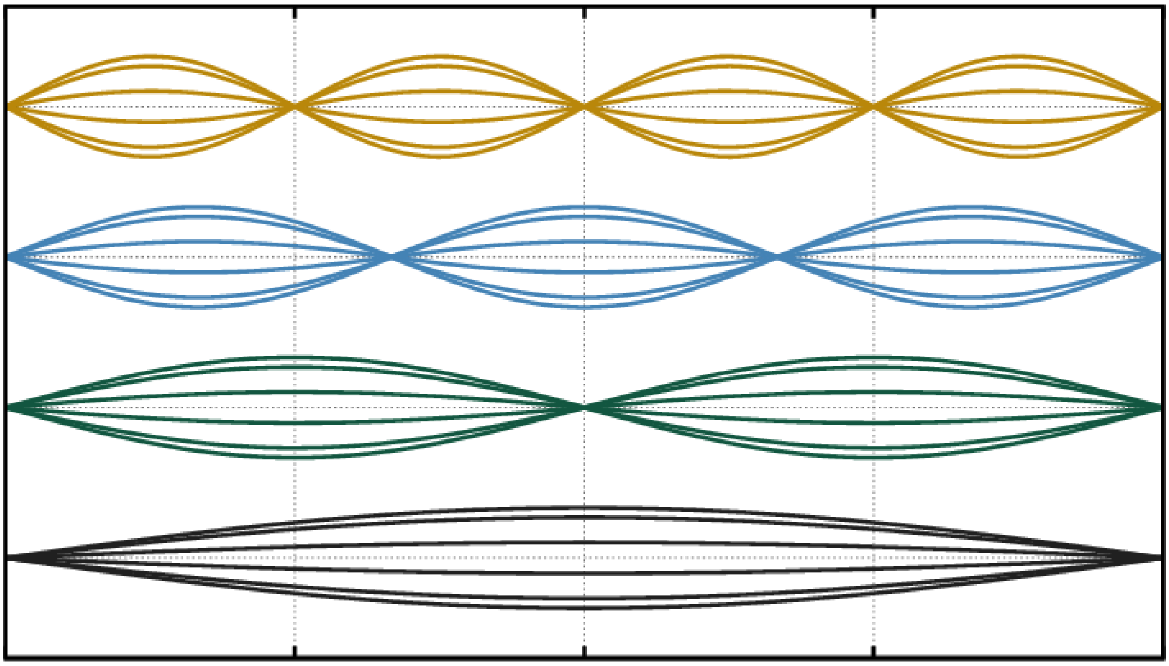
하지만 이상적인 음색의 생성과정에서 기음에 대하여 정확한 정수배로 진동해야 할 배음들은 사실 정확한 정수배로 진동하지 못하는 경우가 더 많다. 그 이유는 진동체의 형태, 무게, 마찰력 등의 현실 세계의 방해 요소들이 작용하고 있기 때문이다.

$$v = \sqrt{\frac{T}{\rho}}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{T}{\rho}}$$

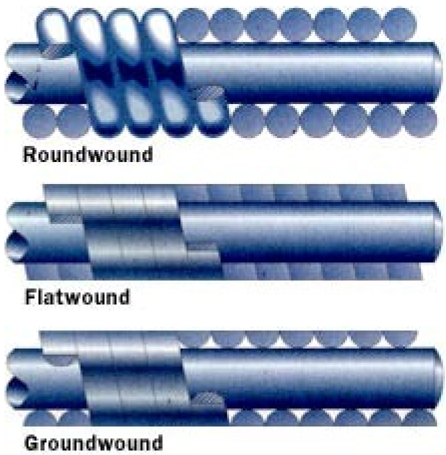
- L: 현의 길이
- ρ: 현의 선밀도
- T: 현에 걸리는 장력

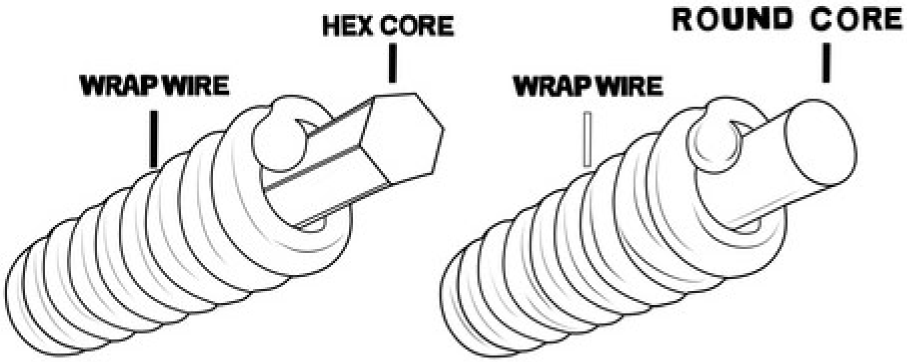
스트링의 예를 들면, 이상적인 스트링의 진동은 스트링의 굵기가 없고 스트링이 위아래로 변위하여도 장력의 변화가 없는 이상적인 스트링(Ridgid body string)을 가정하고 이야기를 하지만, 현실 세계의 스트링의 진동은 스트링이 위아래로 최대 변위로 움직였을때 장력은 높아지며, 스트링의 굵기로 인하여 스트링이 위아래로 진동하면서 전체 스트링의 길이가 미세하게 변하게 된다.



따라서 위에 있는 정확한 정수배의 배음을 만들어내는 배음 구조보다는 약간씩 부정확한 배음 구조를 만들어 내게 된다.

피아노나 기타와 같은 악기는 저음역대 스트링의 비화성도를 줄이기 위하여, 장력이 매우 높은 얇은 심선(Core String)에 무게를 추가하는 와운드 선을 감는 구조로 만들어지게 된다. 또한 심선의 장력은 유지하면서 단면적만 줄이기 위한 Hex Core와 같은 방식도 사용하게 된다. 이러한 것들은 모두 실제적으로 진동하는 선의 굵기는 얇게 만들면서 선밀도를 높게 유지하여 스트링에 걸리는 장력을 높이기 위한 방법이다.





음색이 뚜렷하고 좋은 악기 일수록 실험적, 통계적으로 비화성도가 매우 작다고 알려져 있다.

참조

https://en.wikipedia.org/wiki/Inharmonicity

- Facebook
- Twitter
- Email

- Facebook
- Twitter
- Email

[1] 대부분 멜로디 악기

[2] 대부분의 타악기

모두의 홈레코딩

http://wiki.homerecz.com

홈레코딩 위키

리버사이드 재즈 스튜디오

From:
https://wiki.homerecz.com/ - **홈레코딩 위키**

Last update: **2023/07/24**

저자 : 정승환(admin@homerecz.com)