



EREN
KARACAN

FMY-WEB.GITHUB.IO

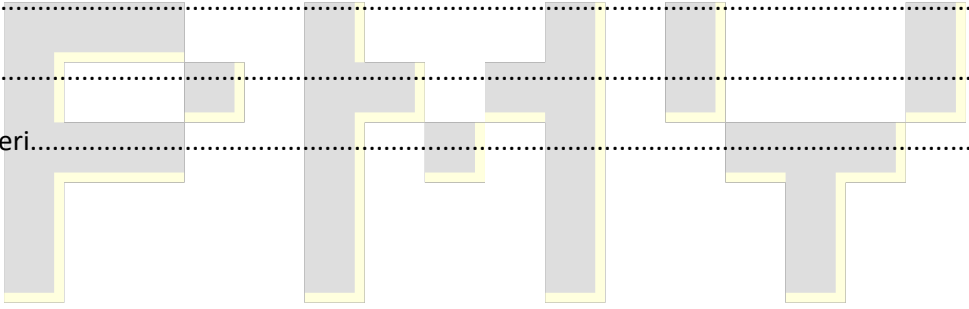
Sinyal Akışı ve Donanım

Bilgisi II

Kompresörler 0.1

İçindekiler

Kompresör Nedir?	3
Kompresör Parametreleri	4
Attack	4
Release	5
Hold	5
Makeup Gain	6
Knee	6
Lookahead	7
Oversampling	7
Kompresör Tipleri	8

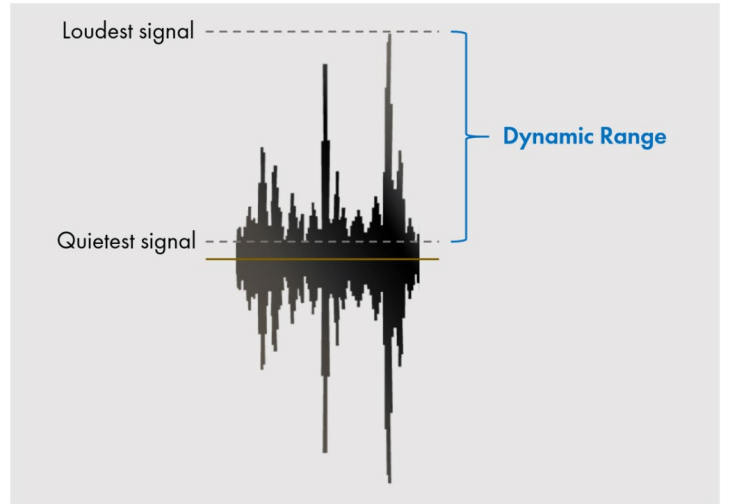


EREN
KARACAN

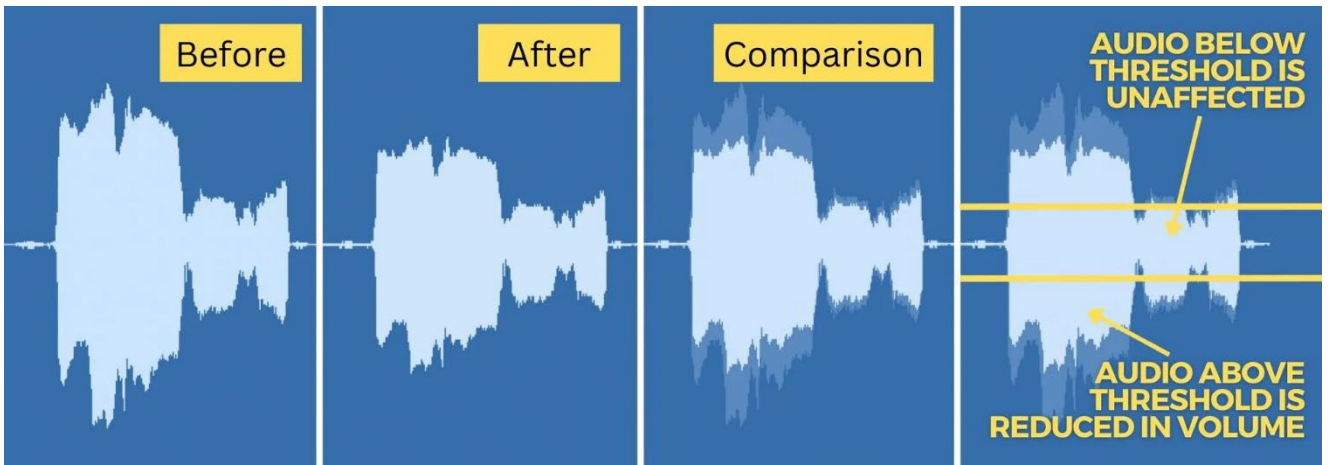
PMY-WEB.GITHUB.IO

Kompresör Nedir?

Kompresörler, ses sinyalinin dinamik aralığını küçülten ses işleme ekipmanlarıdır. Ses sinyalinin dinamik aralığı, sinyaldeki en yüksek genlikli nokta ile en düşük genlikli nokta arasındaki farktan meydana gelmektedir. Basit bir örnek: Bir ses sinyalinin en gür noktasının -6dBFS, en sessiz noktasının -36dBFS olduğu durumda ses sinyalinin 30dBFS dinamik aralığa sahip olduğunu söylemek mümkündür.



Görsel Kaynağı



Görsel Kaynağı

Kompresör dinamik aralık küçültme işlemini temelde sinyalin yüksek genliğe sahip bölgesinin sesini kısarak gerçekleştirir. Bunun için öncelikle bir eşik değeri (threshold) belirlenmelidir. Giriş sinyalinde eşik değerini geçen her bölgenin genliği belirli bir oranda (ratio) azaltılacaktır.

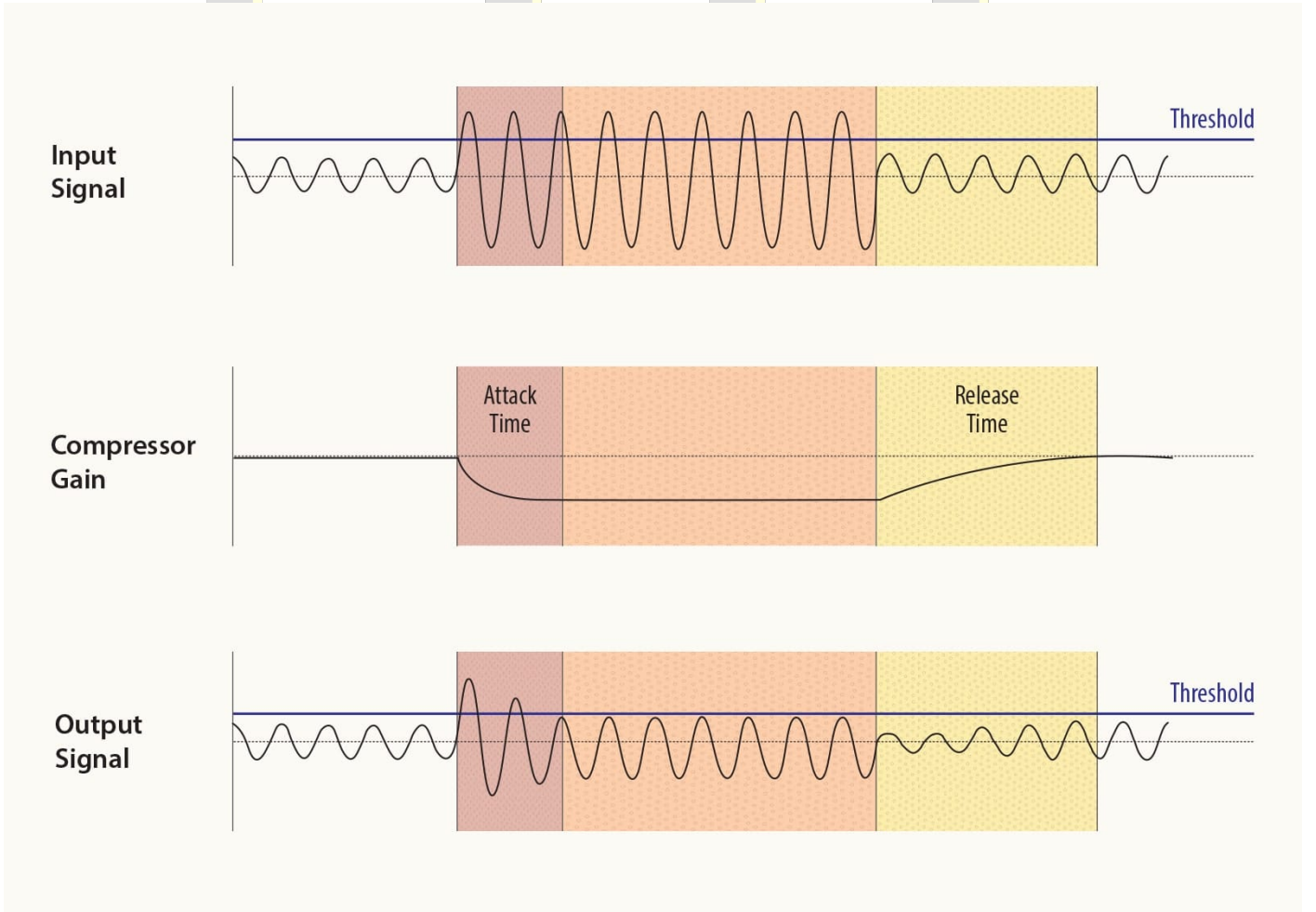
Giriş sinyalinin sabit -2dBFS olduğunu, kompresörün threshold değerinin -10dBFS olduğunu ve ratio değerinin 4:1 olduğunu varsayalım. Bu durumda ne kadar bir sıkıştırma (compression) gerçekleşeceğini hesaplamak için öncelikle eldeki sinyal seviyesi ile eşik seviyesinin farkına (eşik farkı) bakılmalıdır. Örneğimizde eşik farkı $(-2dBFS) - (-10dBFS) = 8dBFS$ olarak hesaplanabilir. Bundan sonra kullanılacak sıkıştırma oranı elde edilecek fark ile çarpılmalıdır. Sıkıştırma oranı, sinyalin eşik geçen kısmının hangi oranda azaltılacağını belirlemektedir. Dolayısıyla eşik farkının 8dBFS olduğu bilindiğine göre $8dBFS / 4 = 2dBFS$ elde edilir. Hesaplanan 2dBFS kısılacak değil sonuç olarak elde edilecek değeri göstermektedir. Başka bir ifade ile, 4:1 ratio “eşik 4 birim geçen sinyal artık 1 birim geçer hale gelsin” anlamına gelmektedir. Bu durumda eşik 8dBFS geçen sinyal artık 2dBFS geçer hale getirilene kadar kısılacaktır. Bu durumda sinyalin 6dBFS kadar kısılması gerektiği hesaplanabilmektedir. Hesaplanan 6dBFS uygulanacak sıkıştırma miktarıdır, başka bir ifade ile sistemin **gain reduction** (kazanç azaltma) değeridir. Kompresörlerde uygulanan sıkıştırma gain reduction birimi ile ifade edilmektedir.

Kompresör Parametreleri

- | | | |
|---------------------|----------------|-----------------|
| 1. Threshold (Eşik) | 4. Release | 7. Knee |
| 2. Ratio (Oran) | 5. Hold | 8. Lookahead |
| 3. Attack | 6. Makeup Gain | 9. Oversampling |

Attack

Giriş sinyalinin eşik değerinin üstüne çıkması (ya da eşik değerinin üzerindeyken aniden artması) ile sıkıştırma işlemi eş zamanlı olarak başlamamaktadır. Bu durum hem kompresör teknolojisinin tarihsel gelişiminden, hem de genel kompresör kullanım alışkanlıklarından kaynaklanmaktadır. Anlık gerçekleştirilecek sıkıştırma hem sinyalin duyumu üzerinde çok büyük bir etkide bulunacak, hem de bozulmaya sebep olabilecektir. Dolayısıyla yaygın kullanım, kompresörün sıkıştırma işleminin belirli bir süre sonra devreye girmesine dayalıdır. Kompresörün sıkıştırma işlemine başlaması ile tam sıkıştırma seviyesine ulaşması arasında geçen bu süreye attack süresi ismi verilmiştir. Kompresörlerin attack süresi boyunca uygulayacağı gain reduction grafiği lineer ya da üstel olabilir. Tercih edilen grafik, kompresörün karakterini büyük oranda etkileyen bir değişkendir. Genel kural, üstel grafiklerin lineer grafiklerden daha doğal bir duyuma sahip olduğudur.



[Görsel Kaynağı](#)

Release

Sıkıştırma işlemi sinyalin eşik değerini aşmasıyla başlamadığı gibi, sinyalin eşik değerinin altına inmesiyle bitmemektedir. Sinyalin eşik değerinin altına inmesiyle sıkıştırmanın tamamen sonlanması arasında geçen süreye release süresi ismi verilmektedir. Attack süresinin varlığına sebep olan faktörler, release süresi için de geçerlidir. Pek çok kullanım alanında, kompresör işleminin çok bariz bir şekilde duyulması tercih edilmez. Çok kısa release süresi, kompresörün çok yoğun bir şekilde duyulmasına sebep olabilmektedir. Ancak çok uzun release süresi ise sinyalin eşiği aşan kısmının hemen arkasından gelen ve sıkıştırılması gerekmeyen kısımların sıkıştırılmasına sebep olacaktır. Dolayısıyla release süresi seçilirken dikkat gösterilmelidir. Öte yandan tıpkı attack süresinde olduğu gibi, aşırı kısa release süreleri de bozulmaya yol açabilmektedir.

Önemli Not: Attack ve release süreleri, yalnızca sinyalin eşik değerinin üzerine çıktığı ve altına indiği zamanlarda devreye giren süreler değildir. Halihazırda eşik değerinin üzerinde olan ve sıkıştırılmakta olan bir sinyalde meydana gelecek ani yükselme de, aynı attack ve release sürelerine bağlı olarak sıkıştırılacaktır. Dolayısıyla attack süresine yalnızca “sinyalin eşiği geçtiğinde devreye giren süre”, release süresine ise yalnızca “sinyalin eşiğin altına inmesiyle devreye giren süre” olarak bakmak yanlıştır. Bu durum aşağıdaki görselde gösterilmiştir.



Hold

Çok fazla kompresör modelinde karşılaşılmayan “hold” özelliği, sıkıştırmanın release bölgesini belirli bir süreyle geciktirmekte kullanılmaktadır. 100ms hold ayarlanan bir kompresör, release bölgesinin devreye girmesi gereken her anda öncelikle 100ms boyunca aynı sıkıştırma miktarında bekleyecek, ardından release eğrisini uygulayacaktır. Aşağıda, bir önceki grafiğin 500ms hold değeriyle tekrarlanmış hali sunulmuştur.



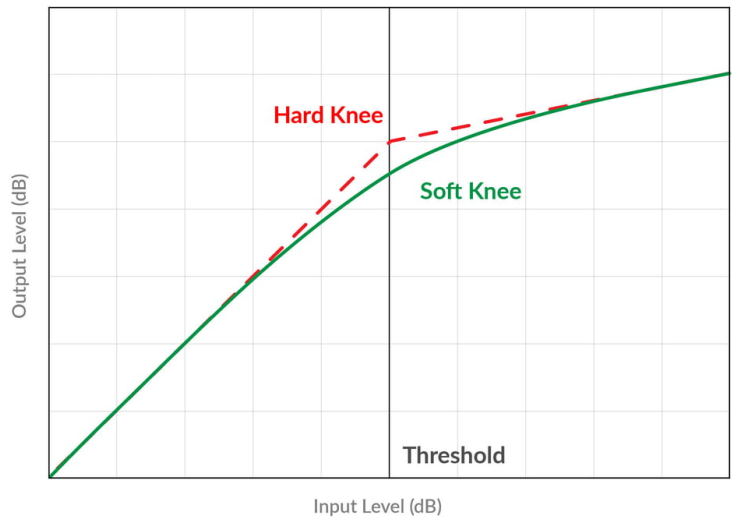
Makeup Gain

Sıkıştırma işlemi, sinyalin en yüksek genlikli bölgelerinin sesinin kısılmasından ibarettir. Dolayısıyla bir sıkıştırma işlemi sonucunda çıkış sinyali her zaman giriş sinyalinden daha düşük genliğe sahip olacaktır. Makeup (telafi) gain, sıkıştırma sonucunda kaybedilen genlik seviyesinin bir kısmının telafi edilmesi için çıkış sinyaline eklenen gain'dir. Normal şartlarda makeup gain kompresör üzerinde bulunan diğer kontrollerden etkilenmemekte, ayrı bir amplifikatör olarak çalışmaktadır. Ancak bazı kompresörlerde "auto makeup gain" özelliği bulunmaktadır. Bu özellik, çıkış sinyalini halihazırda ayarlanmış olan parametrelere dayanarak yükseltmekte, giriş sinyaliyle benzer genlik değerine ulaştırmaya çalışmaktadır. Dolayısıyla "auto makeup gain" aktif olduğu sürece çıkış genliği kompresör parametrelerinden etkilenecektir.

Knee

Kompresörün knee (diz) grafiği, eşik bölgesi çevresinde kullanılacak sıkıştırma oranının ne şekilde değiştiğini göstermektedir. Şu ana kadar sert knee grafiğine göre sıkıştırma karakteri anlatılmıştır.

Sert knee grafiğinde sinyal eşik seviyesine ulaşana kadar hiçbir sıkıştırma işlemi gerçekleşmemekte, başka bir ifade ile 1:1 oran kullanılmaktadır. Sinyalin eşik değerini aşması ile birlikte kullanılan oran bir anda kompresör üzerinde ayarlanmış olan (2:1, 4:1 gibi) orana eşitlenmektedir. Yani sinyal eşik değerine gelene kadar asla sıkıştırılmamakta, eşik değerini aştığı andan itibaren ise tam oranda sıkıştırılmaktadır.



[Görsel Kaynağı](#)

Yumuşak diz grafiklerinde ise giriş sinyaline uygulanacak sıkıştırma oranı, eşik değeri merkez alınarak yumuşatılmış, yuvarlanmıştır. Dolayısıyla sıkıştırma işlemi sinyal henüz eşik değerine varmadan 1:1 orandan artarak başlamakta, eşik değerini geçtikten belli bir miktar sonra ise tam orana (örn. 4:1) ulaşmaktadır.

Tahmin edilebileceği üzere daha yumuşak knee grafikleri daha transparan bir sıkıştırma sağlamaktadır. Sert knee grafikleri ise daha fark edilebilir bir sıkıştırma işlemine sebep olmaktadır.

Knee değeri dB ile ifade edilmektedir. +10dB'lik bir knee değeri threshold değerinin öncesine ve sonrasına 5'er dB'lik bir yuvarlama alanı ekleneceğini göstermektedir. Dolayısıyla örneğin -20dB'lik bir eşik değerine +6dB knee eklenmesiyle sıkıştırma işlemi -23dB'de başlayacak, -17dB'de tam orana ulaşacaktır.

Lookahead

Kompresörler aslında iki farklı kanalla çalışmaktadır. Bu kanallardan birine sidechain kanalı, diğerine ise sinyal kanalı ismi verilmektedir. Sidechain kanalı, sinyalin ölçüldüğü kanaldır, sinyal kanalı ise sıkıştırılan ve çıkışa gönderilen sinyali barındırır. Kompresör aktifleştirildiğinde, sidechain kanalına harici bir giriş yapılmadığı durumda, giriş sinyali kopyalanarak hem sidechain hem sinyal kanalına gönderilir. Lookahead parametresi kullanılarak sinyal kanalındaki sinyal belirlenen milisaniye oranında geciktirilir. Böylece sidechain kanalı ölçülerek sinyal kanalı üzerinde işlem uygulandığında, sinyal kanalı perspektifiyle geleceği görüp henüz meydana gelmemiş transientleri erkenden sıkıştırmaya başlamak mümkün hale gelmektedir. Dolayısıyla kompresör normalde yetişemediği sinyal değişimlerine müdahale edebilecek duruma getirilmektedir.

Oversampling

Sıkıştırma işlemi, zaman domeninde düşünüldüğünde sinyale threshold noktasından itibaren bir köşe eklemektedir. Bu köşe attack ve release hızı, knee ve ratio gibi parametrelere göre açı değiştirse de, oldukça hızlı ve sert bir sıkıştırma uygulandığı takdirde fark edilebilir bir hale gelecektir. Bildiğimiz üzere, zaman domeninde köşeli ve sert hareketler, frekans domeninde yüksek frekanslı içeriğe işaret etmektedir. Dolayısıyla bir sinyale yeni köşelerin eklenmesi, aynı zamanda yeni yüksek frekanslı içeriğin eklenmesi anlamına gelmektedir. Bu yüksek frekanslı içerik, kompresör bozulması (compressor distortion) olarak isimlendirilmektedir. Sese eklenen yüksek frekanslı içerik, frekans arttıkça azalan genlikte yeni harmonikler olarak gözlenmektedir. Dijital kompresör uygulamalarında, bozulma seviyesinin çok yüksek olduğu durumlarda, Nyquist frekansının üzerinde yer alan duyulabilir harmonikler ortaya çıkabilmekte, dolayısıyla aliasing ile karşılaşılabilir. Oversampling işlemi ile sinyalin örnekleme oranı artırılmaktadır. Böylece Nyquist frekansı da yükselmekte, kompresör bozulması sonucu meydana gelen yüksek frekanslı içerik filtrelenebilir hale gelmektedir.

Kompresör Tipleri

Vari-mu: En eski kompresör tasarımları, vari-mu kompresörlerden meydana gelmiştir. Vari-mu kompresörler, variable mu tube'lar (değişken gain'li lambalar) vasıtasıyla sıkıştırma gerçekleştirmektedir. Vari-mu kompresörlerde oran parametresi bulunmamaktadır. Sinyal seviyesi arttıkça uygulanan sıkıştırma artmaktadır, ancak belirli bir seviyeden sonra hiçbir sıkıştırma uygulanmamaktadır. En yavaş ikinci attack ve release tepkilerine sahiptirler.

FET: Lambalardan sonra kompresör tasarımlarında kullanılan devre elemanları, field effect transistor'lerdir. FET kompresörler, vari-mu kompresörlerden oldukça daha hızlı attack ve release tepkilerini mümkün kılmıştır. Ayrıca sıkıştırma oranı ilk defa bir parametre olarak ayarlanabilir hale gelmiştir. Ancak yine de vari-mu kompresörler gibi belirli bir giriş sinyal seviyesinden sonra sıkıştırma uygulanmamaktadır.

Opto: Opto kompresörlerde ses sinyali bir ışık kaynağına bağlanmakta, kompresör ise bu ışık kaynağının karşısına yerleştirilmiş bir ışığa duyarlı direnç vasıtasıyla kontrol edilmektedir. En yavaş attack ve release tepkilerine sahip kompresör tipidir. Ancak hem attack ve release sürelerinin uzunluğu, hem de pek hassas olmayan gain reduction eğrileri dolayısıyla oldukça karakteristik bir duyuma sahiptirler.

VCA: Voltage controlled amplifier (voltaj kontrollü amplifikatör) teknolojisi en hassas ve kontrol edilebilir kompresör tasarımlarını mümkün kılmıştır. Günümüzde kullanılan analog kompresörlerin önemli bir bölümü VCA kompresörlerdir. Oldukça hızlı attack ve release tepkilerine sahiptirler.

Dijital: Dijital kompresörler diğer kompresör türlerinden farklı olarak matematik işlemleriyle sıkıştırma sağlamaktadır. Bu sebeple en hızlı attack ve release tepkilerine ve en hassas gain reduction eğrilerine sahiptirler.

KARACAN

PMY-WEB.GITHUB.IO