

# GÜÇLENDİRME YAPILACAK FREKANS BANT ARALIĞI AYARLANABİLİR KOHLEAR İMPLANTLAR İÇİN BİR BİLGİSAYAR SİMÜLASYONU

İlter Göncel<sup>1</sup>, Ali Pelgur<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Başkent Üniversitesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, 06530, Etimesgut, Ankara, Türkiye

e-posta: apelgur@baskent.edu.tr

## Özetçe

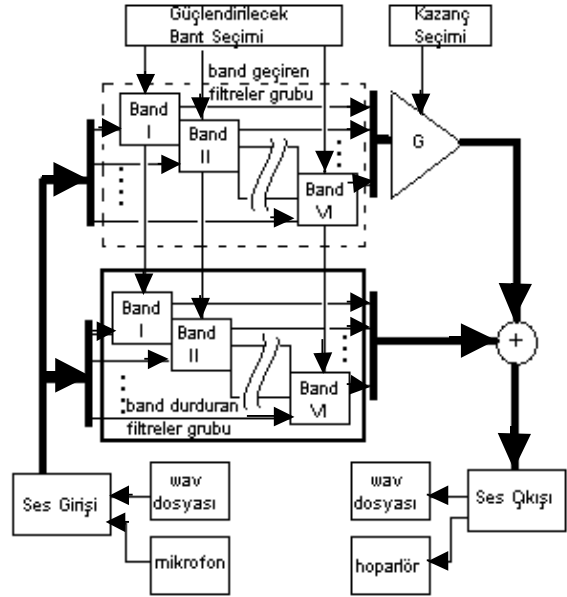
Bu bildiri insan işitme duyusunun güçlendirilmesi için frekans bantı ayarlanabilir bir sistemin bilgisayar simülasyonu sunulacaktır. İşitme duyusunu kısmen kaybetmiş hastalarda en sık görülen orta kulaktaki salyangozun kanallarındaki ses algılayıcılarının belirli frekanslardaki görevlerini yerine getirememeleri üzerine geliştirilmiş “kohlear implant”ların bir bilgisayar programı aracılığıyla simülasyonu yapılmıştır. Temel anlamda belirli frekans bantlarında kayıp olduğu zaman ihtiyaç duyulan “kohlear implantlar”ın simülasyonu da seçilebilir frekans bantları için MATLAB aracılığı ile yapılmış ve çalışmanın sonuçları sunulmuştur. MATLAB Simulink’ten bir DSP kartına gömülü sistem yazılımının aktarılması bir sonraki çalışmamızın hedefi olacaktır.

## 1. Giriş

İşitme problemlerinin çoğu kulağın bazı ses frekanslarını daha zayıf algılamasından ya da algılayamayıp beyne iletememesinden kaynaklanmaktadır. Bu tür durumlarda hastaların sorunlarını çözmek için “kohlear implant” cihazı kullanılır. Bu çalışmada “kohlear implant”ların farklı ses frekans bantlarını algılama ve algılanan bu sinyalleri işleme düzenini bilgisayar ortamında MATLAB programında tasarlanan yazılımla simüle edilmesi sağlanmıştır. Yapılan yazılım için bir de ara yüz tasarlanmıştır. Yazılımda işlenecek ses sinyali, kullanıcı tarafından seçilebilmekte ve bu ya bir ses kartının mikروفon girişinden PCM 44100 KHz olarak örneklenmiş bir ses sinyali olabilmekte ya da aynı örnekleme frekansına sahip kaydedilmiş işleme süresi belirlenebilen wav formatında bir ses dalgası olabilmektedir. Belirlenen ses sinyali daha sonra seçilebilir frekanslı bant geçiren filtrelerle filtrelenmekte ve son olarak filtrelerle ayrıştırılan zayıf frekans bantları yükseltilerek orijinal sinyale eklenmektedir, böylece iyileştirilmiş ses elde edilmektedir ki bu geleneksel “kohlear implant”ların çözümüdür [1,2]. Oluşturulan ara yüzde orijinal ses sinyalinin, filtrelenmiş ses ve iyileştirilmiş ses sinyallerinin zamana karşı büyüklükleri ve frekans-güç spektrumu grafikler aracılığıyla görüntülenmekte ve işlenen sesler bilgisayar ses kartına bağlı hoparlörler aracılığı ile dinlenebilmektedir. Bu sayede orijinal ve işlenmiş ses sinyalleri arasındaki farklar gözlemlenebilmektedir. Benzer bir simülasyon TigerSpeech tarafından geliştirilmiştir [4] ve “kohlear implant”ların geliştirilmesi ve eğitim için kullanılmaktadır.

## 2. Yöntemler

Çalışmamızın işleyişi Şekil 1’de kutu diyagramları şeklinde gösterilmiştir. Çalışmamız MATLAB R14 programında ve ses kartı bir kişisel bilgisayar kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 1: Simülasyonun İşleyiş Diyagramı.

### 2.1 Ses Kartından Veri Toplanması

Çalışmada bir kişisel bilgisayarın ses kartının mikروفon girişi veri toplama amacıyla kullanılmıştır. MATLAB programında yazılan simülasyon ses verilerini ses kartından PCM 44100 Hz formunda toplamakta ve eğer gerçek zamanlı çalışılmıyorsa istenilen süre boyunca toplanmış bu verileri bir veri katarında saklamaktadır. Ayrıca daha sonra kullanılmak üzere de wav dosyası şeklinde kaydetmektedir. Kullanılan ses kartı, piyasada yaygın olarak bulunan bilgisayar ana kartı üzerinde bulunan 16 Bitlik bir ses verisi işleme kartıdır. Örnekleme sonucunda edinilen ses verisi sayısal anlamıyla sonraki aşamalarda kullanılacaktır.

### 2.2 Bant Geçiren Filtreler Grubu

MATLAB programında sayısal filtre tasarımı yapmak oldukça kolaydır. İstenilen “butterworth” tipinde istenilen frekanslarda ve derecede filtre yapmak için MATLAB programında hazır

bulunan “butter” fonksiyonu kullanılmıştır. Bu fonksiyonun geri döndürdüğü filtre katsayı parametreleri de “filter” isimli önceden tanımlı başka bir MATLAB fonksiyonunda kullanılmıştır. Bu fonksiyon kendisine parametre olarak gönderilen bant verisini ve filtre tipini kullanarak üzerinde çalışılan ses verisi üzerinde istenilen sayısal filtreyi uygulamaktadır. Sunulan simülasyon için de bir bant geçiren filtre grubu tasarımı yapılmıştır. Bu filtrelerin frekans bantları da “kohlear implant”ların yapımında da tercih edilen bantlardan seçilmiştir.

### 2.3 Sinyalin Güçlendirilmesi

Filtre edildikten sonra ayrıştırılan frekans bandı güçlendirilmiştir. Güçlendirme işlemi filtre edilmiş ses verisinin sayısal verilerinin bir katsayı ile çarpılması ile yapılmaktadır. Bu katsayı da yine kullanıcı tarafından seçilmektedir. Bu yolla sadece istenilen frekans bandının sayısal verileri değiştirilmektedir.

### 2.4 Bant Durduran Filtreler Grubu

Tıpkı bant geçiren filtreler grubu gibi bant durduran filtreler grubunda da “kohlear implant”ların yapımında tercih edilen frekans bantları kullanılmaktadır. Bu bant durduran filtreler grubu bant geçiren filtreler grubu ile eşzamanlı çalışmaktadır. Kullanılan filtreler yine istenilen derecede “butterworth” tipinde olup hazır “butter” fonksiyonu ile tanımlanmıştır ve bant geçiren filtreler gibi kullanımı MATLAB’daki “filter” fonksiyonuna gönderilen filtre katsayı parametreleri ile yapılmaktadır. Buradaki amaç güçlendirilen frekans bandının sadece güçlendirilmiş haliyle kullanılmak istenmesidir. Güçlendirilmek istenen frekans bandı dışındaki ses verisi üzerine çalışma yapılmamalıdır. Çünkü “kohlear implant” kullanan hastalarda ses tümüyle işitilmez değil belli frekanslarda belli düzeyde ses işitme kaybı vardır. Bunu gidermek için ses tüm işitilebilir frekans spektrumunda yükseltip işitilip kulağa gönderilmez. Öncelikle istenilen bantlarda istenilen düzeyde güçlendirme yapılır ve böylece sağlıklı bir kulak gibi işitme sağlanması amaçlanır[3].

### 2.5 Güçlendirilmiş ve Güçlendirilmemiş Bantların Yeni Sinyal Oluşturmak Üzere Toplanması

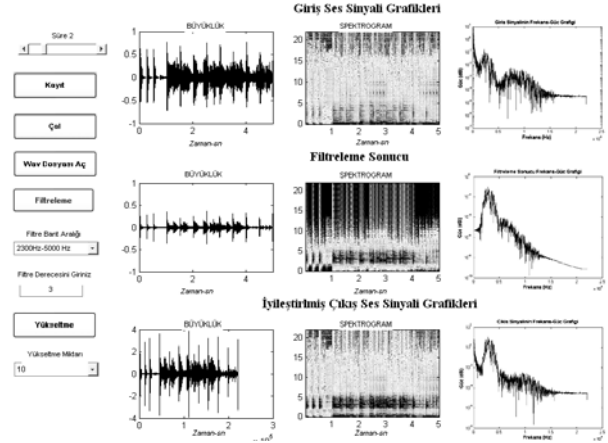
Oluşturulan belirli bir frekans bandı ayrıştırılmış ve güçlendirilmiş ses verisi ile bu frekans bandının ayrıştırıldığı ses verisi yeniden ses dalgası oluşturmak üzere bu aşamada toplanır. Sayısal veriler üzerinde çalıştığımızdan bu adımda iki kanaldan gelen bu veriler toplanmıştır.

### 2.6 Oluşturulan Sinyalin Ses Kartının Ses Çıkışından Alınması

Yeniden oluşturulan ve istenilen frekans bandı güçlendirilmiş ses verisi MATLAB aracılığı ile istenirse 16 Bitlik PCM 44100 Hz’de kodlanıp “wav” formunda saklanmakta ya da istenirse doğrudan ses kartının ses çıkışından bir hoparlör aracılığı ile ses olarak alınmaktadır. Gerçek zamanlı ses işleme için MATLAB programının Simulink alt programı kullanılmaktadır. Bu program gerçek zamanlı sinyal işleme ve yaratılan çözümün bir DSP kartına gömülü yazılım olarak aktarılmasını sağlamaktadır. Anlatılan çözüm gerçek zamanlı çalışma için MATLAB Simulink programına aktarılmıştır.

## 3. Sonuçlar

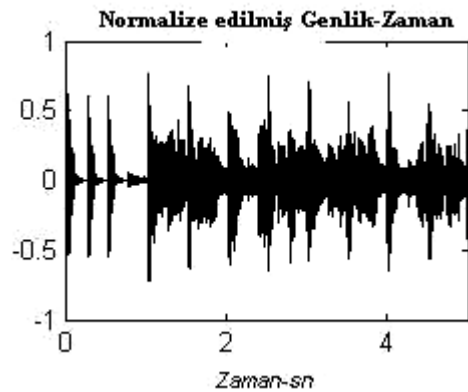
Çalışmanın sonuçları PCM 44100 KHz olarak örneklenmiş ses sinyali için simülasyonun ara yüzünde Şekil 2’de gösterilmiştir.



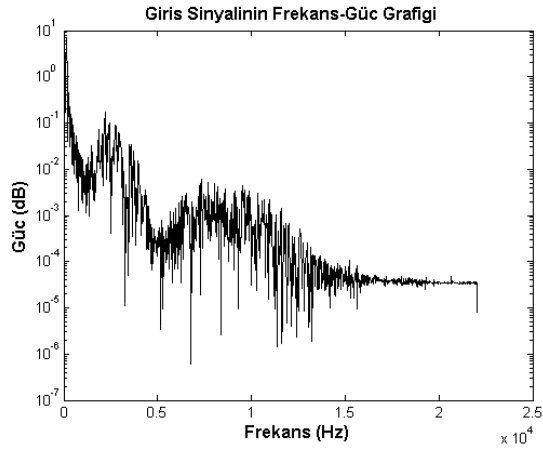
Şekil 2: Simülasyon Programının Ara Yüzü.

Giriş ses sinyalinin zaman-genlik grafiği Şekil 3’te ve frekans-güç spektrumu Şekil 4’te gösterilmiştir.

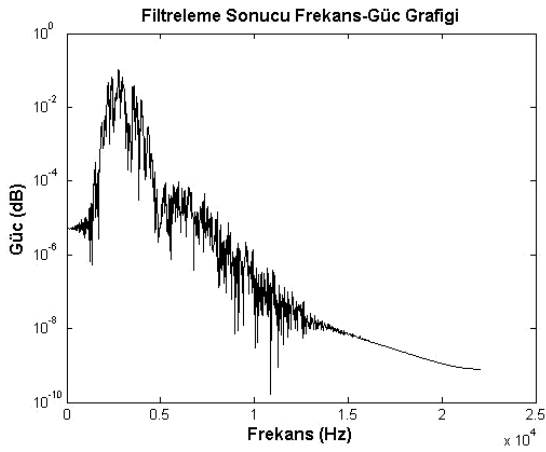
Simülasyon programının ara yüzünde istenilen frekans aralığı seçilebilmektedir. Şekil 5’te ticari ürünlerdeki tercih edilen bantlardan biri olan 2300 Hz - 5000 Hz bandı için yapılmış bir 3. dereceden filtrelemenin sonuçları gösterilmiştir ve sadece bu bant için yapılan 10 katlık bir kazançla yapılan güçlendirme sonucu oluşan yeni ses dalgasının frekans-güç grafiği Şekil 6’da gösterildiği üzere izlenebilmektedir. Ayrıca istenilen bant aralığı güçlendirilmiş olan yeni ses dalgasının zaman-ses dalgası genliği de (Şekil 7) grafik ara yüzünde izlenebilmektedir. Görüldüğü üzere Şekil 4’teki giriş ses sinyalimizle Şekil 5’teki çıkış ses sinyalimizin frekans-güç spektrumlarının grafiklerinden istenilen bantta yapılan güçlendirmenin sonucu izlenebilmektedir.



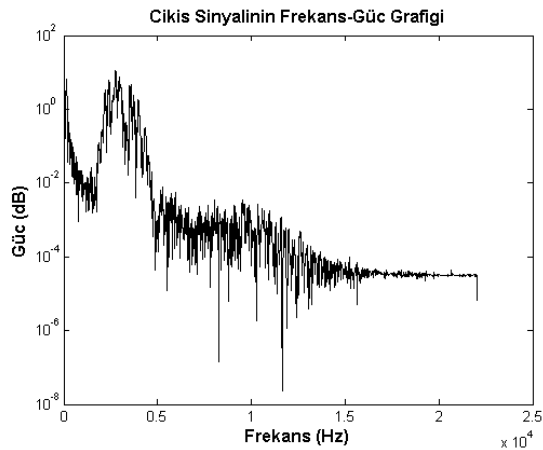
Şekil 3: İşlenecek olan giriş ses dalgası.



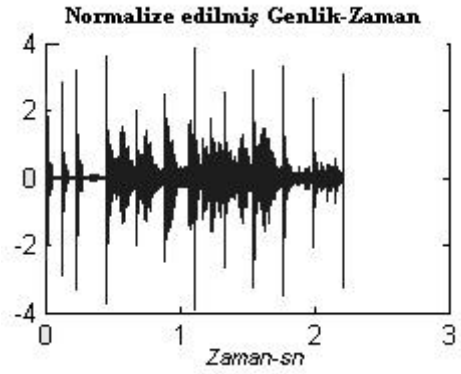
Şekil 4: İşlenecek olan ses dalgasının frekans-güç grafiği.



Şekil 5: Bant geçiren filtreleme sonucu ses dalgası frekans-güç grafiği.



Şekil 6: Çıkış ses dalgasının frekans-güç grafiği.



Şekil 7: İşlenmiş olan çıkış ses dalgası.

#### 4. Tartışma

Sunulan çalışma, kohlear implantların ses sinyalini işleminin bir bilgisayar simülasyonudur ve MATLAB gibi ileri düzey bir sinyal işleme sistemi sayesinde simülasyondan TigerSpeech firmasının ürettiği eğitim amaçlı "kohlear implant" simülatorüne benzer sonuçlar alınmıştır. Bu ürüne bir alternatif olarak çalışmamızın eğitim amaçlı kullanılabilceğini düşünmekteyiz. MATLAB'ın, Simulink alt programı sayesinde gerçek zamanlı sinyal işleme de mümkün olabilmektedir ve DSP kartlarına gömülü yazılım yaratmak kolay hale gelmiştir. Çalışmamızın devamı, Simulink programında gerçek zamanlı ses işleme yöntemimizi yazılım gömülebilen DSP kartları ile yapmak olacaktır.

#### 5. Kaynakça

- [1] J. Millar, Y. Tong, and G. Clark, "Speech processing for cochlear implant prostheses," Journal of Speech and Hearing Research, vol. 27, 280-296, 1984.
- [2] G. Loeb, "Cochlear prosthetics," Annual Review in Neuroscience, vol. 13, 357-371, 1990.
- [3] J. Patrick, P. Seligman, D. Money, and J. Kuzma, "Engineering", Cochlear prostheses (G. Clark, Y. Tong, and J. Patrick, eds.), 99-124, Edinburgh: Churchill Livingstone, 1990.
- [4] TigerSpeech Cochlear Implant Simulation, [http://www.tigerspeech.com/tst\\_tigercis.html](http://www.tigerspeech.com/tst_tigercis.html), Son Erişim tarihi: 20.4. 2007