

ELM368 – DÖNEM PROJESİ

Ses İşleme ve Ses Efektleri

Berkay Arslan, Ömer Faruk Aydın, Yakup Yıldız
171024030, 171024002, 171024006

berkay.arslan2017@gtu.edu.tr, omer.aydin2017@gtu.edu.tr, yakup.yildiz2017@gtu.edu.tr

ÖZET

Mevcut bir ses dosyası okunup seçilen ses dosyası üzerinde eko, yankı, bozulma etkileri, bas ve tizlerin değiştirilmesi, tersine oynatılması ve hızının ayarlanması gibi işlemler yapılmıştır. Ekolayzer sayesinde ses karakteristiklerini değiştirip gürültü azaltmak amaçlanmıştır. Ayrıca uygulanan bu işlemlerin spektrum analizinin yapılması amaçlanmıştır.

ANAHTAR KELİMELER

Bas(bass), tiz(treble), yankı(reverberation), eko(echo), ekolayzer(equalizer),bozulma(distortion), gecikme(delay). stereo, monophonic,mekânsal efektler(spacial effects)

1. Giriş

Ana problem, sese farklı efektler ekleyerek sesi manipüle etmektir. Bu amacı gerçekleştirmek için ilk problem ise sesi iki kanaldan tek kanala sokarak monofonik ses elde etmektir. Oluşturulmak istenen efekte göre uygun ses işleme teknikleri ve filtreler belirlenmiştir. Efektleri tasnif etmek gerekirse:

- Temel Filtreleme -AGF, YGF, ekolayzer vb.
- Gecikmeler-Eko
- Lineer olmayan işlem-Bozulma
- Mekansal efektler-Yankılama

Yankılama için ortamın etkisini oluşturacak dürtü sesi bulunmuştur.

2. Deneyler ve Analiz

Yapılan bu deney testleri Better Call Saul- Intro Song[8] müziği ile gerçekleştirilmiştir.

Stereo sesi monofonik sese dönüştürme:

Sesi tek kanala sokabilmek için stereo sesin sol ve sağ kanalların ortalaması alınarak standart bir şekilde dönüştürülmüştür. Böylece ses işleme daha kolay yapılır.^[9] (Orijinal sesin spektrumu ve grafiği için Şekil 9 ve 10'a bakınız.)

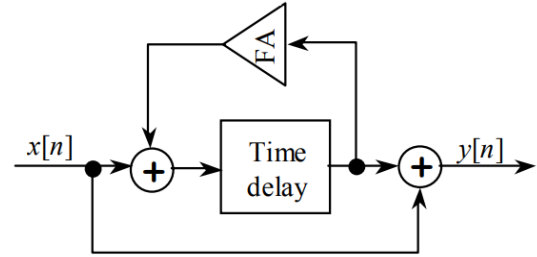
Sesi tersten oynatma:

Bu işlem için tek parametre giriş işaretidir. Bu işaret dizisi tersine çevrilmiştir. Böylece ses tersten oynatılmıştır.(Şekil 11 ve 12'ye bakıldığında işaretin

spektrumu ve zaman grafiği incelenebilir. Görüleceği üzere zaman grafiği orijinalin simetrisi çıkmıştır.)

Eko efekti:

Temel bir eko efekti oluşturmak için mevcut ses örneğine geçmişten bir ses örneği eklenir. Bu yüzden temel bir eko efekti iki işlemden oluşur: zamanda gecikme ve toplama. Zamanda gecikme, birkaç milisaniyeden birkaç saniyeye kadar olabilir.^[4] Daha iyi eko efekti için birden fazla eko kullanılır ve her ekonun ne kadar çabuk sönüğünü belirlemek için geri besleme kazancı 1'den küçük olan geri besleme zayıflatıcısı gerekir. Geri besleme kazancının 1'den küçük olmasının sebebi eko efekti uygulanmış sesin orijinal sestten daha yüksek sesli çıkmamasıdır. Bu devrenin blok şeması Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1

$$y[n] = x[n] + \alpha * y[n-d] \quad (1)$$

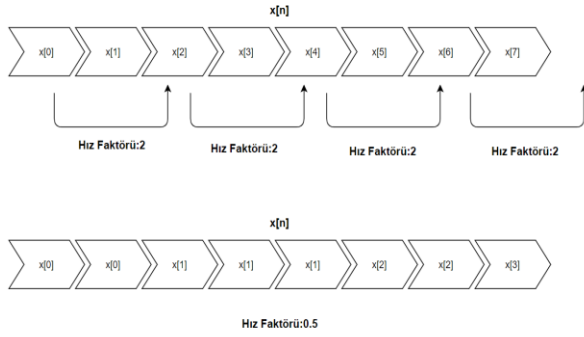
Denklem 1'e bakıldığında gerekli parametreler giriş işareti, geri besleme kazancı ve gecikmedir(delay). Geri besleme kazancı üstel olarak her ekonun ne kadar süre duyulacağını kontrol eder. Gecikme ise sestten ne kadar süre sonra ekonun duyulacağını belirler. (Sese 0.5 saniye gecikme ve 0.7 kazanç verildiğinde işaretin spektrumunun ve zaman grafiğinin değişimi için Şekil 13 ve 14'e bakınız.)

Sesin hızını ayarlama:

Parametre olarak giriş işareti ve hız faktörü vardı. Hız faktörü ses dizinden hangi aralıklarla örnek alınacağını belirler. Eğer hız faktörü 1'den küçük ise ses dizisindeki bazı değerler kendini birden fazla tekrar edeceğinden dolayı çıkış sesi, girişin yavaşlatılmış hali olur. Hız

faktörü 1’den büyükse ses dizisinden daha az örnek alınarak çıkışta daha hızlı bir ses elde edilir.

Bu anlatılan işlem şekil 2’deki blok diyagramında gösterilmiştir. Şekil 2’de hem hızlandırılmış hem de yavaşlatılmış ses için dizi bloğu verilmiştir.



Şekil 2

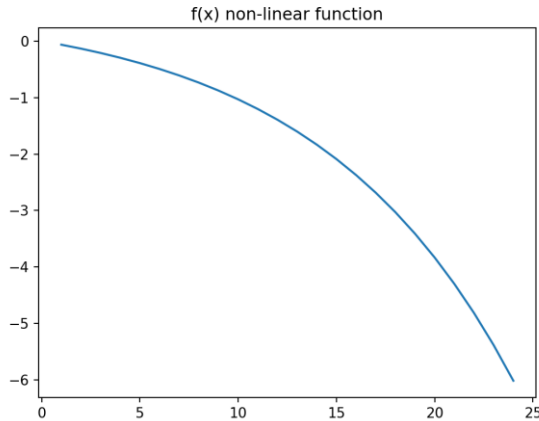
(Şekil 15-18’e bakıldığında ses işareti hızlandırıldığında spektrumlarında yüksek frekanslarda bileşenler oluştuğu, yavaşlatıldığında ise düşük frekanslarda yığılma olduğu görülmektedir. Bunun sebebi hızlandırılmış sesin tiz olması ve yavaşlatılmış sesin kalın olmasıdır.)

Seste bozulma efekti:

Seste bozulma efektiyi başarmak için kazanç parametresi ile sesin genliği lineer olmayan bölgeye itilir. Daha sonra lineer olmayan bir işlem uygulanarak bozulma efekti oluşur.^{[1][2][3]}

$$F(x) = (x/|x|) * (1 - \exp(\alpha * x^2 / |x|)) \quad (2)$$

Denklem 2’ye bakıldığında sadece 2 parametre vardır. Giriş sinyali ve kazanç. Bu formül, uygulanarak lineer olmayan bir işlem gerçekleştirilerek bozulma oluşur. Şekil 3’e bakıldığı zaman denklem 2’nin lineer olmayan grafiği gözlemlenir.

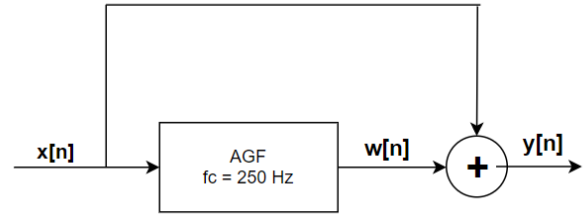


Şekil 3

(Şekil 19 ve 20’ye bakıldığında kazancın 5 seçildiği bir gürültü eklemesi yapılmıştır. İşaretin genliği buna bağlı olarak artmıştır.)

Bas efekt:

Bas, bir sesin düşük frekanslarını ifade eder. Alçak geçiren filtre ile giriş işaretinin düşük frekanslardaki genlikleri ele edilir. Elde edilen bu genlikler giriş işaretine eklenerek çıkışta yeni bir işaret elde edilir. Bu sayede “booming” etkisi oluşur. Bas efekti ekleme işleminin blok diyagramı şekil 4’te görülmektedir. FIR AGF filtresi “PYFDA” yardımıyla tasarlanmıştır. Filtre tasarlanırken standart bir bas gitar frekansı 60-1kHz arası baz alınarak kesim frekansı (fc) 250 Hz seçilmiştir. Devre derecesi 1000 seçilmiştir. Pencere tipi “Hamming” seçilmiştir.

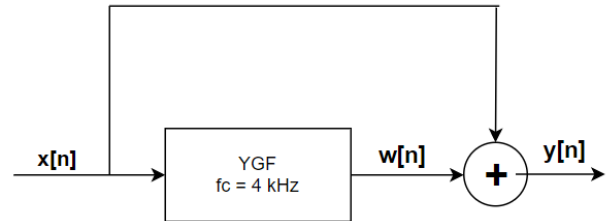


Şekil 4

Bas efekti için kazanç parametresi ve giriş işareti yeterlidir. Giriş işaretine bu kazanç uygulanarak filtreden geçirilir. (Kazancı 10 seçilmiş bas etkisi için kullanılan filtrenin ve çıkış işaretinin düşük frekanslarda olduğunu görmek için şekil 21-24’e bakınız.)

Tiz efekti:

Tiz, bir sesin yüksek frekanslarını ifade eder. Yüksek geçiren filtre ile giriş işaretinin yüksek frekanslardaki genlikleri elde edilir. Bu sayede sesin tizliği öne çıkar. Tiz efekti ekleme işleminin blok diyagramı şekil 5’te görülmektedir. FIR YGF filtresi “PYFDA” yardımıyla tasarlanmıştır. Filtre tasarlanırken kesim frekansı (fc) 4kHz seçilmiştir. Devre derecesi 1000 seçilmiştir. Pencere tipi “Hamming” seçilmiştir.



Şekil 5

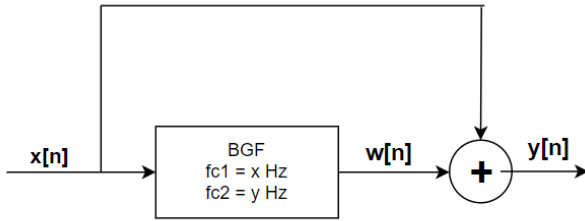
(Şekil 25-28’e bakıldığında kazancı 10 seçilen tiz etkisi için kullanılan filtrenin beklendiği gibi yüksek frekanslarda bileşenleri bulunan bir çıkış işareti verdiği görülebilir.)

Ekolayzer:

Her enstrüman bir temel nota ve üst harmoniklerden (overtones) oluşur. Enstrümana tonunu veya karakteristiğinin tınısını veren budur. Sesin belli frekans aralıkları elde etmek istendiği için FIR bant geçiren filtre “PYFDA” ile tasarlanmıştır.[7] Ekolayzer modları şöylesiralanabilir:

- Sub-bass (20-60 Hz)
- Bass (60-200 Hz)
- Alt Midler (200-600Hz)
- Mid (600Hz-3kHz)
- Üst Midler (3-8kHz)
- Tiz (8kHz-20kHz)

Her mod için kesim frekansları dikkate alınarak BGF tasarlanmıştır. Şekil 6’da ekolayzer işlemi için blok diyagramı verilmiştir. Kullanılacak moda göre $fc1$ ve $fc2$ değişecektir.



Şekil 6

(Şekil 31-42’ye bakıldığında bahsedilen 6 modun da spektrumu ve zaman grafikleri görülebilir. Verilen kriterleri sağladığı gözlemlenecektir.)

Yankılama efekti:

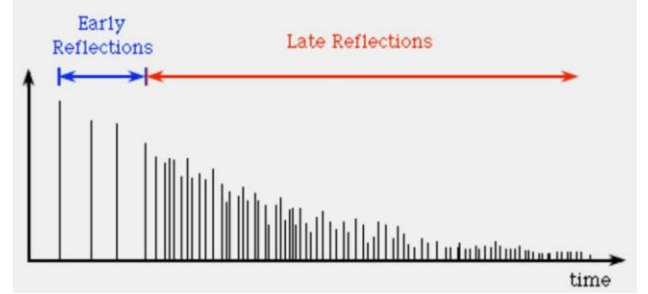
Uzayda ses dalgaları tüm yönlere gönderildiğinde yankılanma meydana gelir.^[6] Bu ses dalgaları yüzeylerden geri yansır ve genlikleri, yansıma bitene kadar sönümlenir (decay). Dijital yankılama tiplerinden konvolüsyon yankılaması kullanılmıştır.^[5] Konvolüsyon, FFT ile alınmıştır. Konvolüsyon yankılaması, herhangi bir ortamda kaydedilmiş dürtü cevabı ile giriş işaretinin konvolüsyonu alınarak oluşturulur.^[1] Dürtü cevabı, tüm frekans bileşenlerine sahiptir böylece uzayın tam akustik cevabı tetiklenir. Projede, bu efekti oluşturmak için “French_18th_Century_Salon.wav” dosyası kullanılmıştır ve çıkışta elde edilen sinyal “.wav” dosyası olarak kaydedilmiştir. Yazdırılan dosya okunarak istenen ses elde edilmiştir.

Konvolüsyon yankılamasının tercih edilmesinin sebebi diğer yankılama tekniklerine göre daha gerçekçi yankı sesleri oluşturmaktır. Fakat bu yankılama işleminin dezavantajı CPU’yu daha çok yormasıdır. Dolayısıyla daha çok gecikme(latency) meydana gelir.^[6] Yankılama işlemleri için bu kayıp-kazanç ilişkisi göz önünde bulundurulmalıdır.

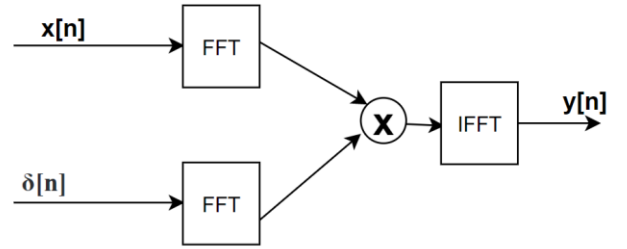
Bahsedilen yankının sönümlenme süresi, odanın genişliği arttıkça artar. En iyi yankılamayı sağlamak için beton ya

da parke malzeme olarak kullanılabilir. Yankılamayı azaltmak için malzeme olarak kumaş ya da kilim kullanılabilir.

Şekil 7’de yankılamanın sönümlenme grafiği gösterilmiştir. Şekil 8’de ise yapılan konvolüsyon işleminin blok diyagramı verilmiştir.



Şekil 7

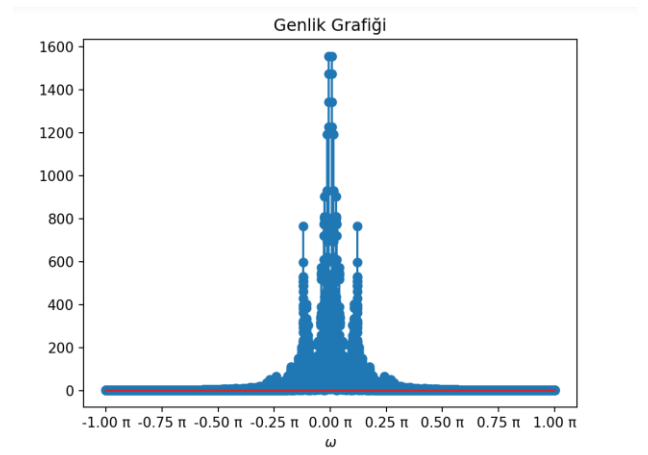


Şekil 8

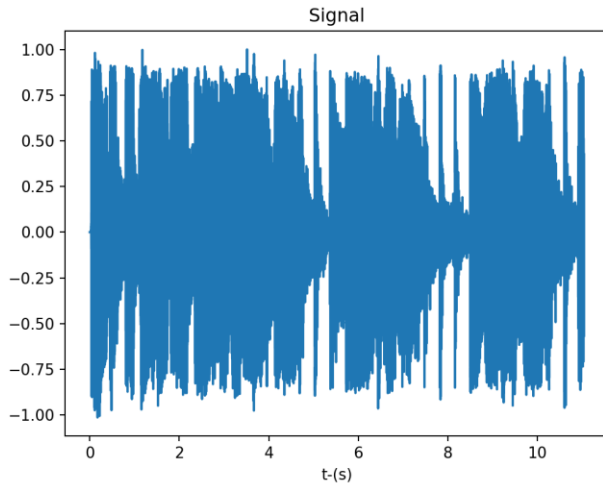
(Şekil 29 ve 30’a bakıldığında yankılama etkisinin sesi nasıl değiştirdiği görülebilir. Orijinal sese göre spektrumdaki bileşenlerin genliği fazlaca artmıştır.)

2.1 Grafik, Tablo ve Şekiller

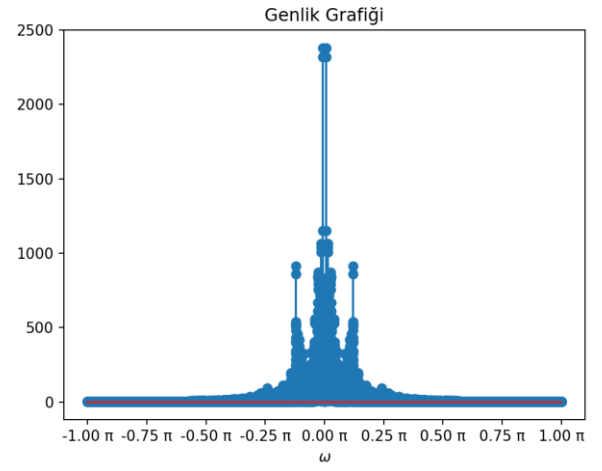
Tablo ve Şekiller:



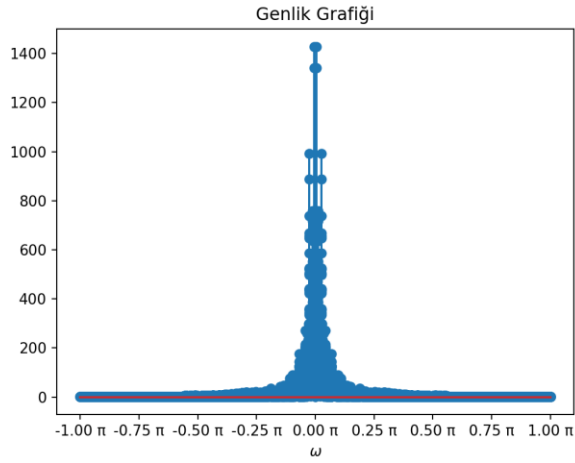
Şekil 9 Orijinal Ses işaretinin Spektrumu



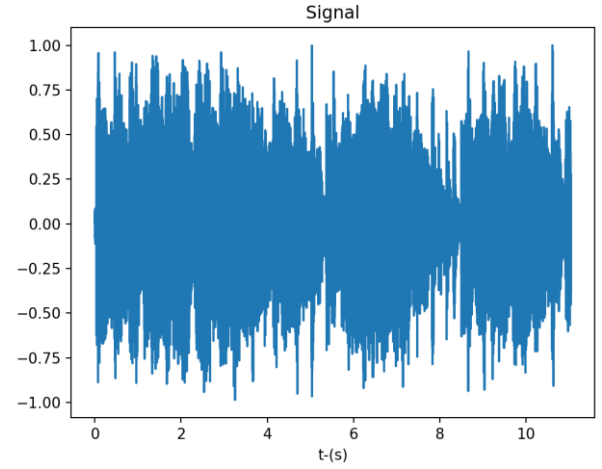
Şekil 10 Orijinal Sesin zaman uzayındaki grafiği



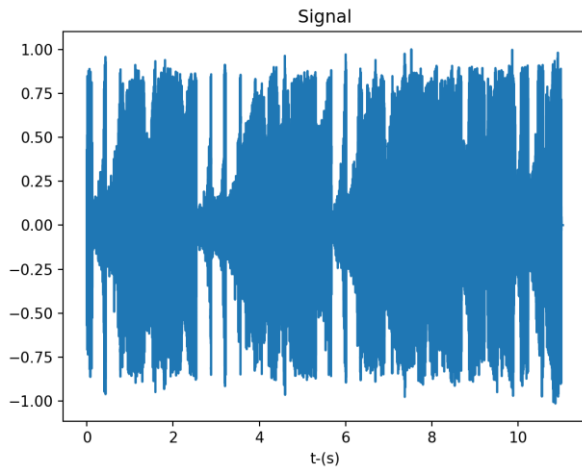
Şekil 13 Eko Efektli eklenmiş İşaretin Spektrumu
(Gecikme:0.5s, Kazanç:0.7)



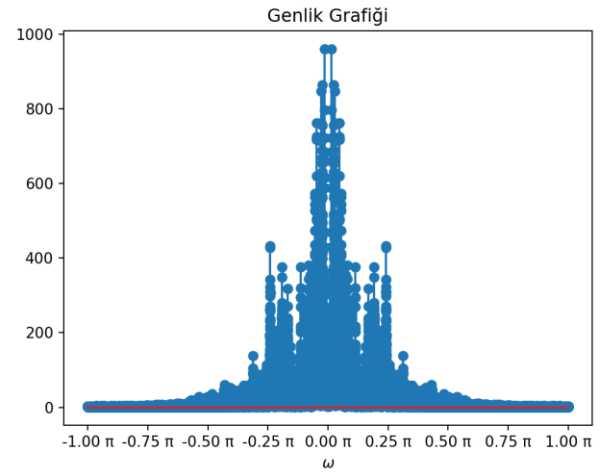
Şekil 11 Sesin Tersine Çevrilmiş İşaretinin Spektrumu



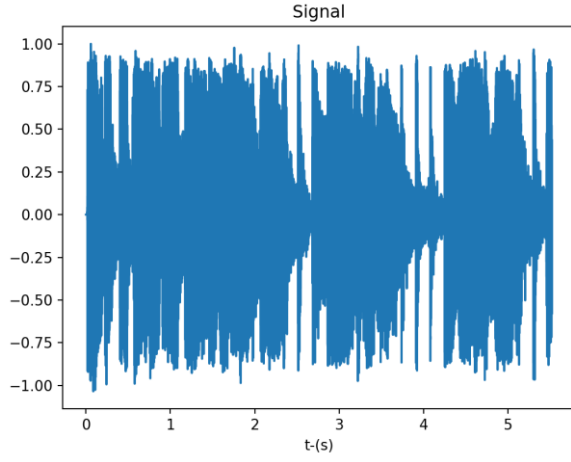
Şekil 14 Eko efekti eklenmiş İşaretin Zaman Grafiği
(Gecikme:0.5s, Kazanç:0.7)



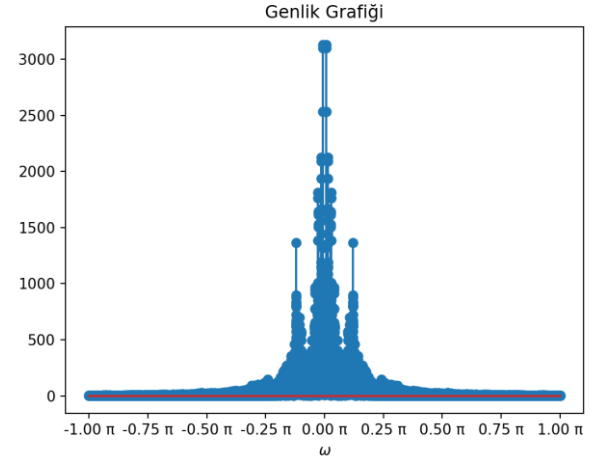
Şekil 12 Sesin Tersine Çevrilmiş İşaretin Zaman
Grafiği



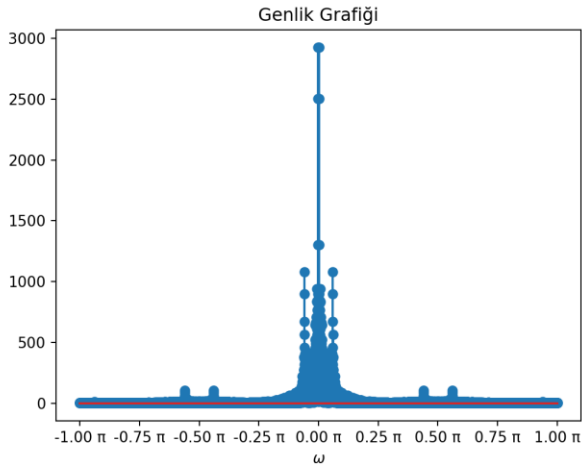
Şekil 15 Hızı Değiştirilmiş Sesin Spektrumu
(Hız Faktörü:2)



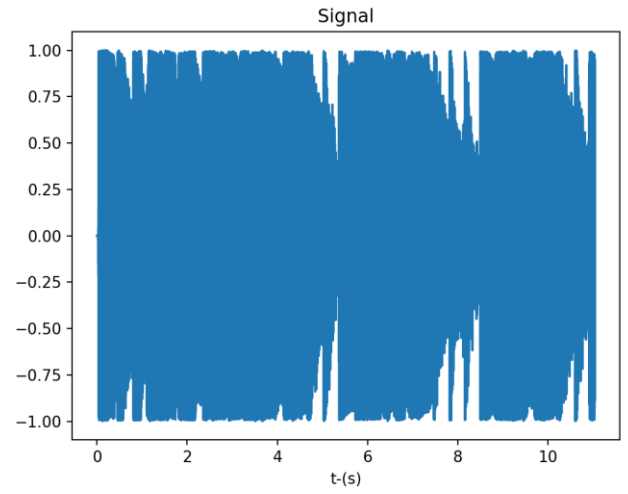
**Şekil 16 Hızı Değiştirilmiş Sesin Zaman Grafiği
(Hız Faktörü:2)**



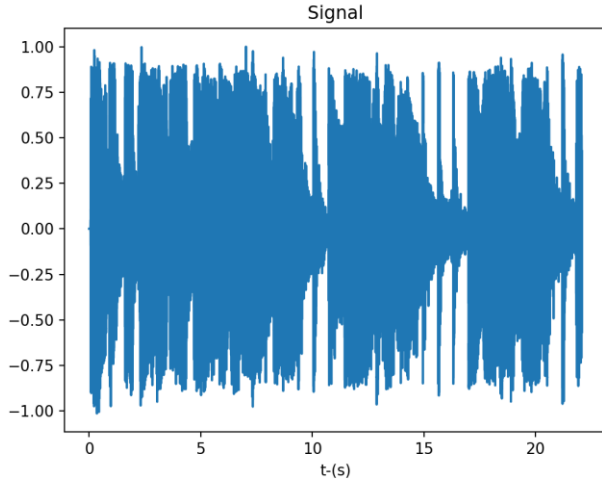
**Şekil 19 Gürültü Eklendi Sesin Spektrumu
(Kazanç:5)**



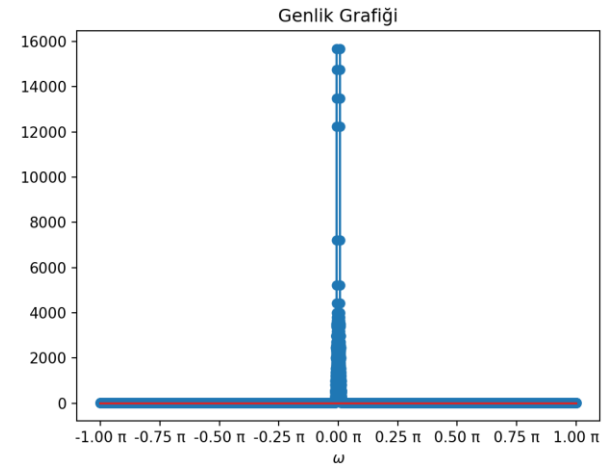
**Şekil 17 Hızı Değiştirilmiş Sesin Spektrumu
(Hız Faktörü:0.5)**



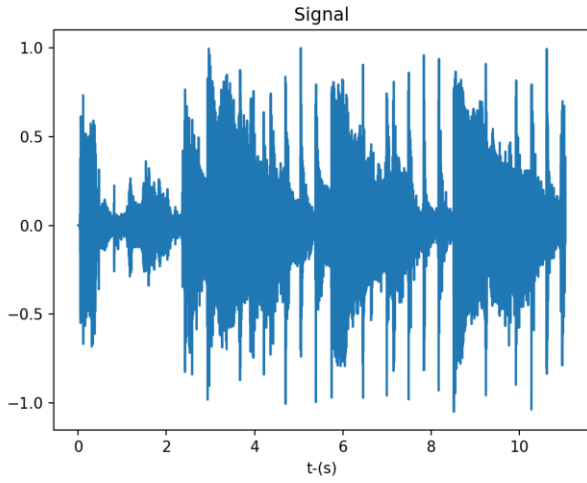
**Şekil 20 Gürültü Eklendi Sesin Zaman Grafiği
(Kazanç:5)**



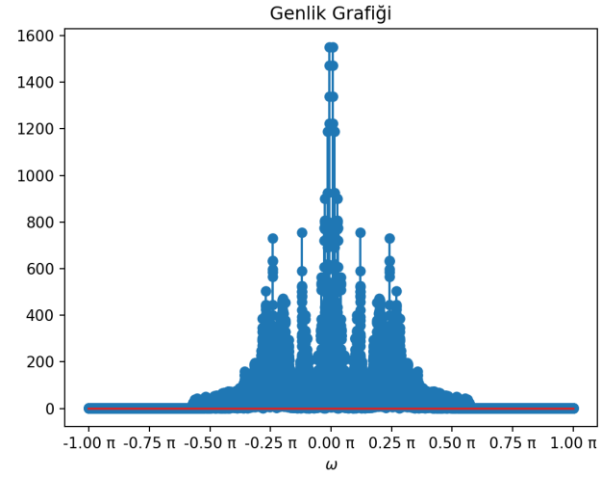
**Şekil 18 Hızı Değiştirilmiş Sesin Zaman Grafiği
(Hız faktörü:0.5)**



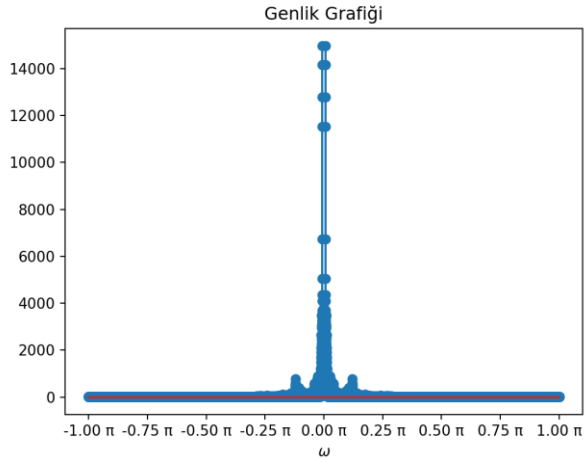
Şekil 21 Bas Efektinin Spektrumu (Kazanç:10)



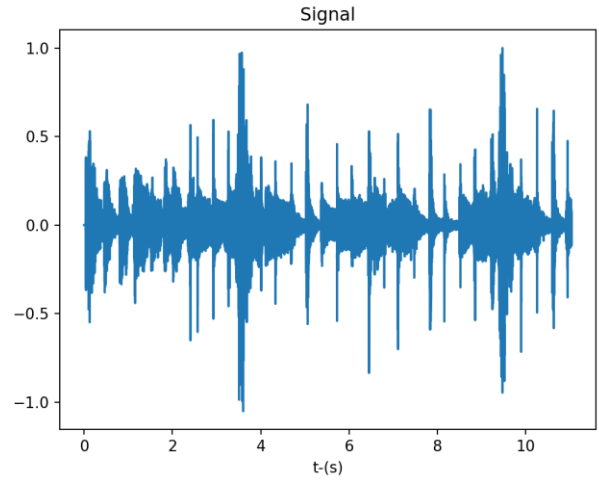
Şekil 22 Bas Efektinin Zaman Grafiği (Kazanç:10)



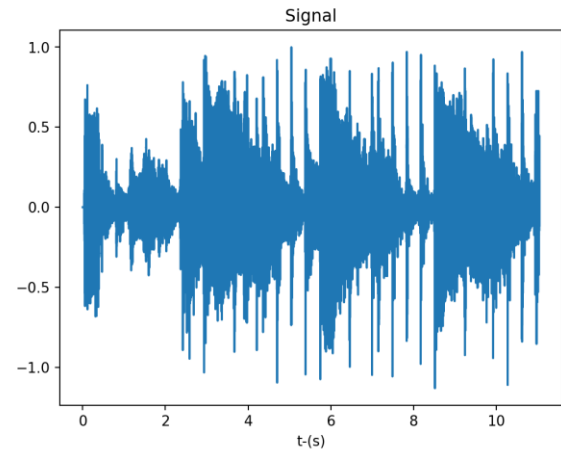
Şekil 25 Tiz Efektinin Spektrumu (Kazanç:10)



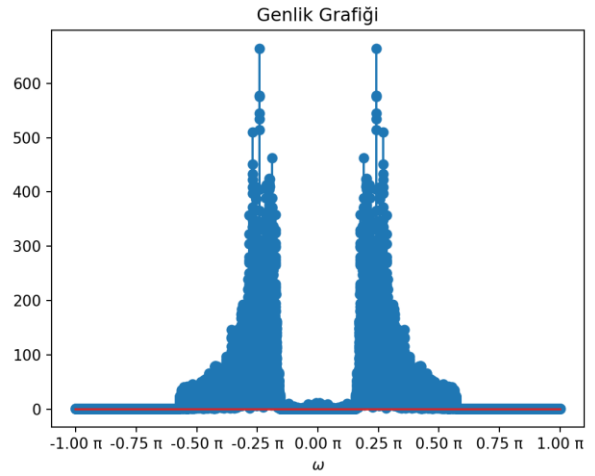
Şekil 23 Bas Efektini Eklenmiş İşaretin Spektrumu (Kazanç:10)



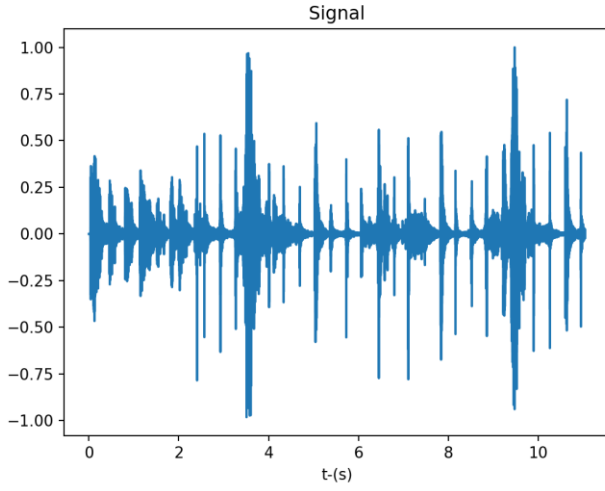
Şekil 26 Tiz Efektinin Zaman Grafiği (Kazanç:10)



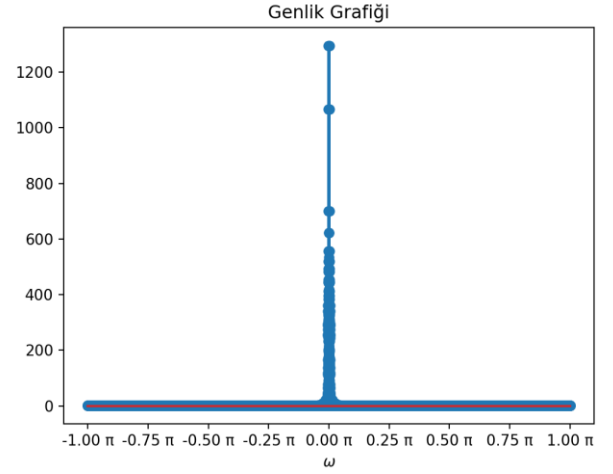
Şekil 24 Bas Efektini Eklenmiş İşaretin Zaman Grafiği (Kazanç:10)



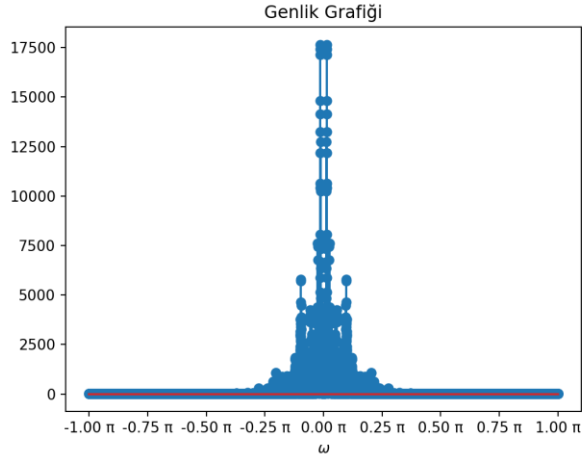
Şekil 27 Tiz Efektini Eklenmiş İşaretin Spektrumu (Kazanç:10)



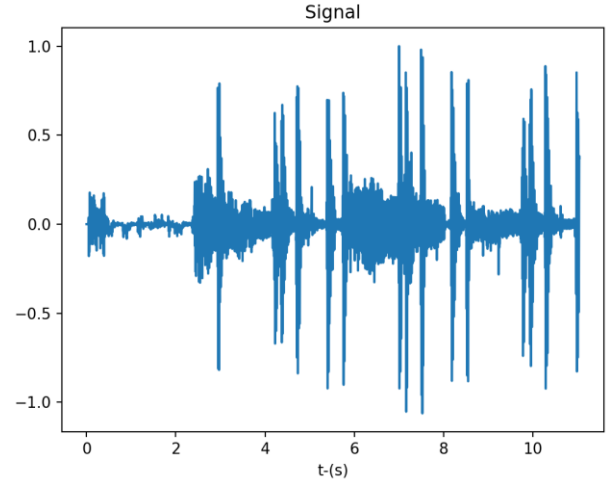
**Şekil 28 Tiz Efekti Eklenmiş İşaretin Zaman Grafiği
(Kazanç:10)**



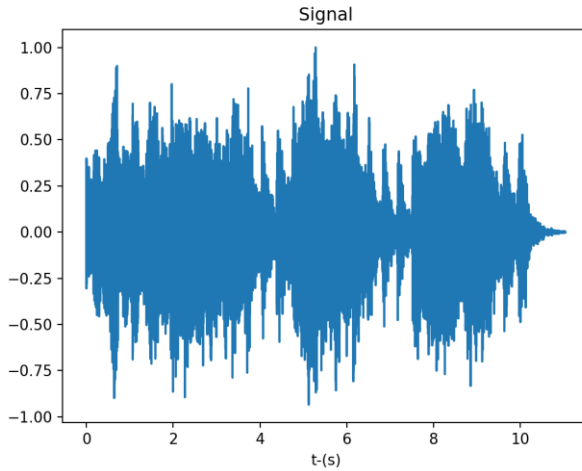
**Şekil 31 Sub-Bass Efektinin Spektrumu
(Kazanç:10)**



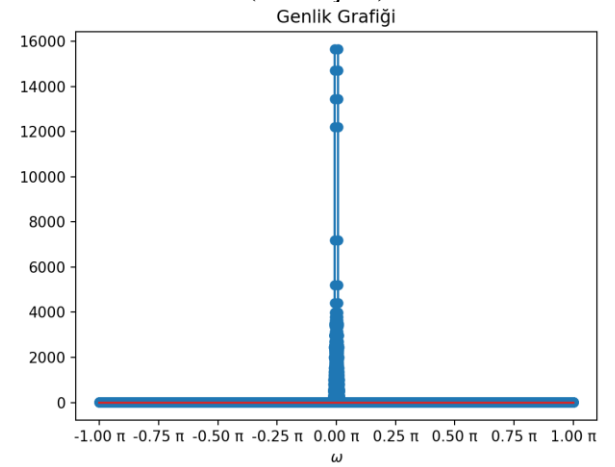
Şekil 29 Yankılama Yapılan İşaretin Spektrumu



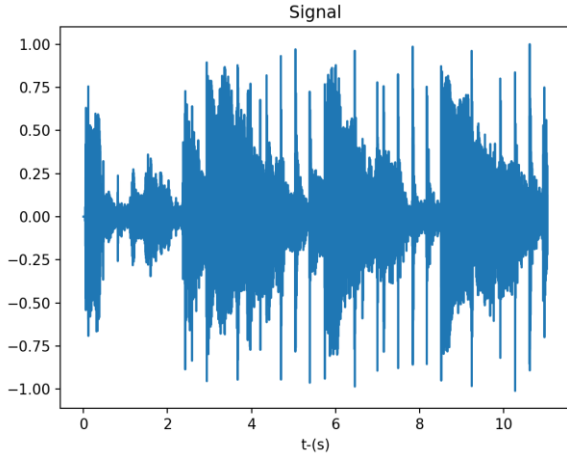
**Şekil 32 Sub-Bass Modunun Zaman Grafiği
(Kazanç:10)**



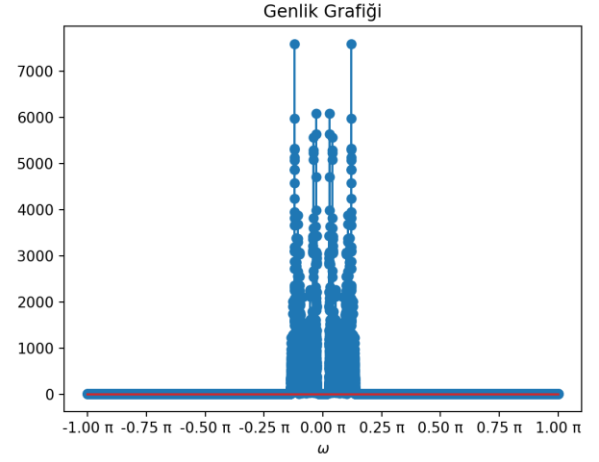
Şekil 30 Yankılama Yapılan İşaretin Zaman Grafiği



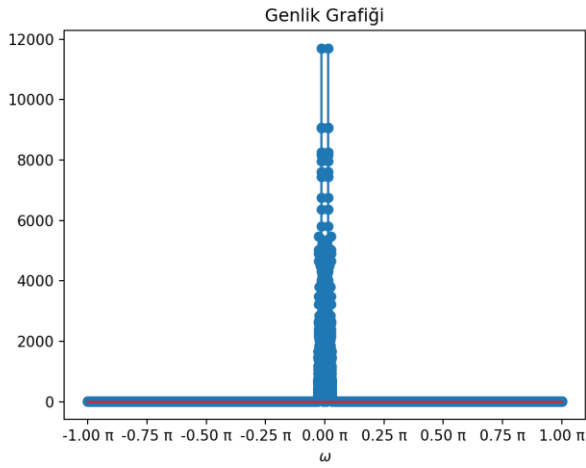
**Şekil 33 Bass Modunun Spektrumu
(Kazanç:10)**



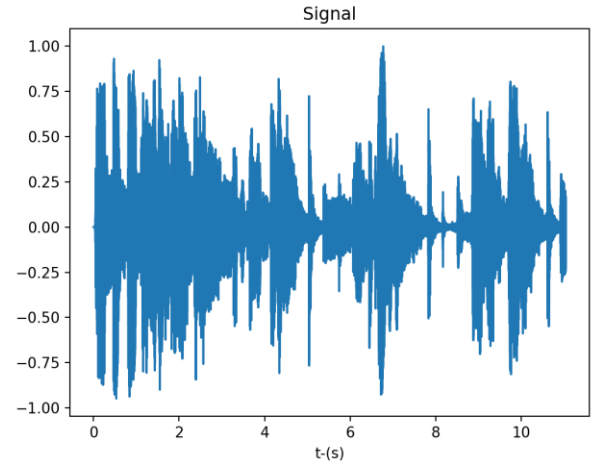
**Şekil 34 Bass Modunun Zaman Grafiği
(Kazanç:10)**



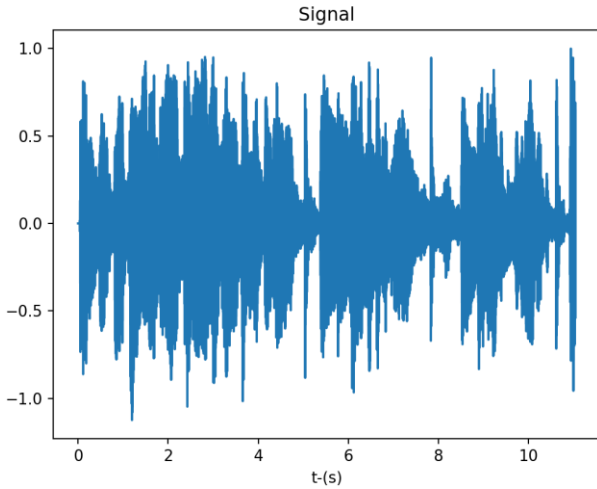
**Şekil 37 Mids Modunun Spektrumu
(Kazanç:10)**



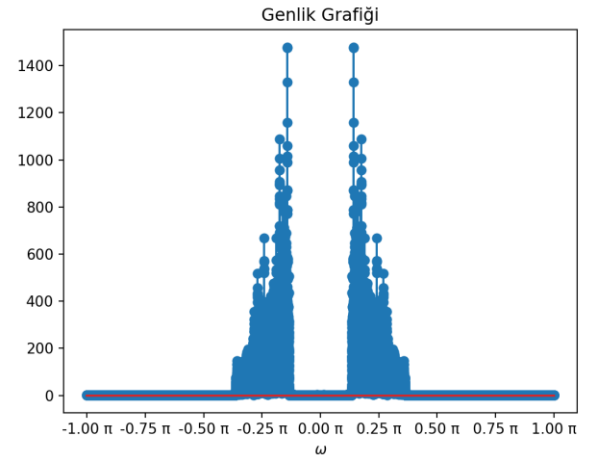
**Şekil 35 Lower Mids Modunun Spektrumu
(Kazanç:10)**



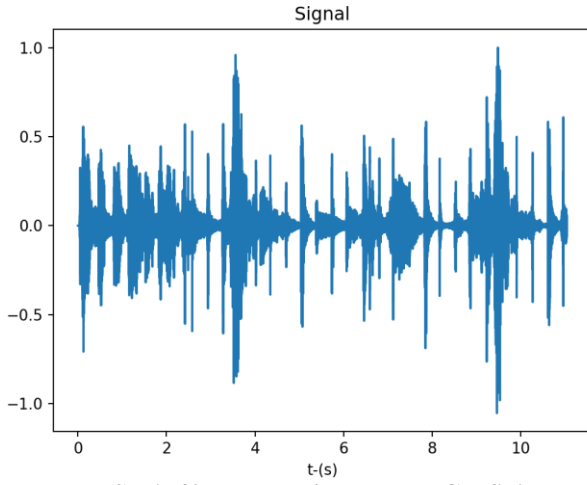
**Şekil 38 Mids Modunun Zaman Grafiği
(Kazanç:10)**



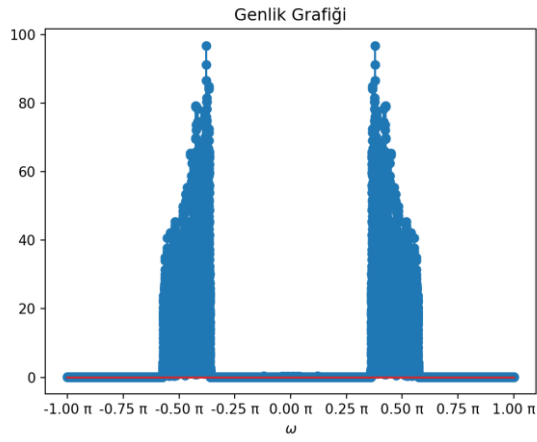
**Şekil 36 Lower Mids Modunun Zaman Grafiği
(Kazanç:10)**



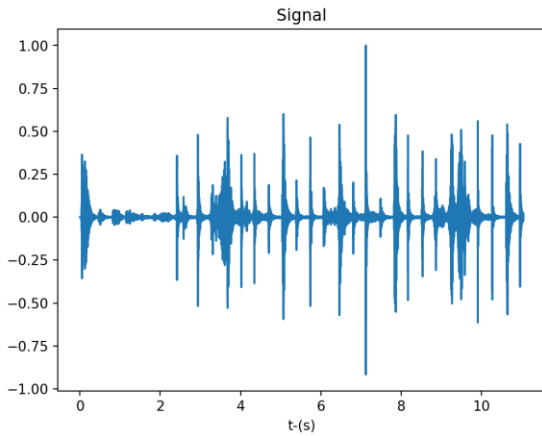
**Şekil 39 Upper Mids Spektrumu
(Kazanç:10)**



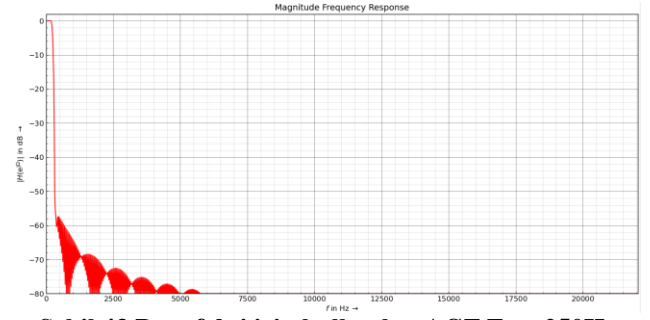
**Şekil 40 Upper Mids Zaman Grafiği
(Kazanç:10)**



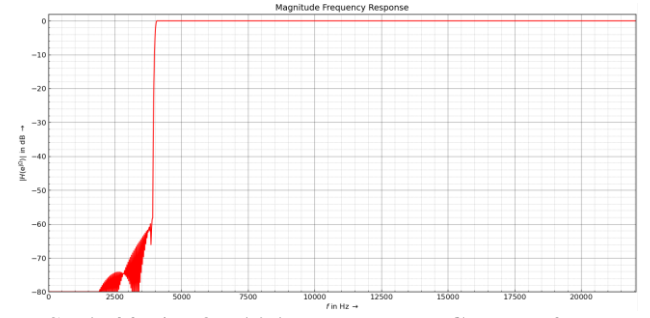
**Şekil 41 High Modunun Spektrumu
(Kazanç:10)**



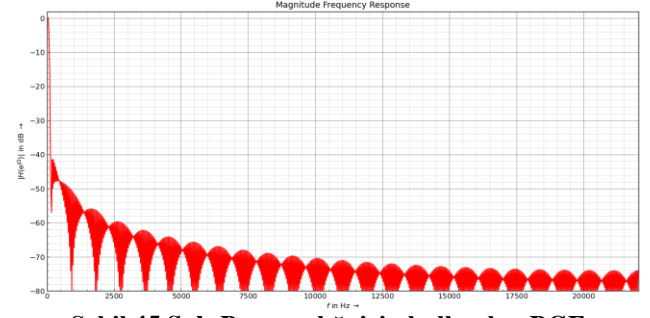
**Şekil 42 High Modunun Zaman Grafiği
(Kazanç:10)**



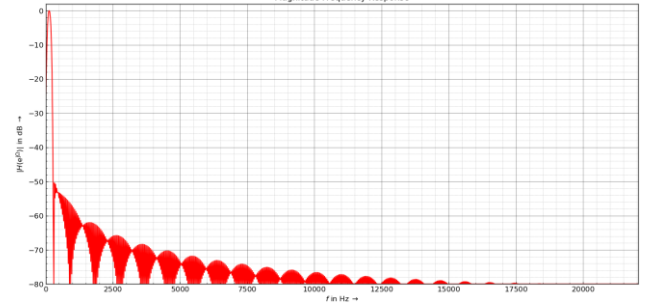
Şekil 43 Bas efekti için kullanılan AGF $F_c = 250\text{Hz}$



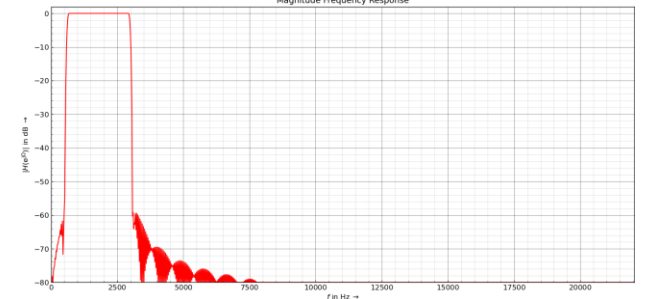
Şekil 44 Tiz efekti için kullanılan YGF $F_c = 4\text{kHz}$



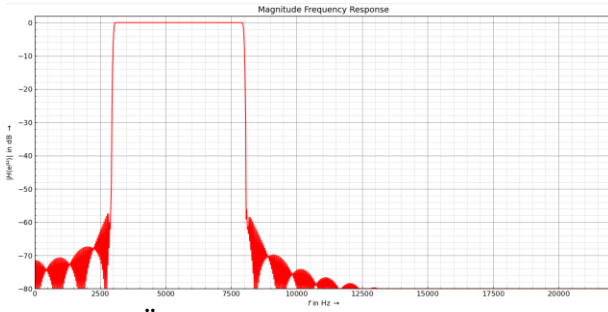
**Şekil 45 Sub-Bass aralığı için kullanılan BGF
 $F_{c1} = 20 F_{c2} = 60$**



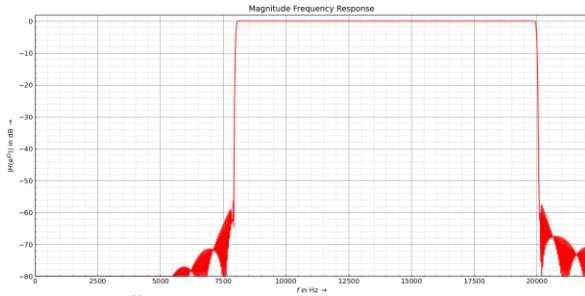
**Şekil 46 Alt-Midler aralığı için kullanılan BGF
 $F_{c1} = 60 F_{c2} = 200$**



**Şekil 47 Mid aralığı için kullanılan BGF
 $F_{c1} = 600\text{Hz} F_{c2} = 3\text{kHz}$**



Şekil 48 Üst-Midler aralığı için kullanılan BGF
Fc1=3kHz Fc2=8kHz



Şekil 49 Üst-Midler aralığı için kullanılan BGF
Fc1=8kHz Fc2=20kHz

3. Sonuç ve Yorum

Bu proje kapsamında hazır bir ses dosyasının tipik olarak sol ve sağ olmak üzere iki kanalda kaydedildiği ve bunu işlemekten önce tek kanala sokmak gerektiği öğrenildi. Müzik prodüksiyonlarında kullanılan bas, tiz, ekolayzer gibi jargonda yaygın olan ses efektlerinin deneyde gerçekleştirilen filtreleme işlemlerine denk geldiği deneyimlendi. Eko efekti için ses sinyalinin ötelemenin tek başına iyi bir performans göstermediği dolayısıyla bir geri besleme devresi ile çıkış ses sinyalinin kalitesinin arttığı anlaşılmıştır. Python’da SciPy kütüphanesinin “signal.convolve” fonksiyonuna bir argüman daha ekleyerek method şeklini FFT seçerek frekans uzayından zaman uzayına tek satırda geçilebilmiştir. Yankılama efekti oluşturmak için ortamın karakteristiklerini verecek bir dürtüden oluşan ses kaydına ihtiyaç olduğu öğrenildi.

Yankılama işleminde oda karakteristiklerinin kullanıcı tarafından belirlenmesi sağlanılabildi. Yankının kuvvetini ayarlayabilme opsiyonu “wet gain” ve “dry gain” parametreleri işleme dahil edilerek verilebilirdi.

Gürültü oluşturmak için kullanılan basit lineer olmayan yapı yerine daha gelişmiş lineer olmayan yapılar kullanılabildi. Örneğin “double soft clipper” gibi.

Ayrıca tasarlanan filtreler FIR yerine IIR olarak tasarlanırdı pencere genişlikleri azaltılabildi.

Kaynaklar:

1. [Audio FX](#)
2. [Non-Linearity Distortion](#)
3. [Non-Linearity Distortion 2](#)
4. [Implementing Professional Audio Effects with DSPs](#)
5. [Convolution-Reverb](#)
6. [What is Reverb?](#)
7. [pyfda · PyPI](#)
8. [Better Call Saul - Intro Song](#)
9. <https://gearspace.com/board/electronic-music-instruments-and-electronic-music-production/1172874-converting-stereo-mono-how-does-work.html>