



G.T.Ü.

ELM 364

SAYISAL İŞARET İŞLEMENİN TEMELLERİ

LABORATUVAR PROJESİ

LMS (LEAST MEAN SQUARES)

VE

RLS (RECURSIVE LEAST SQUARES)

GÜRÜLTÜ ÖNLEYİCİ FİLTRE ALGORİTMALARININ

KARŞILAŞTIRILMASI

Ali Sacid KARADOĞAN, 161024086, askaradogan@gtu.edu.tr

Hasan Saim ÜNAL, 151024077, hasansaimunal@gmail.com

Ömer KONAN, 171024085, konanomer@gmail.com

Öğretim Üyesi: Ali Köksal HOCAOĞLU

MAYIS 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET (ABSTRACT)	3
ANAHTAR KELİMELER.....	4
KISALTMALAR.....	5
1. GİRİŞ.....	6
2. YÖNTEM VE ANALİZ.....	8
2.1 ADAPTİF FİLTRELER VE GÜRÜLTÜ AZALTMA	8
2.2 LEAST MEAN SQUARES	9
2.3 RECURSIVE LEAST SQUARES.....	9
3. SONUÇ VE YORUM.....	13
KAYNAKLAR.....	15

ÖZET (ABSTRACT)

Bu proje raporu, LMS (Least Mean Square) ve RLS (Recursive Least Square) algoritmaları ile tasarlayacağımız gürültü önleyici filtrelerin karşılaştırılmasını içermektedir. Bu proje sonucunda, kullanılan gürültülü ses sinyallerindeki gürültüler önemli ölçüde azaltılmıştır. Proje için tasarlanan filtreler MATLAB kullanılarak oluşturulmuştur. Proje kapsamında filtrelerin çalışma prensibini yansıtması amacıyla yapay olarak üretilmiş bir sinüs sinyali ve filtrenin pratikte çalışmasına bir örnek olması amacıyla mikrofon aracılığı ile kaydedilmiş bir ses sinyali kullanılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER

RLS, LMS, Gürültü Azaltma

KISALTMALAR

LMS: Least Mean Squares (En Az Ortalama Kareler)

RLS: Recursive Least Squares (Tekrarlanan En Az Kareler)

1. GİRİŞ

Gürültü, yaygın olarak, istenmeyen ses veya ses kirliliği anlamıyla kullanılır. Elektronik alanında gürültü; pre amplifikatör, televizyon gibi ses veya görüntünün çevrilmesini sağlayan sistemlere etki eden, iletilmek istenen bilgi sinyaline karışan parazitlerdir. Analog veya dijital sinyallerin işlenmesi veya veri işleme sırasında sinyale karışan, uygulanan işlemlerin istenmeyen ve belli anlama gelmeyen yan ürünü olarak da tanımlanabilir. Daha geniş anlamda, bir plaktan gelen cızırtı veya bir internet sayfasındaki reklam gürültü olarak nitelendirilebilir. Gürültü, insanlar veya elektronik cihazlar arası iletişimi, gönderilmekte olan iletiyi engelleyerek, iletinin anlamını değiştirerek ve hatta çarpıtarak zorlaştırabilir veya imkânsız hale getirebilir.

Yaygın olarak kullanılan ilk ses gürültüsü azaltma tekniği, 1966'da Ray Dolby tarafından geliştirilmiştir. Profesyonel kullanıma yönelik Dolby Tip A, dört banttaki frekansların genliğinin kayıt (kodlama) sırasında arttırıldığı, ardından orantılı olarak azaldığı bir kodlama / kod çözme sistemidir (oynatma sırasında kod çözme). Dolby B sistemi (Henry Kloss ile geliştirilmiştir) tüketici ürünleri için tasarlanmış tek bantlı bir sistemdi. Özellikle, bir ses sinyalinin sessiz kısımlarını kaydederken, 1 kHz'in üzerindeki frekanslar güçlendirilecektir. Bu, başlangıçtaki sinyal hacmine bağlı olarak sinyal üzerindeki gürültü oranını 10 dB'ye kadar olan bant üzerinde artırma etkisine sahiptir. Oynatıldığında, kod çözücü işlemi geri çevirdi, bu da gürültü seviyesini 10 dB'ye kadar düşürdü. Dolby B sistemi, Dolby A kadar etkili olmasa da dekodersiz oynatma sistemlerinde dinlenebilir kalma avantajına sahipti.

Bugün gürültüyü yok etmek için artık Adaptif (uyarlanabilir) sayısal süzgeçler kullanılmaktadır. Adaptif bir filtre, değişken parametrelerle kontrol edilen bir transfer fonksiyonuna ve bu parametreleri bir optimizasyon algoritmasına göre ayarlamak için bir araca sahip olan doğrusal filtreli bir sistemdir. Optimizasyon algoritmalarının karmaşıklığı nedeniyle, neredeyse tüm uyarlanabilir filtreler sayısal filtrelerdir. Bazı uygulamalar için uyarlanabilir filtreler gereklidir, çünkü istenen işleme işleminin bazı parametreleri (örneğin, yansımali yüzeylerde yansımali bir alandaki konumlar) önceden bilinmemektedir veya değişmektedir. Kapalı döngü uyarlamalı filtre, transfer fonksiyonunu geliştirmek için bir hata sinyali şeklinde geri bildirim kullanır.

Kayıt edilen bir seste duyulan gürültünün önlenmesi için LMS ve RLS algoritmaları kullanılarak tasarlanan filtreler ile bu gürültülerin azaltılması mümkündür. Bu tezde LMS ve RLS yöntemleri aynı sinyallere uygulanacak ve çıktıları karşılaştırılacaktır Öncelikle bir sinüs sinyaline gürültü eklenecek ve sonuçlar karşılaştırılacak daha sonra ise mikrofon ile kaydedilen gürültülü bir ses üzerinde benzer işlemler uygulanacak.

2. YÖNTEM VE ANALİZ

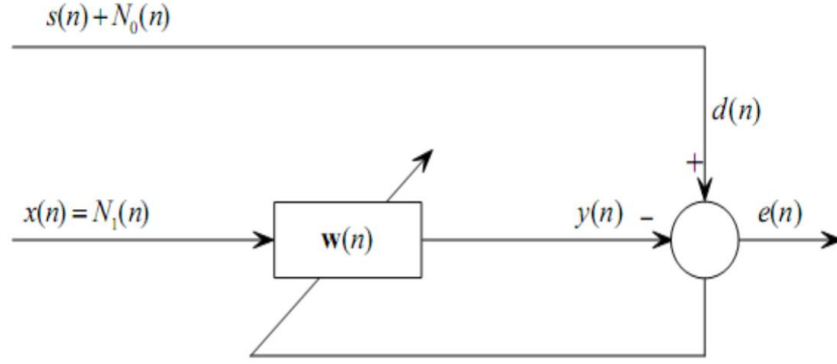
Kayıt altına alınan sesteki gürültüyü azaltmak adına derste öğrenilen LMS (Least Mean Square) algoritması ve kişisel araştırmalar sonucunda öğrenilen RLS algoritmaları kullanılarak ses işaretindeki gürültünün azaltılması hedeflenmiştir.

2.1 ADAPTİF FİLTRELER VE GÜRÜLTÜ AZALTMA

Sayısal Sinyal İşleme (DSP), gürültü filtrelemeye, sistem tanımlamaya ve ses tahminine uygulanabilecek büyük bir teknolojidir. Standart DSP teknikleri, bu sorunları hızlı bir şekilde çözmek ve kabul edilebilir sonuçlar elde etmek için yeterli değildir. Zamanında yakınsama ile doğru çözümler elde etmek için adaptif filtreleme teknikleri uygulanmalıdır.

Adaptif filtre ilk kez 1960'larda mühendislik kullanımını sağlamıştır. Telefon kanallarında veri iletiminin Semboller Arası Etkileşim (ISI) etkisiyle mücadele etmek için ekolayzır olarak uygulanmıştır.[1] O zamandan beri, adaptif filtre farklı biçimlerde konfigüre edilmiş ve işaret işleme ve haberleşme sistemleri gibi birçok farklı alanda uygulanmıştır.

Adaptif gürültü azaltma konfigürasyonu, Şekil 2'de gösterildiği gibidir. Bu yapılandırmada, $x(n)$ (gürültülü bir kaynak $N_1(n)$) girişi, başka bir gürültü sinyali ($N_0(n)$) tarafından bozulan bir sinyal $s(n)$ 'den oluşan istenen bir sinyal) $d(n)$ ile karşılaştırılır. Adaptif filtre katsayıları, hata sinyalinin sinyalin $s(n)$ gürültüsüz bir versiyonuna neden olacak şekilde adapte olur.

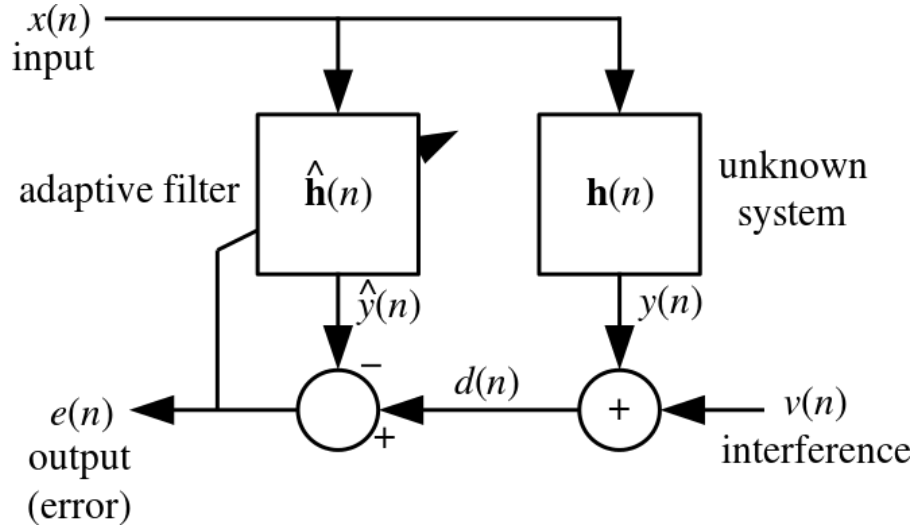


Şekil 2 – Adaptif Gürültü Azaltma Konfigürasyonu

2.2 LEAST MEAN SQUARES

En küçük ortalama kareler (LMS) algoritmaları, hata sinyalinin en küçük ortalama karesini (ilgili ve gerçek sinyal arasındaki fark) üreten ile ilgili filtre katsayılarını bularak istenen bir filtreyi taklit etmek için kullanılan bir uyarlamalı filtre sınıfıdır. Bu, filtrenin sadece mevcut zamandaki hataya dayanarak uyarlanması için stokastik bir gradyan iniş yöntemidir. 1960 yılında Stanford Üniversitesi profesörü Bernard Widrow ve ilk doktora öğrencisi Ted Hoff tarafından icat edildi.

LMS algoritmasının çalışma prensibi şekil – 3’te görüldüğü gibidir.



Şekil – 3, LMS Algoritması

P’nci dereceden bir LMS filtresinin algoritması şu şekilde özetlenebilir,

Parameters: p = filter order

μ = step size

Initialisation: $\hat{\mathbf{h}}(0) = \text{zeros}(p)$

Computation: For $n = 0, 1, 2, \dots$

$$\mathbf{x}(n) = [x(n), x(n-1), \dots, x(n-p+1)]^T$$

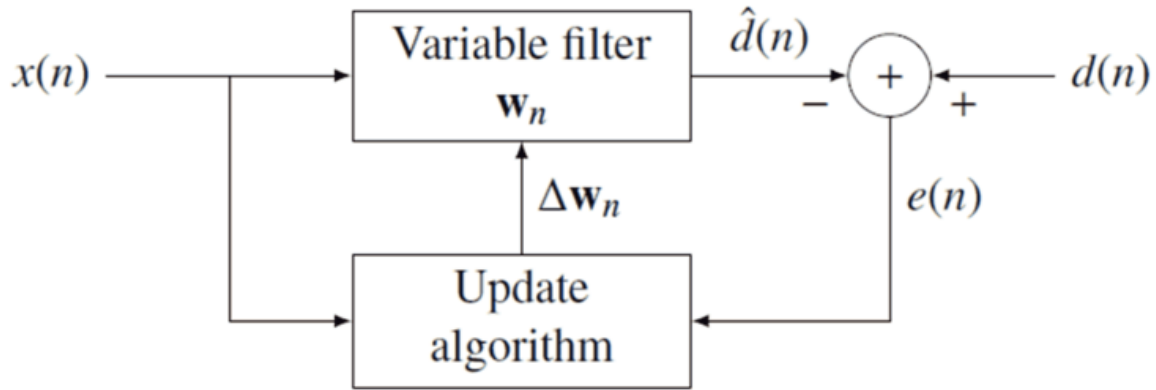
$$e(n) = d(n) - \hat{\mathbf{h}}^H(n) \mathbf{x}(n)$$

$$\hat{\mathbf{h}}(n+1) = \hat{\mathbf{h}}(n) + \mu e^*(n) \mathbf{x}(n)$$

2.3 RECURSIVE LEAST SQUARES

Özyinelemeli en küçük kareler (RLS), giriş sinyalleriyle ilgili ağırlıklı bir doğrusal en küçük kareler maliyet işlevini en aza indiren katsayıları tekrarlayan bir şekilde belirleyen uyarlamalı bir filtre algoritmasıdır. Bu yaklaşım, ortalama kare hatasını azaltmayı amaçlayan en küçük ortalama kareler (LMS) gibi diğer algoritmaların aksinedir. RLS'nin türetilmesinde, giriş sinyalleri deterministik, LMS ve benzer algoritmalar için ise stokastik kabul edilir. Rakiplerinin çoğuyla karşılaştırıldığında, RLS son derece hızlı yakınsama sergilemektedir. Bununla birlikte, bu fayda yüksek işlemsel karmaşıklık pahasına gelir.

RLS algoritmasının çalışma prensibi şekil – 4'te görüldüğü gibidir.



Şekil – 4, RLS Algoritması

P'nci dereceden bir RLS filtresinin algoritması şu şekilde özetlenebilir,

Parameters: p = filter order

λ = forgetting factor

δ = value to initialize $\mathbf{P}(0)$

Initialization: $\mathbf{w}(n) = 0$,

$x(k) = 0, k = -p, \dots, -1$,

$d(k) = 0, k = -p, \dots, -1$

$\mathbf{P}(0) = \delta I$ where I is the [identity matrix](#) of rank $p + 1$

Computation: For $n = 1, 2, \dots$

$$\mathbf{x}(n) = \begin{bmatrix} x(n) \\ x(n-1) \\ \vdots \\ x(n-p) \end{bmatrix}$$

$$\alpha(n) = d(n) - \mathbf{x}^T(n)\mathbf{w}(n-1)$$

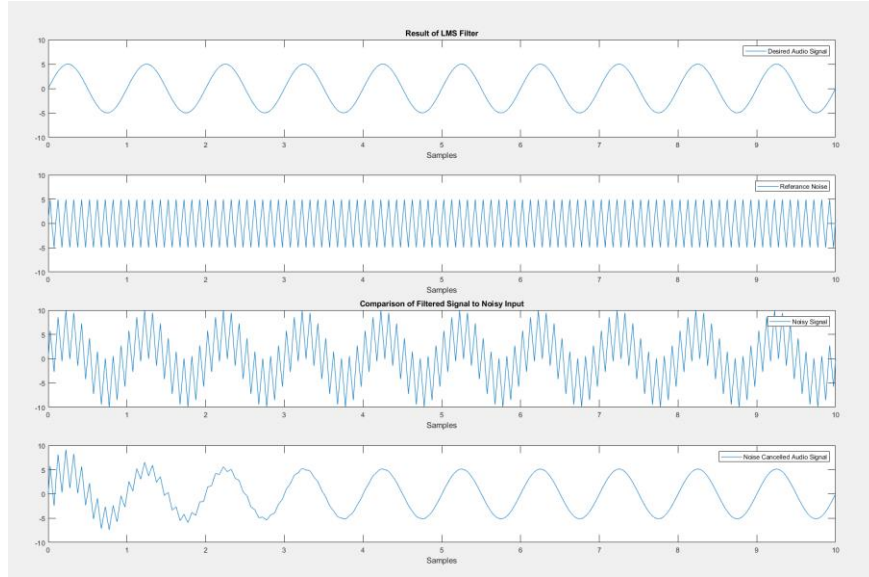
$$\mathbf{g}(n) = \mathbf{P}(n-1)\mathbf{x}(n)\{\lambda + \mathbf{x}^T(n)\mathbf{P}(n-1)\mathbf{x}(n)\}^{-1}$$

$$\mathbf{P}(n) = \lambda^{-1}\mathbf{P}(n-1) - \mathbf{g}(n)\mathbf{x}^T(n)\lambda^{-1}\mathbf{P}(n-1)$$

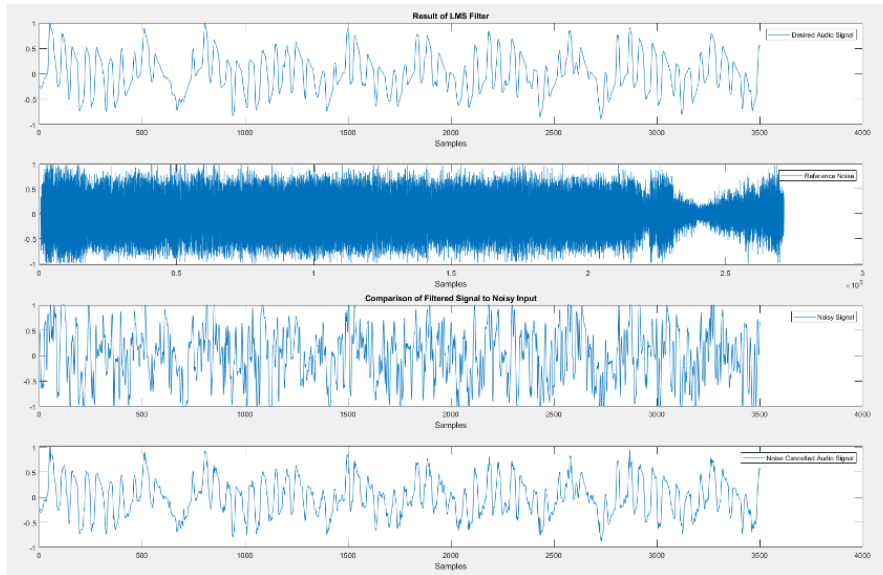
$$\mathbf{w}(n) = \mathbf{w}(n-1) + \alpha(n)\mathbf{g}(n).$$

3. SONUÇ VE YORUM

2. bölümde bahsedilen LMS algoritması ile tasarlanan filtrenin kullanımı sonucunda elde edilen sonuçlar şekil – 5 ve şekil – 6’da görüldüğü gibidir.

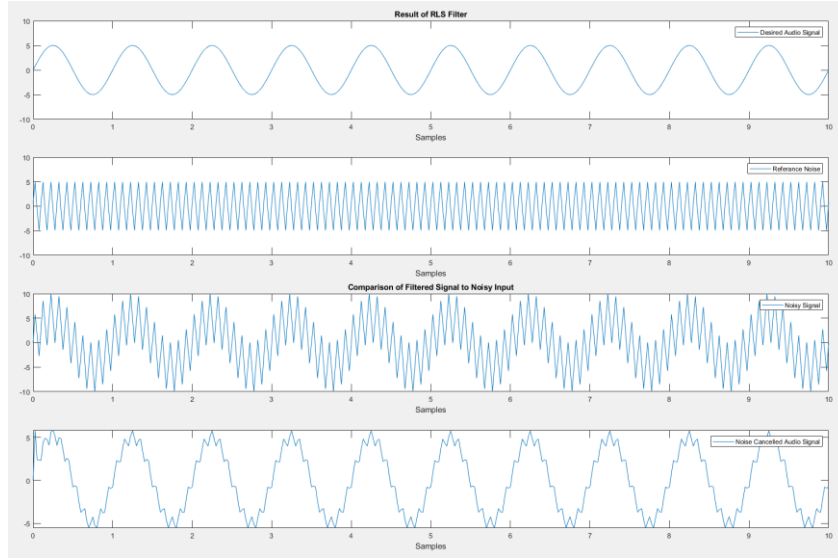


Şekil – 5, LMS Algoritması ve Sinüs Sinyali

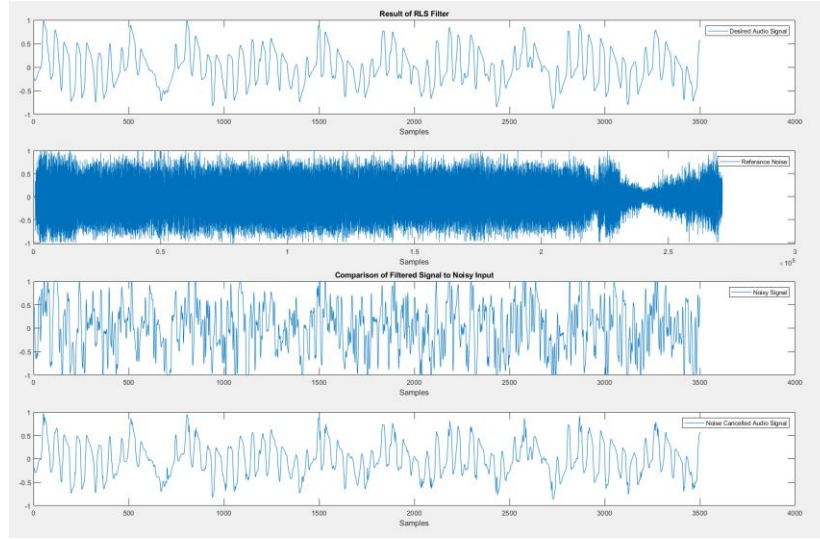


Şekil – 6, LMS Algoritması ve Gürültülü Ses İşareti

2. bölümde bahsedilen LMS algoritması ile tasarlanan filtrenin kullanımı sonucunda elde edilen sonuçlar şekil – 7 ve şekil – 8’de görüldüğü gibidir.



Şekil – 7, RLS Algoritması ve Sinüs İşareti



Şekil – 8, RLS Algoritması ve Gürültülü Ses Sinyali

LMS ve RLS ile tasarlanmış filtrelerden geçen ses işaretlerini karşılaştırdığımızda LMS algoritmasının düzgün periyodik işaretlerde RLS’e göre zamanla daha doğru yaklaşımlar verdiğini gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra mikrofona kullanılarak kayıtlı edilmiş gürültülü bir işaret üzerindeki (düzgün olmayan aperiodyk işaret) gürültüyü azaltmada RLS algoritmasının LMS algoritmasına göre arzulanan sonuca daha yakın bir işaret çıktısı verdiğini gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] www.wikipedia.com
- [2] S. Haykin, Adaptive Filter Theory, 4th Ed., Prentice Hall, Upper Saddle River, 2002.
- [3] S. Haykin, Adaptive Filter Theory 3rd Ed., Prentice Hall, Upper Saddle River, 1996.
- [4] B. F. Boroujeny, Adaptive Filters: Theory and Applications, JohnWiley, BaffinsLane, Chichester, 1998.
- [4] S. Haykin, Adaptive Filter Theory 5th Ed., 2014.