

**İNTERNET PROTOKOLÜ ÜZERİNDEN SES İLETİMİ
VE
UYARLAMALI YANKI YOK ETME**

Yaşar GÜNBULUT

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EKİM 2006
ANKARA**

Yaşar GÜNBULUT tarafından hazırlanan İNTERNET PROTOKOLÜ ÜZERİNDEN
SES İLETİMİ VE UYARLAMALI YANKI YOK ETME adlı bu tezin Yüksek
Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Fadıl ÇELİKKOL

Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy çokluğu ile Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Anabilim Dalında Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan. : Doç. Dr. Osman GÜRDAL

Üye : Yrd. Doç. Dr. Fadıl ÇELİKKOL

Üye : Öğr. Gör. Dr. Nursel AKÇAM

Üye : _____

Üye : _____

Tarih : 25/09/2006

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Yaşar GÜNBULUT

İNTERNET ÜZERİNDEN SES İLETİMİ
VE
UYARLAMALI YANKI YOK ETME
(Yüksek Lisans Tezi)

Yaşar GÜNBULUT

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Ekim 2006

ÖZET

İnternet üzerinden ses iletimi (VOIP), paket anahtarlama şebekelerin bir uygulaması olup gün geçtikçe bilinen heberleşme sistemlerinin yerini almaktadır.

IP ağında haberleşmenin sağlandığı bu VOIP uygulamalarında ses bilgisi, uygulanan bazı tekniklerle sayısal hale getirilir ve sıkıştırılır. Sıkıştırılan bu bilgiler bir paketin içine konularak alıcıya iletilir. Alıcı ise aldığı paketi çözümleyerek ses sinyalini elde eder. Böylece haberleşme sağlanmış olur. Bu haberleşmenin kalitesini etkileyen bazı faktörler vardır. Bunlar sıralama hatası, paket kaybı, paketlerin farklı zaman aralıklarıyla alıcıya ulaşması (jitter) ve yankıdır. Yankı sadece VOIP sistemlerinde değil, çoğu telefon haberleşmesinde karşılaşılan bir sorundur.

Bu çalışmada, bazı süzme yöntemleri incelenmiş, yankının azaltılması ve daha kaliteli iletişimin nasıl sağlanabileceği konusunda bazı gelişmeler kaydedilmiştir.

Bilim Kodu : 905.1.053
Anahtar Kelimeler : Yankı, uyarlamalı, süzgeç, ses
Sayfa Adedi : 65
Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Fadıl ÇELİKKOL

**VOICE OVER INTERNET PROTOCOL
AND
ADAPTIVE ECHO CANCELLATION
(M.Sc. Thesis)**

Yaşar GÜNBULUT

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
October 2006**

ABSTRACT

Voice Over Internet Protocol is an application of packet switching network and it is taking the place of current telecommunication systems day by day.

The voice data in these VOIP applications which provides the communication in the IP network, is converted to digital and compressed. These compressed data are put in a packet and transmitted to the receiver . So, the communication is achieved. There are some factors reduce communication quality. These are error in sequence, packet loss, jitter and echo. Echo is not only a problem for VOIP systems but also a problem for most of telephone communications.

In this study, some filtering techniques are examined. Some improvements has been made about echo cancellation and obtaining a high quality communication.

Science Code : 905.1.053

Key Words : Echo, adaptive, filter, voice

Page Number : 65

Adviser : Yrd. Doç. Dr. Fadıl ÇELİKKOL

TEŞEKKÜR

Yaptığım çalışmalar boyunca yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Gazi Üniversitesi öğretim görevlilerinden Öğr. Gör. Dr. Nursel AKÇAM'a, Yrd. Doç. Dr. Fadıl ÇELİKKOL'a, her zaman çalışmalarımı destekleyen KAREL-ARGE Tasarım Destek Bölümü'ndeki çalışma arkadaşlarıma ve aileme teşekkür etmeyi borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. ŞEBEKE TEKNOLOJİLERİ VE KATMANLAR.....	4
2.1. Şebeke Teknolojileri.....	4
2.1.1. Devre anahtarlama ağı (Circuit switching network).....	4
2.1.2. Paket anahtarlama ağı (Packet switching network).....	4
2.2. Katman Topolojisi	6
2.2.1. OSI katmanları.....	6
2.2.2. TCP/IP katmanları (Transmission Control Protocol)	8
3. IP VE VOIP	10
3.1. IP (İnternet Protokolü).....	10
3.1.1. IP paket yapısı	10
3.1.2. IP iletimi.....	13
3.2. H323 Protokolü ve İşlevleri	15
3.2.1. H323'ün birimleri	16

Sayfa

3.3. Voice Over IP (IP Üzerinden Ses İletimi)	19
3.3.1. VOIP çalışma prensibi	19
3.3.2. VOIP avantajlar-dezavantajlar	21
3.3.3. VOIP protokolleri	22
3.4. VOIP Uygulamaları	24
3.4.1. Bilgisayardan bilgisayara iletişim.....	24
3.4.2. Telefondan bilgisayara ve bilgisayardan telefona iletişim.....	24
3.4.3. Telefondan telefona iletişim.....	25
3.5. VOIP'te QoS-Quality Of Service (Hizmet Kalitesi)	25
3.5.1. Gecikme	25
3.5.2. Jitter.....	26
3.5.3. Paket kaybı	26
3.5.4. Yankı (Echo)	26
3.5.5. Sıralama hatası.....	27
4. YANKI (ECHO)	28
4.1. Yankı.....	28
4.2. Yankı Türleri.....	28
4.2.1. Melez yankı (Hybrid Eko).....	28
4.2.2. Akustik yankı.....	29
5. UYARLAMALI SÜZME TEKNİĞİ İLE YANKI YOK EDİLMESİ	31
5.1. Süzgeç	31
5.2. FIR (Sonlu Darbe Yanıtı) ve IIR (Sonsuz Darbe Yanıtı) Süzgeçlerin Karşılaştırılması	31

	Sayfa
5.3. Uyarlamalı Süzme	32
5.4. Uyarlamalı Süzme Algoritmaları.....	35
5.4.1. LMS yöntemi.....	36
5.4.1. LMS yöntemi.....	40
5.4.3. RLS (Yinelemeli en küçük kareler) yöntemi	41
6. MATLAB BENZEŞİMLERİ	44
6.1. LMS Algoritması Benzeşimi	44
6.2. NLMS Algoritması Benzeşimi.....	47
7. SONUÇ	50
KAYNAKLAR.....	52
EKLER	54
EK-1 Matlab benzeşim kodları.....	55
EK-2 Sözlük	63
ÖZGEÇMİŞ.....	65

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. H323 protokoleri	15
Çizelge 3.2. Ses kodlama birimleri.....	23

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. OSI katmanları	6
Şekil 2.2. TCP/IP katmanları.....	8
Şekil 3.1. IP paket yapısı.....	10
Şekil 3.2. Ipv6 IP numarası çevrim örneği.....	12
Şekil 3.3. Ipv6 paket yapısı	13
Şekil 3.4. TCP/IP paket yapısı.....	14
Şekil 3.5. UDP/IP paket yapısı	14
Şekil 3.6. H323 protokol yapısı.....	16
Şekil.3.7. H323 ve birimleri	16
Şekil 3.8. GK kullanılmadan sinyalleşme	17
Şekil 3.9. GK kullanılarak sinyalleşme.....	18
Şekil 3.10. GW görevleri	18
Şekil 3.11. Vericiden alıcıya ses.....	19
Şekil 3.12. Telefon-bilgisayar uygulaması.....	24
Şekil 3.13. Paketlerin farklı zaman aralıklarına alıcıya ulaşması (Jitter) örneği.....	26
Şekil 3.14. Paket kaybı örneği	26
Şekil 3.15. Sıralama hatası örneği	27
Şekil 4.1. Melez yankı	28
Şekil 4.2. Akustik yankı	29
Şekil 4.3. Akustik yankı oluşumunun gösterimi	30
Şekil 5.1. Uygulamalı süzme ile yankı yok etme	32
Şekil 5.2. Uyarlamalı yankı yok etmenin öbek resmi.....	34

Şekil	Sayfa
Şekil 5.3. Santral sistemlerinde uyarlamalı yankı yok etme	34
Şekil 5.4. Uyarlamalı süzgeç yapısını öbek resmi.....	35
Şekil 5.5. LMS ile süzme	36
Şekil 5.6. Hatanın süzgeç katsayılarına bağımlılık fonksiyonu	37
Şekil 5.7. Farklı adım büyüklüklerien göre hatanın değişimi	39
Şekil 6.1. LMS yönteminde yanık sinyali ve hata sinyali.....	43
Şekil 6.2. LMS yönteminde yanık sinyalinin dB cinsinden azalması	45
Şekil 6.3. LMS yönteminde farklı düzeltme adımlarına göre uyarlamalı süzgeç darbe cevapları.....	46
Şekil 6.4. NLMS yönteminde yankı sinyali ve hata sinyali.....	47
Şekil 6.5. NLMS yönteminde yankı sinyalinin dB cinsinden azalması.....	48
Şekil 6.6. NLMS yönteminde farklı düzeltme adımlarına göre uyarlamalı süzgeç darbe cevapları.....	49

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılan bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
dB	Desibel
Kbps	Veri hız birimi

Kısaltmalar	Açıklama
ADPCM	Adaptive Pulse Code Modulation (Uyarlamalı Darbe Kodlu Bindirme)
ARP	Adres Resolution Protocol (Adres Çözümleme Protokolü)
ATM	Asynchronous Transfer Mode (Asenkron İletim Şekli)
CELP	Code Excited Linear Prediction (Kod Uyarmalı Doğrusal Tahmin)
CODEC	Coder-decoder (Kodlayıcı-Çözücü)
DECT	Digital Enhanced Cordless Telephone (Geliştirilmiş Kablosuz Sayısal Telefon)
DF	Don't Fragment (Parçalara Ayırma)
DNS	Domain Name Server (Alan Adı Sunucusu)
FR	Frame Relay (Çerçeve Aktarıcı)
FTP	File Transfer Protocol (Dosya Transfer Protokolü)

Kısaltmalar	Açıklama
GK	Gatekeeper (Ağ Kapı Sorumlusu)
GW	Gateway (Ağ Geçidi)
ICMP	Internet Call Management Protocol (İnternet Çağrı Yönetimi Protokolü)
ID	Identifier (Tanımlayıcı)
IGMP	Internet Group Management Protocol (İnternet Grup Yönetimi Protokolü)
IMTC	International Multimedia Teleconferencing Concortium (Uluslararası Çoklu Ortam Telekonferans Konsorsiyumu)
IP	Internet Protocol (İnternet Protokolü)
ISDN	Integrated Services Digital Network (Tümleşik Hizmetler Sayısal Şebekesi)
ISO	International Standards Organization (Uluslararası Standartlar Kurumu)
ITU	International Telecommunication Union (Uluslararası Telyankımünikasyon Birliği)
LAN	Local Area Network (Yerel Alan Şebekesi)
LMS	Least Mean Square (En Küçük Ortalamalar Karesi)
MATLAB	Matrix Laboratory (Matris Laboratuvarı)
MP	Multi Processor (Çok Uçlu İşlemci)

Kısaltmalar	Açıklama
MC	Multi Controller (Çok Uçlu Kontrolcü)
MCU	Multi Control Unit (Çoklu Kontrol Ünitesi)
MF	More Fragment (Daha Fazla Parçalanmalı)
NLMS	Normalized Least Mean Square (Normalize Edilmiş En Küçük Kareler Yöntemi)
OSI	Open System Interconnection (Açık Sistemler Bağlantısı)
QoS	Quality of Service (Hizmet Kalitesi)
PBX	Private Branch Exchange (Özel Bölüm Santralı)
PC	Personel Computer (Kişisel Bilgisayar)
PCM	Pulse Code Modulation (Darbe Kodlu Bindirme)
PSTN	Public Switch Telephone Network (Kamu Bağlaşmalı Telefon Şebekesi)
PVC	Permanent Virtual Circuit (Geçici Sanal Devre)
RIP	Routing Information Protocol (Rota Bilgisi Protokolü)
RLS	Recursive Least Square (Yinelemeli En Küçük Kareler)
RTP	Real Time Transport Protocol (Gerçek Zamanlı Taşıma Protokolü)
RTCP	Real Time Transport Control Protocol (Gerçek Zaman İletim Kontrol Protokolü)

Kısaltmalar	Açıklama
RSVP	Resource Reservation Protocol (Kaynak Saklama Protokolü)
SCN	Switched Circuit Network (Anahtarlanmış Devre Ağı)
SIP	Session Initiation Protocol (Oturum Başlatma Protokolü)
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol (Basit Posta Transfer Protokolü)
SNMP	Simple Network Management Protocol (Basit Ağ Yönetimi Protokolü)
SVC	Stable Virtual Circuit (Sabit Sanal Devre)
TCP	Transmission Control Protocol (İletim Kontrol Protokolü)
TelNet	Telecommunication Network (Haberleşme Ağı)
TOS	Type of Service (Hizmet Tipi)
UDP	User Datagram Protocol (Kullanıcı Doğrulama Paketi Protokolü)
VOIP	Voice Over Internet Protocol (İnternet Protokolü Üzerinden Ses İletimi)
WAN	Wide Area Network (Geniş Alan Şebekesi)

1. GİRİŞ

İnsanların en önemli özelliklerinden biri konuşarak iletişim kurabilmeleridir. Binlerce yıldır insanları diğer canlılardan üstün kılan “konuşabilme” yeteneği kolay ve etkin iletişimi de beraberinde getirmektedir. İletişim kurabilmek ve haberleşebilmek her zaman insanlar için önemliydi. Fakat 2000’li yıllarda sadece haberleşebilmek kimse için yeterli olamamaktadır. Hızlı, kaliteli ve ucuz haberleşmeyi sağlayabilmek gerekmektedir.

90’lı yıllardan beri etkin bir şekilde kullanmaya başladığımız internet teknolojisi, haberleşme için de önemli bir yol açmıştır. Artık insanlar internet üzerinden çok daha ucuz fiyatlara kıtalararası görüşmeler gerçekleştirebilmektedirler. Haberleşmeyi internet üzerinden yapabildiğimiz gibi, aynı zamanda mevcut bilinen telefon santralleri üzerinden de bazı arayüzler ve internet protokolü aracılığıyla da yapılabilmektedir. Fakat internet protokolü üzerinden yapılan haberleşmeler henüz istenilen seviyeye gelememiştir. Bilinen haberleşme altyapılarından farklı bir yapıyla haberleşmeyi gerçekleştiren internet teknolojisi şu anda ses kalitesi problemini henüz aşamamıştır. Bu konuda birçok araştırma ve geliştirme çalışmaları yapılmaya devam etmektedir.

İnternet protokolü üzerinden ses iletiminde, ses kalitesini etkileyen bazı faktörler vardır ve bunlardan en önemlisi yankıdır. Yankıyı yok etmek için de çeşitli uyarlamalı süzme teknikleri kullanılmaktadır. Bu konularda yapılan bazı çalışmalar mevcuttur.

Ankara Üniversitesi’nden Hakan Kaçmaz 2001 yılında “Haberleşme Kanallarında Yankının Etkisi ve İndirgenmesi” isimli bir yüksek lisans tez çalışması yapmıştır. Bu çalışmada, Değişken Adım Büyüklüğüne Sahip Normalize Edilmiş VSNLMS algoritmasının yani değişken adım büyüklüğüne sahip NLMS algoritmasının gelecekteki çalışmalarda daha etkin sonuçlara ulaşmak için kullanılabileceği ve işlem karmaşıklığının azaltılabilmesi için bazı parçalı güncelleme yöntemlerinin kullanılabileceğinden bahsetmiştir [1].

Fırat Üniversitesi'nden Sema Birlikbaş 2000 yılında “Uyarlamalı Dijital Süzme Yapıları, Öğrenme Algoritmaları ve Uygulamaları” isimli yüksek lisans tezi yapmıştır. Bu çalışmada, uyarlamalı süzgeç yapılarını incelenmiş, süzgeçlerin yakınsama davranışları hakkında bilgi verilmiştir. Sonuçta, FIR süzgecinde sınırlı sayıda var olan sıfırlardan dolayı ancak sabit bir değere yakınsayabileceği sonucuna ulaşmıştır [2].

İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği'nden Adil Aşırım'ın yaptığı tez çalışmasında, genel olarak VOIP'in gerekliliği ve faydaları üzerinde durmuştur. Tez kapsamında yaptığı araştırmalarda ANAP Genel Merkezi telefon maliyetlerini incelemiş ve çok yüksek telefon faturalarıyla karşılaşmıştır. Telefon sisteminde aylık ücretlendirme bakımından %90'a yakın kar edileceğini öne sürmüştür. VOIP kurulumu için gerekli donanımsal malzemelerin de normal telefon ücretleri açısından bakıldığında kendisini 3 ay içerisinde amorti edeceğini saptamıştır (Ocak 2002).

İstanbul Teknik Üniversitesi'nden Affan Abazi'nin yapmış olduğu tezde, internet üzerinden ses iletimi için gerekli olan H323 tavsiyesi çok yönlü çoğul ortam uygulamalarını destekleyen standartlardan bahsedilmiş ve VOIP'in telefon servislerinde ve haberleşme şirketlerin yapısını değiştirebileceğine değinilmiştir (Mayıs 2000).

Muğla Üniversitesi İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri'nden İlker Ulaş'ın yapmış olduğu tez çalışmasında günümüzde kullanılan telefon sistemleri ve veri ağlarından bahsedilmiş ve VOIP üzerinde durulmuştur. Muğla Üniversitesi'ndeki yüksekokullar, kampüs ve rektörlük binalarında mevcut telefon santralleri ve mevcut telefonlarıyla kurulan VOIP sistemi incelenmiştir (Haziran 2002).

Bu çalışmanın ilk bölümünde şebeke teknolojileri açıklanmış, Kamu Bağlılamalı Telefon Şebekesi (PSTN) ve paket anahtarlamalı sistemler üzerinde durulmuştur. Katman topolojilerinden Açık Sistemler Bağlantısı (OSI) Katmanları ve İletim Kontrol Protokolü/ İnternet Protokolü (TCP/IP) katmanları açıklanmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde internet protokolü ve IP paket yapısından bahsedilmiştir. Şu an IP paketlerinde kullanılan versiyon 4 yani ipv4'den bahsedilmiş ve gelecekte ipv4'ün yerini alacak ipv6 versiyonu açıklanmıştır. IP iletiminde sıklıkla kullanılan TCP ve Kullanıcı Datagram Protokolü (UDP)'lerden bahsedilmiştir. Garantili iletim yapan TCP ve garantili olmayan iletim yapan ama hızlı olması nedeniyle sıklıkla tercih edilen UDP'den bahsedilmiştir. İnternet iletiminde sıklıkla kullanılan H323 protokolüne değinilmiştir. H323'ün birimleri olan Ağ Kapı Sorumlusu (GK) , Ağ Geçidi (GW), terminaller ve Çoklu Kontrol Ünitesi (MCU)'lara değinilmiştir. Daha sonra internet protokolü üzerinden ses iletimi bölümüne geçilmiştir. İnternet Protokolü Üzerinden Ses İletimi VOIP'in çalışma sisteminden , avantaj ve dezavantajlarından bahsedildikten sonra sık kullanılan bazı protokollerden bahsedilmiştir. VOIP senaryoları olan bilgisayar-telefon varyasyonlarından sonra VOIP'te servis kalitesi faktörlerine değinilmiştir.

Üçüncü bölümde, bu tez kapsamında yapılan uygulama olarak uyarlamalı süzme tekniği ile yankı azaltılması üzerinde durulmuştur. Bu bölümde uyarlamalı süzgeçlerden bahsedildikten sonra blok diyagramları ile şekillendirilmiştir. Uyarlamalı süzme yöntemleri olan LMS ve NLMS anlatıldıktan sonra uygulamaya geçirilmiştir. LMS ve NLMS yöntemleri yankı azaltmada kullanılmış ve MATLAB programında benzeşim olarak gösterilmiştir.

2. ŞEBEKE TEKNOLOJİLERİ VE KATMANLAR

2.1. Şebeke Teknolojileri

Şebeke teknolojilerini devre anahtarlama ve paket anahtarlama olarak iki ana başlık altında incelemek mümkündür. PSTN yani evlerde kullanılan telefon bağlantılarına, İnternet Protokolü (IP) teknolojisini de paket anahtarlama sistemlere örnek göstermek mümkündür.

2.1.1. Devre anahtarlama ağı (Circuit switching network)

Devre anahtarlama sistemlerinde, bağlantı kullanıcılar arasında uçtan uca bir şekilde kurulur. Bağlantı yolu kurulunca iletim başlar, görüşme süresince devam eder, görüşme sonlanınca bağlantı kopar. Bu sistemlerde depolama yoktur, gerçek zamanda haberleşilir. Sayısal telefon santralleri devre anahtarlama olarak çalışır. Bu sistemde kullanıcıların her birine 64 Kbps'lik bir bantgenişliği sağlanır [3].

Devre anahtarlama ağların dezavantajı, her iki tarafta 64 Kbps'lik bağlantı söz konusuysa iki taraf aynı anda konuşmadığından ve arada boşluklar olduğundan bantgenişliği yarıdan çok daha az verimle kullanılır. Sadece iki taraf arasında bağlantı yapıldığından bu boş kalan bantgenişliğini başka konuşmalarla doldurmak söz konusu olamaz .

Bu tip ağların avantajı ise bantgenişliğinin sabit olması ve sadece iki kullanıcıya tahsis edilmiş olmasıdır, dolayısıyla iki taraf arasındaki bağlantı kalitesi değişmez.

2.1.2. Paket anahtarlama ağı (Packet switching network)

VOIP uygulamaları, paket anahtarlama ağlara örnek olarak gösterilebilir. Paket anahtarlama ağlarda iletilecek olan mesaj, alıcıya paketler halinde gönderilir. Paketlerin formatında sıralama bilgisi ve adresleme bilgisi gibi paketin alıcıya ulaşmasını sağlayacak veriler mevcuttur. İki taraf arasındaki ağı bir havuz gibi düşünecek olursak gönderen paketleri havuza atar. Havuzda bulunan çeşitli paketler de gideceği adres ve sıra bilgisi mevcut olduğundan alıcıya yönlendirilir, alıcı da bu paketleri kontrol ederek alır. Havuz çok doluyorsa ve yoğunluk varsa paketler karşı

tarafa gecikmeyle, paketler arasında zaman farkıyla (jitter) ya da sıralama bozukluklarıyla iletilir.

Paket anahtarlama ağıların dezavantajı ise, gecikme, sıralama hatası ve yankı gibi konuşmanın kalitesini etkileyecek faktörlerin bulunmasıdır.

Bu tip ağlar, sabit bir kurulum ve o hattın sürekli meşgul edilmesini gerektirmediğinden, avantajlıdır.

Paket anahtarlama ağlarda 3 tane ucuz ve az bant genişliğini kullanan teknolojiye söz edilebilir. Bunlar IP, Çerçeve Aktarıcı (FR) ve Asenkron İletim şekli (ATM)'dir.

IP (Internet Protocol)

3.seviyede çalıştığından dolayı ATM ve FR'nin yeteneklerine sahip olabileceği de söylenebilir. Şebeke içinde alıcıya farklı yollardan ulaşabilir. Bir yolda hata oluşmuşsa farklı yollar kullanarak adrese ulaşabilirler. Paketlerde sıralama ya da gecikme sorunları yaşanabilir. RTP (Gerçek Zamanlı Protokol) ses ve görüntü uygulamalarında kullanılır. TCP ya da UDP oturum başlatma ve iletim için kullanılır.

FR (Frame Relay)

Daha geniş alan ağlarına (WAN) daha ucuz ulaşmayı hedefleyen bir teknolojidir. FR'de ses, görüntü ve bilgi gibi mesajlar belirli çerçevelere konularak anahtarlanır. X25 ve Tümlüştük Hizmetler Sayısal Şebekesi (ISDN) standartlarına dayanır.

FR alt katmanlar seviyesinde başlıca 3 isteği karşılayan sanal-devre teknolojisidir. Bunlar [4]:

- Düşük maliyete yüksek veri oranı
- Değişken veri (o andaki talebe göre)
- Geliştirilmiş iletim ortamı

IP'nin aksine sıralama ve adresleme bilgileri içermezler. Geçici Sanal Devre (PVC) ve Sabit Sanal Devrelerini (SVC) desteklerler. VOIP'e göre daha fazla bant genişliğine

sahiptirler. Paketler farklı hızlarda olabileceğinden tıkanıklığı önlemek de mümkün olabilir.

ATM (Asynchronous Transfer Mode)

Bağlantı merkezli bir teknolojidir. Daha çok uzak alan uygulamalarında ses ve görüntü iletiminin gerçekleştirilmesini hedefler. Hızlı olmak gibi bir hedefi vardır.

2.2. Katman Topolojisi

Katmanlar, aralarındaki bağlantılar bilinen, birbirleriyle iletişim halinde olan katlı yapılardır.

2.2.1. OSI katmanları

Uluslararası Standartlar Kurumu (ISO) haberleşmenin belli protokollerle sağlanması amacıyla 1980’li yıllarda OSI modelini belirlemiştir. OSI modeli 7 katmandan oluşmaktadır (Şekil 2.1).

7.	Uygulama Katmanı (Application Layer)
6.	Sunum Katmanı (Presentation Layer)
5.	Oturum Katmanı (Session Layer)
4.	Ulaşım Katmanı (Transport Layer)
3.	Ağ Katmanı (Network Layer)
2.	Veri bağı Katmanı (Data Link Layer)
1.	Fiziksel Katman (Physical Layer)

Şekil.2.1. OSI katmanları

Fiziksel Katman (Physical Layer)

Fiziksel katman adından da anlaşılacağı gibi fiziksel bağlantıdan sorumludur. OSI katmanları arasında en altta bulunur. Sistemdeki kablolama, konnektörler ve mekanik

bağlantılar fiziksel katmanda bulunur. Ağ (Network) kablosu ile ağ bağlantısı sağlanır. Karşıdaki bilgisayarla asıl olarak fiziksel katman haberleşmesi sağlanır. Verileri bitler halinde iletilir.

Veri İletimi Katmanı (Data Link Layer)

Veri akışının kontrolünden sorumlu olan katmandır. İletilecek olan mesajı oluşturur, kontrol eder ve mesajın karşı tarafa düzgün bir biçimde gidip gitmediğini kontrol eder.

Ağ Katmanı (Network Layer)

Ağ katmanı, mesajın karşı tarafa iletilebilmesi için en uygun fiziksel yolu bulmaktan sorumludur. Örneğin IP adreslemesi bu katmanın görevidir. Gönderenin ve alıcının adresleri bilinirse yön tayin edilmiş olur.

Taşıma Katmanı (Transport Layer)

Ağ katmanının tamamlayıcısı olarak çalıştığı söylenebilir. Taşıma katmanı , iletilen paketlerin düzeltilmesinden sorumlu değildir. Sadece dağıtımı yapmakla yükümlüdür. Ağ katmanından paketleri alır bağlantı kurulumunu yapar, iletii gönderir ve bağlantıyı koparır. Üst katmanlardan aldığı paketleri alt katmanlara uygun biçimde iletir.

Oturum Katmanı (Session Layer)

Oturum katmanı, sunum katmanı ile bağlantıyı sağlar. Bağlantıyı kurar, iletimi sağlar, bağlantıyı koparır. Hatalı veri iletimi varsa bunları düzeltip tekrar yollamaktan da sorumludur.

Sunum Katmanı (Presentation Layer)

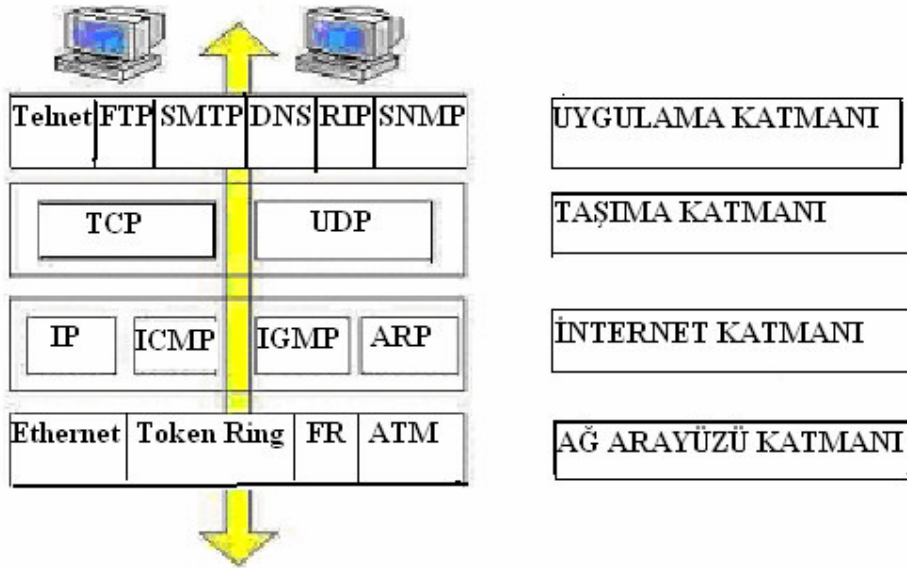
Sunum katmanında verinin çevrilmesi işlemi yapılır. Verinin işlenmesi, yapısının düzenlenmesi ve uygulama katmanı tarafından anlaşılabilir hale getirilmesinden sorumludur. Bu katmanda ayrıca şifreleme, şifrenin okunması ve veri sıkıştırması işlemleri de yapılır.

Uygulama Katmanı (Application Layer)

Kullanıcıya en yakın olan katman uygulama katmanıdır. Uygulamaların ağ üzerinde çalışmasını sağlayan bu katman elektronik posta, web ve veritabanı gibi uygulamalarla kullanıcıya hizmet sunar.

2.2.2. TCP/IP katmanları (Transmission Control Protocol)

TCP/IP 1970'lerde ABD Savunma sanayisi tarafından geliştirilmiştir. Bağlantı merkezli ve güvenilir iletim sağlayan bir yapıya sahiptir. TCP/IP katmanları OSI katmanlarına benzer. OSI'de 7 adet katman olmasına rağmen TCP/IP'de 4 adet katman bulunmaktadır. Fakat her iki yapıda da karşılıklı iki cihazın fiziksel bağlantısından haberleşmesine kadar olan işlevler eksiksiz olarak yerine getirilmektedir. TCP/IP katmanları ve bu katmanlarda hangi protokoller kullanıldığı Şekil 2.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. TCP/IP katmanları

Ağ Arayüz Katmanı

OSI katmanlarından fiziksel katman ve veri iletimi katmanlarının görevini yapar. Fiziksel bağlantıların bulunduğu ve ağ ile veri iletiminin yapıldığı katmandır.

İnternet Katmanı

Bu katmanın alt protokolleri IP, Adres Çözümleme Protokolü (ARP), İnternet Çağrı Yönetimi Protokolü (ICMP) ve İnternet Grup Yönetimi Protokolü (IGMP)'dir. Bu katman adres çevrimleri paket ulaşımı kontrolü ve yönlendirme işlemlerine olanak sağlar. Bu katmanın alt protokolleri ile ilgili açıklamalar EK-2'de verilmiştir.

Taşıma Katmanı

Kullanıcılar arası veri transferi, transferin başarısı ve başarısızlık durumunda geribildirim bu katman tarafından yapılır. Taşıma katmanı protokolleri TCP ve UDP'dir.

TCP ve UDP ile ilgili daha geniş bilgi 3.bölümde verilmiştir.

Uygulama Katmanı

Alt protokolleri FTP, STMP, Telnet, DNS, RIP ve SNMP'dir.

3. IP VE VOIP

3.1. IP (İnternet Protokolü)

3.1.1. IP paket yapısı

1.Bit	4.bit	8.bit	16.bit	32.bit
SÜRÜM (VERSİYON)	BAŞLIK UZUNLUĞU	SERVİS TİPİ (TOS)	TOPLAM UZUNLUK	
TANITICI (ID)		BAYRAK (FLAGS)	PARÇA NO (FRAGMENT OFFSET)	
YAŞAM SÜRESİ (TIME TO LIVE)		PROTOKOL	BAŞLIK KONTROLÜ (HEADER CHECKSUM)	
KAYNAK ADRESİ (SOURCE ADDRESS)				
HEDEF ADRESİ (DESTINATION ADDRESS)				
SEÇENEKLER (OPTIONS)				
VERİ (DATA)				

Şekil 3.1. IP paket yapısı

Şekil 3.1’de IP paket yapısı ve bu yapının içeriği gözlenebilmektedir.

Tanıtıcı(ID): Parçalanmış paketlerin tekrar birleştirilmesi için kullanılır.

Bayrak: 3 bitten oluşur. 0 DF MF şeklindedir.

DF-> Don’t Fragment yani paket parçalanmamalı anlamına gelir.

MF-> More Fragment yani aynı pakete ait başka parçanın gelip gelmeyeceğini gösterir.

Sürüm: ipv4 protokolünün mü yoksa ipv6 protokolünün mü kullanıldığını belirtir.

Başlık Uzunluğu: 32 bitlik bölümler halinde internet başlık bilgisini belirtir.

Toplam Uzunluk: IP paketinin toplam uzunluğunu byte cinsinden verir. 16 bitlik bir alan olduğunu göz önüne alırsak ve hepsinin 1 olduğu durumu düşünürsek maksimum 65535 olarak belirlenir.

Yaşam Süresi: Paket her düğüme ulaştığında yaşam süresi sayacı bir azalır. 0 olduğunda paket iletimi son bulur.

Protokol: Üst katmanda hangi protokolün kullanıldığını belirtir.

Başlık Kontrolü: Paketin başlığında herhangi bir hata olup olmadığını belirler.

Seçenekler: Bazı özelliklerin desteklenip desteklenmediğini belirtir. (Kaynak bilgileri, güvenlik gibi)

Hedef Adresi: Paketin gitmesini istediğimiz adres.

Kaynak Adresi: Paketin hangi kaynaktan çıktığını ve nereden gönderildiğini belirten adres.

Parça No: Parçalanmış paketlerin tekrar birleştirilmesini sağlar.

Servis Tipi: Hizmet kalitesini sağlamayı amaçlar. Bir üst katmanda hangi protokolün kullanılması gerektiği de önemlidir.

Ipv4

Ipv4 şu anda ve sıklıkla kullandığımız adresleme tipidir. Versiyon (sürüm) kısmı Ipv4'ün belirtildiği yerdir.

Ipv4'te 32 bitlik ağ adresi 4 parçaya bölünür ve 8 bitlik yani 1'er byte'lık parçalar halinde ifade edilir.

Örnek: 00100001.10000110.11000001.00000011

33 . 134 . 193 . 3

Adres: 33.134.193.3'tür.

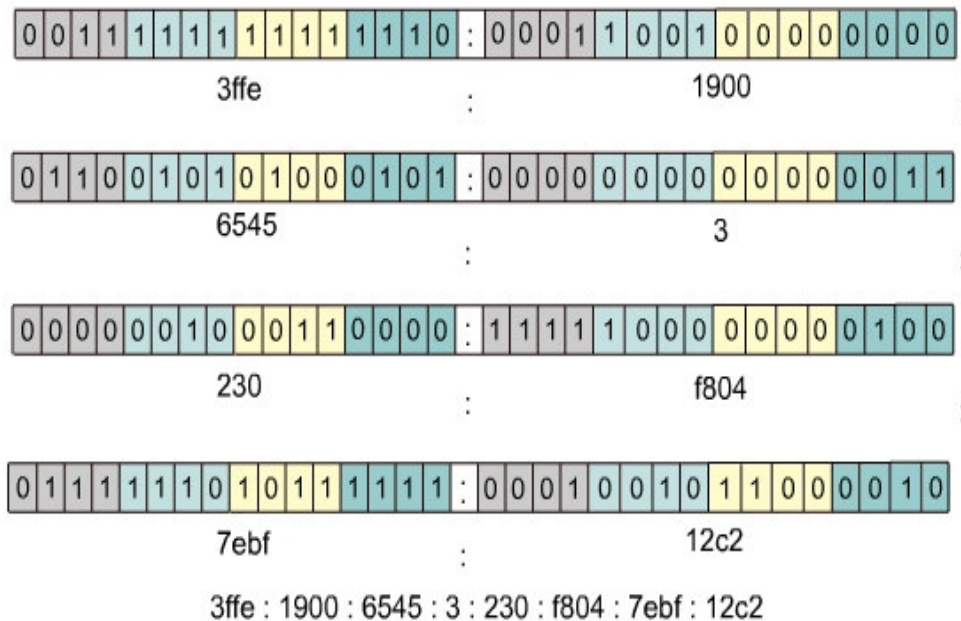
32 bitlik yere sahip olduğunda maksimum ; $2^{32}=4,294,967,296$ adet gerçek IP bu sistemde yer alabilir.

Ipv6

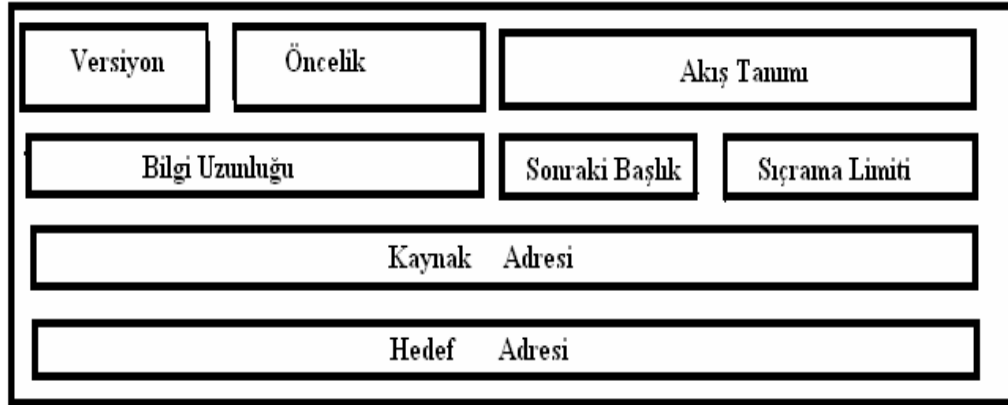
Ipv6 iki çeşit olarak ele alınabilir. Birincisi bağ içi (link-local) iletim, diğeri ise evrensel (global) iletimdir. Bağ içi iletimde diğer bağlarla bağlantı söz konusu değildir, özel amaçlara hitap ederler. Evrensel iletimde ise bağlar arası iletim söz konusudur ve daha genel bir yapıya sahip olduğu söylenebilir .

Ipv6 son dönemlerde yavaş yavaş ipv4'ün yerini almaya başlamıştır. Ipv6 başlık kapsamı olarak ipv4'ün iki katı yer kaplar. Ipv6 paket yapısı Şekil 3.3'te gösterilmiştir.

128 bitlik ağ adresi 16 bitlik 8 parçaya bölünerek ifade edilir. Bu adres hexadecimal yani 16'lık olarak ifade edilir ve her 16'lık sayıdan sonra ":" işareti yazılır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Ipv6 IP numarası çevrim örneği [5]



Şekil 3.3. Ipv6 paket yapısı

Sonraki Başlık (Next Header): Üst katmandaki başlığı ifade eder.

Sıçrama Limiti (Hop Limit): Paketin kaç sıçrama yapabileceğini, yani kaç düğümden geçebileceğini gösterir.

3.1.2. IP iletimi

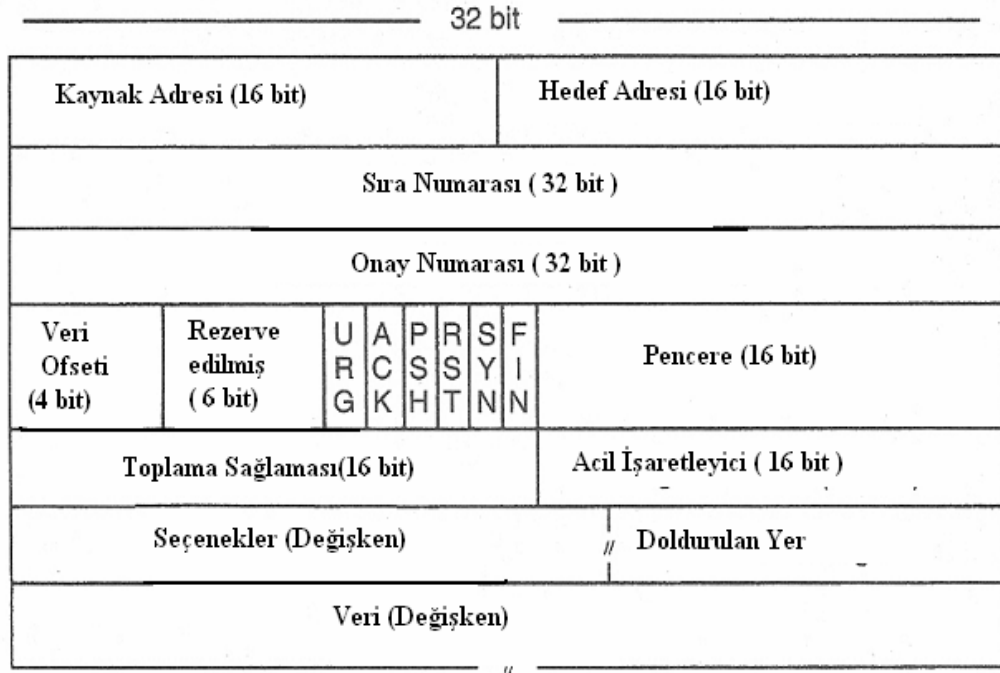
IP iletiminde paketler taşınırken karşımıza çıkan iki önemli protokol vardır. Bunlar UDP ve TCP'dir. Taşıma katmanında bulunan bu protokoller, bakıldığında farklı özelliklere sahiptirler. Bu protokoller aşağıda daha detaylı şekilde açıklanmıştır.

TCP

Güvenli, etkili ve bağlantı merkezli bir iletim yapısına sahiptir. İletimin başarılı olup olmadığını kontrol eder, başarılı değilse tekrar gönderim yapar. Bu özellikler TCP'nin pozitif özelliklerindendir ama aynı zamanda UDP'ye göre daha yavaş olmasına sebep olmaktadır. TCP/IP paket yapısı Şekil 3.4'te gösterilmiştir.

TCP gerçek zamanlı veri iletimi için uygun değildir. Çünkü;

- Bağlantı tabanlı olduğu için video konferansı gibi uygulamalarda kullanılmaz.
- Tekrar gönderim yapması zaman kaymalarına neden olur.

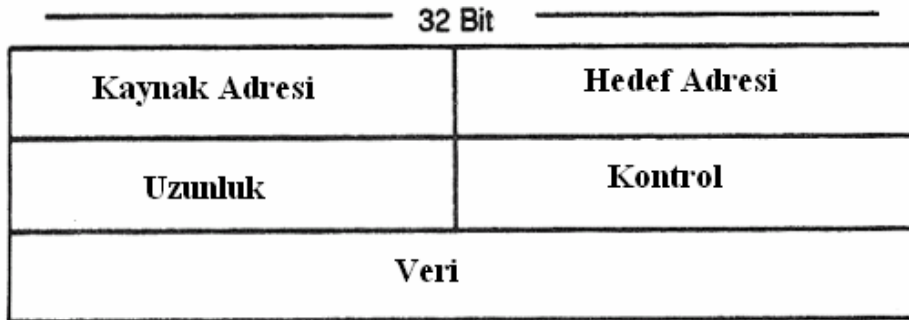


Şekil 3.4. TCP/IP paket yapısı [6]

UDP

Görüntü ve ses gibi daha fazla bilgi içeren uygulamaların taşınmasında hız bir gereksinim olduğundan çoğunlukla tercih edilir. Fakat iletimin yapılıp yapılmadığını ve bağlantı olup olmadığını kontrol etmediğinden güvenilir bir protokol denilemez. Kaybolan paketleri yeniden iletmek ya da sıralamayı gerçekleştirmek gibi görevleri yoktur. Veriyi kontrol eder ve kanallara dağıtır .

UDP/IP paket yapısı Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.5. UDP/IP paket yapısı [6]

3.2. H323 Protokolü ve İşlevleri

Çoklu media iletişim sistemlerini tanımlayan, paket tabanlı bir ITU-T standartıdır.

H323, ITU tarafından çoklu media iletişim sistemlerini IP üzerinden iletimini sağlaması amacıyla geliştirilmiş bir protokoldür .

H323, aynı zamanda birçok protokolü de içinde barındırır. İşaretleşme protokolleri (H245 , H225), ses protokolleri (G7xx), görüntü protokolleri (H26x), taşıma protokolleri (RTP) ve çoklu ortam haberleşmesi protokolleri (T12x).

Çizelge 3.1’de görüntü, ses, veri ve iletimde kullanılan protokoller gösterilmiştir. Şekil 3.6’da ise H323’ün protokol yapısı gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. H323 protokolleri

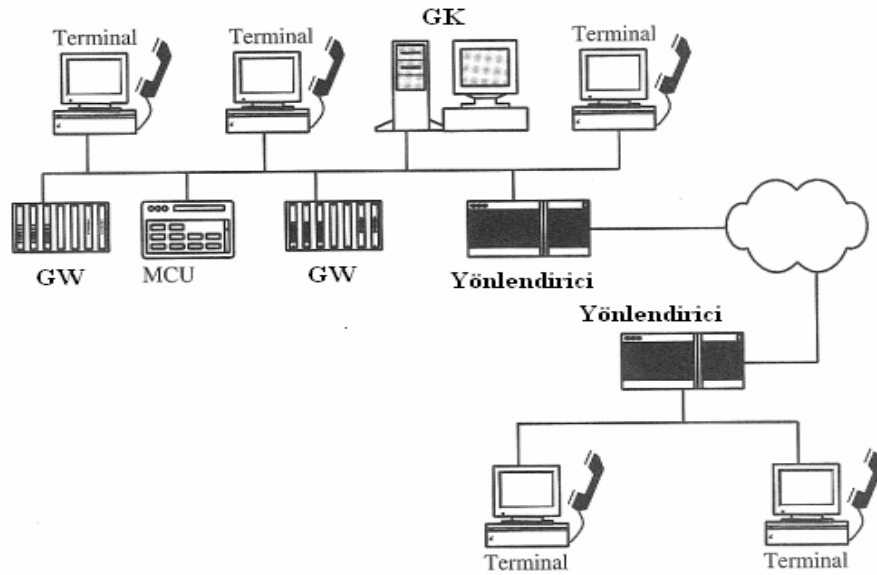
VIDEO (GÖRÜNTÜ)	AUDIO (SES)	DATA (VERİ)	TRANSPORT (İLETİM)
H261	G711	T.122	H.225
H263	G722	T.124	H.235
	G723.1	T.125	H.450.1
	G728	T.126	H.450.2
	G728	T.126	H.450.3
		T.127	RTP
			X.224.0

Ses ve Video Uygulamaları	Terminal ve Uygulama Kontrolü			
Ses ve Görüntü Çözücüler	RTCP	H.225.0 RAS Sinyalleşme	H.225.0 Çağrı Sinyalleşmesi	H.245 Kontrol Sinyalleşmesi
RTP				
Güvensiz İletim			Güvenli İletim	
Ağ Katmanı(Network Layer)				
Veri Hattı Katmanı (Data Link Layer)				
Fiziksel Katman (Physical Layer)				

Şekil 3.6. H323 protokol yapısı [6]

3.2.1. H323'ün birimleri

H323'ü tanımlayan 4 ana birim vardır. Bunlar Gatekeeper (Ağ Kapı Sorumlusu), Gateway (Ağ Geçidi), Terminaller, MCU (Çoklu Kontrol Ünitesi) (Şekil 3.7).



Şekil.3.7. H323 ve birimleri [6]

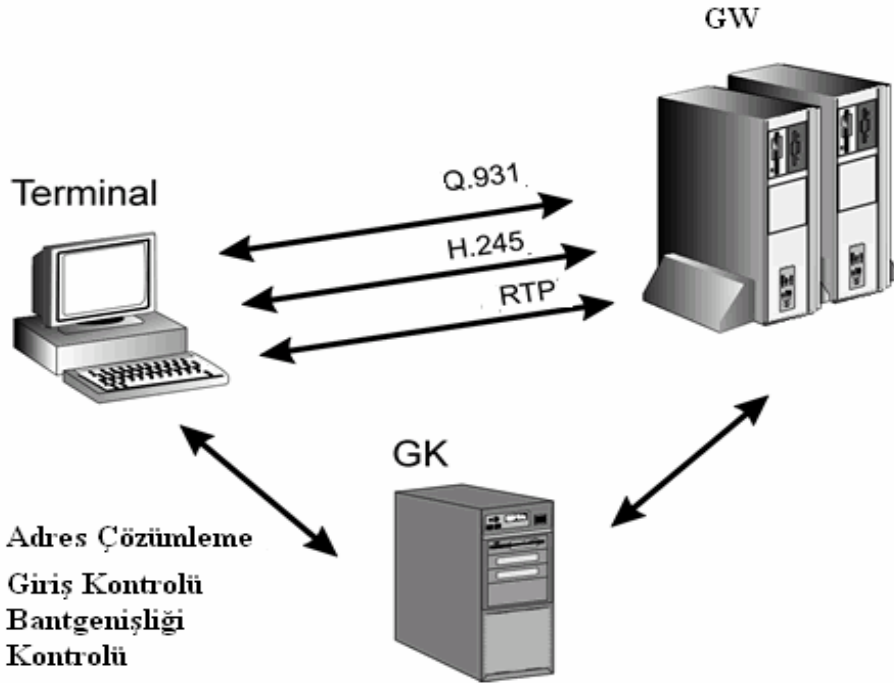
Ağ Kapı Sorumlusu (Gatekeeper)

Şebeke içerisinde önemli görevlere sahiptirler. Görevlerinden bahsetmek gerekirse;

Giriş Kontrolü (Kimlik Tanımı): Sistemdeki yetkilendirmeyi ve giriş-çıkış kontrolünü sağlarlar.

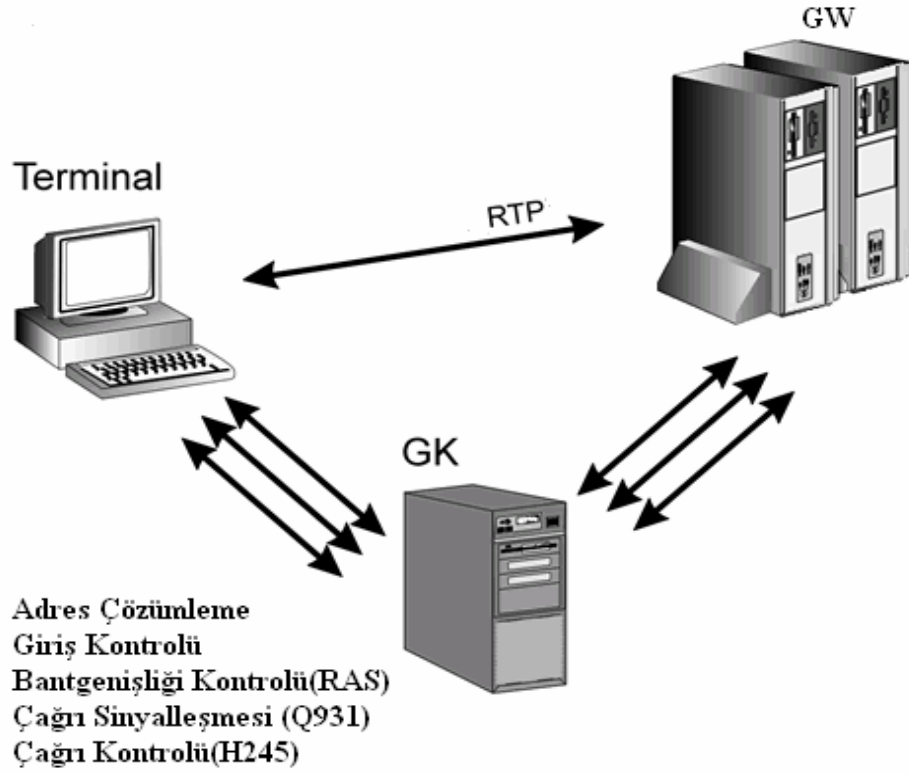
Adres Çözümleme: Bir GW başka bir GW'ye ulaşmak istiyorsa adresini GK'dan öğrenebilir. Sistemde GK varsa sistemdeki GW'ler kendilerini GK'ya tanıtır, dolayısıyla GK'da GW'lerin adresleri kayıtlı olduğundan dolayı GW'ler arasındaki bağlantıyı kolaylıkla sağlar.

Bant Genişliği Kontrolü: Ağdaki yoğunluğa göre veya gelen mesajlara göre bant genişliğini ayarlayabilme becerisine sahiptir.



Şekil 3.8. GK kullanılmadan sinyalleşme

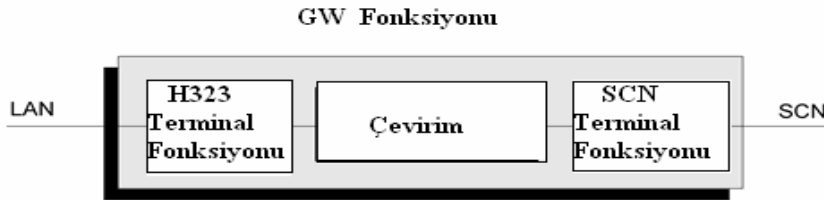
Şekil 3.8'de yapıda GK olmadığına sinyalleşmenin nasıl gerçekleşeceği gösterilmiştir. Şekil 3.9'da ise yapıda GK varsa sinyalleşmenin biçimi gösterilmiştir.



Şekil 3.9. GK kullanılarak sinyalleşme

Aę Geçidi (Gateway)

IP Ağları ile PSTN arasında veri dönüşümü sağlamakla sorumludur. Ayrıca bu iki aę arasında ses, veri ve görüntü çevrimi yaparlar. Çağrı kurulumu ve sonlandırılması da görevleri arasındadır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. GW görevleri

Terminaller

IP ağının sonlandığı noktalardır. Diğer birimlerle iletişim becerisi vardır. IP telefon olarak adlandırılan internet telefonları terminallere örnek olarak gösterilebilir.

MCU (Çoklu Kontrol Ünitesi)

Terminal ya da GW sayısı ikiden fazla ise ve çoklu konferans yapılmak isteniyorsa MCU kullanılır.

MCU'nun içerisinde MC (Multicontroller) ve MP (Multiprocessor) bulunur.

MC (Çok-Uçlu Kontrolör): Şebekedeki konferans görüşmelerinin işaretlenmesinin kontrolünden sorumludur. Zorunludur.

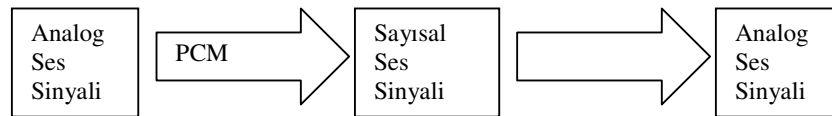
MP (Çok-Uçlu İşlemci): Kendisine gelen bilgileri işler ve konferanstaki uç birimlere iletir.

MC ve MP arasındaki farklara bakılacak olursa; MP LAN'da çoklu konferanstaki ses, veri ve görüntü haberleşmesini sağlar. Terminaller arasındaki anahtarlama ya da kimin ne iletimi yapacağı gibi durumların gerçekleştirilebilmesini sağlar.

MC, LAN bağlantısında çoklu konferanstaki terminalleri kontrol eder. Terminallerin aynı seviyede haberleşebilmelerini sağlar. MP'deki gibi anahtarlama ya da ses, veri ve görüntü iletiminin gerçekleştirilmesi görevi yoktur .

3.3. Voice Over IP (IP Üzerinden Ses İletimi)

3.3.1. VOIP çalışma prensibi



Şekil 3.11. Vericiden alıcıya ses

VOIP ile haberleşmede, insanın ürettiği analog ses sinyalinin sayısal hale getirilmesi, bu şekilde gönderilmesi ve alıcı tarafında da tekrar analog hale getirilmelidir (Şekil 3.11). Bu şekilde sinyal tekrar anlaşılabilir hale getirilmiş olur. Bu dönüşümler gerçekleştirilirken uygulanması gereken bazı adımlar vardır. Bunlar;

- 1) İlk olarak analog ses sinyalleri sayısal hale dönüştürülür. Bu yapılırken PCM tekniği kullanılır. Örnekleme, kuantalama ve yuvarlama uygulanır. PCM’de uygulanan teknikler EK-2’de açıklanmıştır.
- 2) Bitler halinde elimizde bulunan sayısal ses sinyalinin uygun ve etkin bir sıkıştırılmaya tabi tutulması gerekir. Sıkıştırma ile geliştirilmiş birçok protokol mevcuttur, bunların bir kısmına sonraki konularda değinilecektir.
- 3) Oluşturduğumuz ses paketlerini RTP kullanarak veri paketleri içine koymak gerekmektedir. Bu işlem yapılırken genelde RTP üzerinde çalışan UDP kullanılır.
- 4) Kullanıcıları ulaşabilmemiz için sinyalleşme protokolü gereklidir. ITU-T’nin oluşturduğu H323 kullanılır.
- 5) Alıcı tarafında veriler çözülür, ses paketleri çıkarılır ve analog ses sinyallerine tekrar dönüştürülür. Elimizde bulunan bu ses sinyalleri ses kartı ya da telefon aracılığıyla gönderilir.

Paket transferinde iletim haricinde ağda yoğunluk olmaz, bağlantı iletim haricinde kurulmaz. Bilinen PSTN uygulamaları yani evlerde kullandığımız telefonlar devre bağlaşmalı sistemlere örnektir. Fakat bu sistemlerde telefon çalar karşı taraf açar, karşılıklı taraflar telefonu açık tuttuğu sürece devam eder ve taraflardan birisi kapatınca bağlantı kopar. VOIP gibi paket bağlaşmalı sistemlerde ses paketleri sayısal hale çevrilip gönderilir. Dolayısıyla hem çok daha hızlı olur hem de protokollere uyumlu olabilmesi daha kolaydır.

VOIP teknolojisi sayısal paketlere çevrildikten sonra TCP ya da UDP iletim protokollerinden tabi tutulmaktadır. Bağlantı kurulması ve haberleşmeye başlanması açısından kontrolü sağlayabileceği için TCP daha uygundur.

Fakat, VOIP paketlerinin iletiminde TCP’ye göre çok daha hızlı olan UDP kullanılmaktadır. UDP paketlerin gidip gitmediğini ve uygun sırada ulaşp ulaşmadığını kontrol etmez. UDP kullanılmasının amacı hızlı olmasıdır.

Son dönemlerde bahsedilen kablosuz VOIP teknolojisi de VOIP'e alternatif olarak görülebilir. Kablosuz VOIP'in VOIP teknolojisine göre taşınabilirlik ve maliyet avantajları söz konusudur. Sabit olmadığından dolayı insanlar her yerde kullanabilecekler ve başka sistemlere ihtiyaçları kalmayacak [7].

3.3.2. VOIP avantajlar-dezavantajlar

Avantajlar

- PSTN'e göre çok daha ucuz olması, bağlantı için gereksinimler sağlandıktan sonra çok ucuz fiyatlara iletim yapılabilmesi,
- Etkin bantgenişliği kullanımı,
- Aynı anda birden fazla bağlantı ve iletim yapılabilmesi,
- Katmanlı yapısı sayesinde geliştirilebilir, kolay müdahale edilebilir ve esnek olması,
- Veri ve ses iletiminin aynı anda yapılabilmesi [8],
- Multimedya uygulamalarına olanak vermesi.

Dezavantajlar

- Servis kalitesi diye adlandırılan QoS özelliklerinin her zaman sağlanamaması,
- Gönderilen paketlerde sıralama hatası olması sonucu anlaşılamayan konuşmalar olması,
- Ağdaki yoğunluk ya da tıkanıklıktan dolayı ses paketlerinin kaybolması ve hedefe ulaşamaması,
- Jitter denilen paket aralıklarının farklı olması sonucu kalitesiz haberleşme,
- Paketlerde gecikme,
- VOIP teknolojisinde çok fazla protokol ve teknik olduğundan daha karmaşık bir yapıya sahip olması,

- Sistem gereksinimleri (router ve modemler,...) tam olarak sağlanamazsa , protokol ve teknikler doğru olarak seçilmezse kaliteli bir haberleşme sağlanamaması.

3.3.3. VOIP protokolleri

SIP (Session Initiation Protocol)

SIP, IETF'nin geliştirmiş olduğu bir standardır. Metin tabanlı bir protokol olduğu için anlaşılması ve çözülmesi kolaydır. Gönderilecek bilgi kısmında bir sınırlaması yoktur. H323'e göre daha kolay güncellenebilir ve üzerinde değişiklik yapması kolaydır. TCP/IP uygulamaları için tasarlanmıştır. H323'ün WAN uygulamalarında sıkıntı yaşaması ihtimali vardır. Ama SIP, hem LAN hem de WAN uygulamalarında etkin olarak çalışabilecek şekilde hazırlanmıştır.

RTP (Real Time Transport Protocol)

Genellikle ses ve görüntü uygulamalarının taşınmasında kullanılır. RTP, TCP uygulamaları için uygun değildir. Daha çok UDP'yi kullanır. Asıl olarak RTP, paket kaybının önlenmesi, sıralama ve gecikme zamanlarının denetimi amacıyla ortaya çıkarılmıştır.

RTP'nin temelde 3 görevi vardır:

- 1) İletim katmanı protokollerinin arabağdaşımını sağlamak,
- 2) Düzgün paket alınabilmesi için paketlerin sıralamasını yapmak,
- 3) Sistemin zamanlama ve senkronizasyonunu sağlamak [9].

RTP, UDP'nin bu yöndeki eksikliklerini kapatarak uyum içinde çalışabilir. Multicast ya da Unicast iletim yapabilir. Bu iletim şekilleri EK-2'de açıklanmıştır.

RTCP (Real Time Transport Control Protocol)

RTCP, RTP ile ortaklaşa çalışan bir protokoldür . RTCP, ortamdaki alınması gereken verileri RTP formatıyla kıyaslayıp uygun olup olmadığını kontrol etmekten de sorumludur. RTCP, bir anlamda RTP'nin kontrolünü sağlar. RTCP, periyodik olarak paket gönderimi yaparak oturum denetlemesi yapar, oturumla ilgili bilgileri alır ve

RTP ile paylaşır. Dolayısıyla RTCP kaliteli bir iletim için gereklidir. RTCP aynı zamanda sistemdeki farklı oturumlarla veri alışverişi yapar. Jitter, zamanlama, sıralama ve paket kayıpları gibi problemlerle yakından ilgilidir.

RSVP (Resource Reservation Protocol)

RSVP ses kalitesi için gerekli olan bantgenişliğini tahsis etmek için kullanılan bir protokoldür. İnternet üzerinden oturum açmak için kaynakların ayrılmasına yarar. RSVP, ipv4 ve ipv6 ile birlikte kullanılabilir.

CODEC (Coder-Decoder)

Şu anda birçok kodlama tekniği var. Bunların bazıları bantgenişliğini artırır, bazıları ses kalitesini verimli hale getirir ve bazıları da diğer faktörleri etkiler. Çizelge 3.2, ITU’nun telefon ve ses paketleri ile ilgili standartlaştırılmış en çok kullanılan G serisi tavsiyeleri içermektedir.

Çizelge 3.2 Ses kodlama birimleri [10]

G711	64 Kbit/sn PCM ses kodlama tekniğini simgeler. G711’de PSTN ve PBX için PBX için sayısal ses formatına sahiptir.
G723.1	Konuşma ve H324 ailesinin düşük bit oranlı ses sinyali parçalarını sıkıştırmada kullanılır. 5.3 ve 6.3 Kbit/sn’lik teknoloji üzerine kurulmuştur ve daha yüksek ses kalitesi sağlayabilir. Daha düşük bit oranı CELP üzerine kuruludur ve sistem tasarımlarına ek esneklik sağlar. Bu teknik internet telefonculuğu için standart olan IMTC’nin bir parçasıdır.
G726	ADPCM kodlamanın 40,32,24 ve 16 Kbit/sn seviyelerini simgeler. ADPCM kodlama ses paketi, PSTN ve PBX ağları ile uyum sağlayabilir. (PBX ADPCM’yi destekliyorsa)
G728	CELP ses sıkıştırmasının 16 Kbit/sn ve az gecikmeli varyasyonu simgeler. CELP ses kodlaması PSTN için çevrilmelidir.
G729	CELP sıkıştırmasının 8 Kbit/sn’lik kodlamasını simgeler .G729 ve G729A olarak iki tipi vardır. İkisi de 32 Kbit/sn ADPCM kodlamasına yakın ses kalitesi sağlayabilirler.

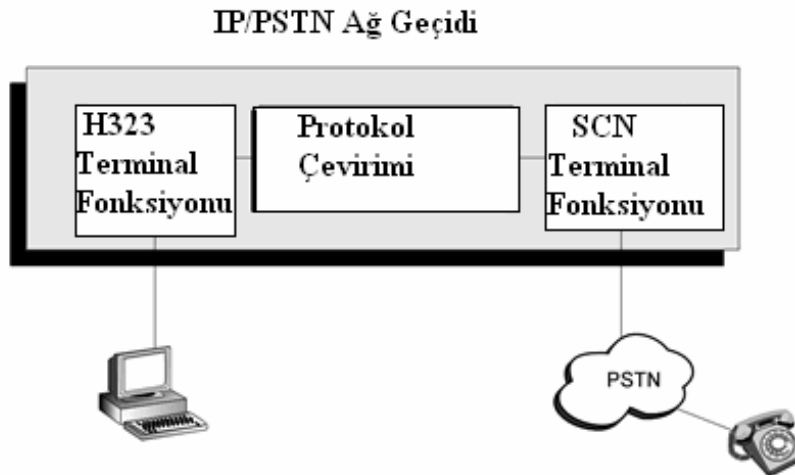
3.4. VOIP Uygulamaları

3.4.1. Bilgisayardan bilgisayara iletişim

Ses kartına ve gerekli yazılıma sahip iki bilgisayar, internet üzerinden ücretsiz haberleşebilirler. Bunun gerçekleşebilmesi için iki bilgisayarın da IP ağına bağlı olmaları gerekir. Her iki bilgisayarın da IP adresine sahip olması ve aramayı yapacak bilgisayarın arayacağı bilgisayarın IP adresini bilmesi gerekmektedir. Microsoft Netmeeting programı bilgisayardan bilgisayara yapılan aramalara örnek gösterilebilecek yaygın bir programdır. Sinyalleşme H323 protokolü ile gerçekleştirilmektedir.

3.4.2. Telefondan bilgisayara ve bilgisayardan telefona iletişim

PSTN telefonu internet aracılığıyla ses bağlantısı kurması gerekir. Bilgisayara bir santral abone numarası verilmesi gerekir. Bilgisayar IP telefonu yani terminal gibi davranır. Fakat santral devre anahtarlamalı, IP ise paket anahtarlamalı olduğundan gerekli dönüşümleri yapabilmek için ağ geçidi (GW) gerekmektedir (Şekil 3.12). Bu mantıkla hem telefondan bilgisayara hem de bilgisayardan telefona arama gerçekleştirilebilir.



Şekil 3.12. Telefon-bilgisayar uygulaması

3.4.3. Telefondan telefona iletişim

Telefondan telefona arama gerçekleştirilirken PSTN şebekesi ile internet şebekesi arasında GW bulunmaktadır. Santral aboneli GW tarafından dönüşümleri yapıldıktan sonra internet ağına giriş yapar. Aynı dönüşümler aranan tarafta da yapılır. Bu uygulamalar esnasında GW kullanılır. Ama GK denilen cihazlar varsa bunlar iki tarafın da IP adreslerine de sahip olduklarından dolayı yönlendirmeleri daha kolay bir şekilde yapabilirler.

3.5. VOIP'te QoS-Quality Of Service (Hizmet Kalitesi)

Sistemdeki verinin IP şebekesi tarafından baştan sona taşınmasında gerekli olan kalite olarak adlandırılabilir. Hizmet kalitesi faktörleri paket anahtarlama ağılarda gerçek zamanlı iletimini etkiler mi gibi bir soru sorulduğunda cevap “Hayır” olacaktır. Paketin iletiminde genellikle sorun olmaz ama mesela gecikme 150ms’yi aşarsa iletilen sesin kalitesi çok düşük olacaktır [11].

Servis kalitesini etkileyen faktörler aşağıda açıklanmıştır.

3.5.1. Gecikme

Paketin karşı tarafa beklenen süreden fazla bir sürede gönderilmesidir. Gecikme 150ms’yi geçerse konuşma kalitesizleşmeye başlar. Gecikmeler kodlamadan, iletimden, sıkıştırma politikasından ve örneklemeden kaynaklanabilir. Gecikme türlerini , kodlama gecikmesi (her kodlama algoritmasının kendine özgü gecikme süreleri vardır), şebeke gecikmesi, kuyruğa girme gecikmesi, jitter hafızası ile ilgili gecikme ve paketleme gecikmesi olarak sıralayabiliriz.

Bir iletim esnasında oluşan bu gecikmeler toplanır ve toplam gecikme ortaya çıkar. Toplam gecikme ne kadar azsa konuşma o kadar kalitelidir.

Gecikmeyi azaltmak için;

- Paket bazlı ve RSVP’yi destekleyen yönlendirme cihazları kullanılmalıdır.
- IP ağında yeterli bantgenişliği sağlanmalı ve en uygun ses kodlama tekniği kullanılmalıdır.

- Giden paket sayısı azaltılmalıdır .

3.5.2. Jitter

Gönderilen paketlerin alıcıya ulaştığında paket aralıklarında gönderildiği andaki aralıklara göre farklılıklar varsa buna jitter denir. Şekil 3.13’de bir jitter örneği gösterilmiştir.



Şekil 3.13. Paketlerin farklı zaman aralıklarıyla alıcıya ulaşması (jitter) örneği

3.5.3. Paket kaybı

Gönderilen paket sayısının alıcıya ulaşan paket sayısı ile aynı olmaması durumudur (Şekil 3.14). Genellikle o ağın trafiğindeki yoğunluktan oluşur. %5 civarında paket kaybı varsa ses kalitesini çok düşürür. Paket kaybı %10 ve daha fazla ise konuşma anlaşılabilir.



Şekil 3.14. Paket kaybı örneği

3.5.4. Yankı (Echo)

Ağ yapısında farklı empedanslar bulunmasından yani empedans uyumsuzluğundan kaynaklanmaktadır. Uyumsuzluk olan yerlerde sinyalin bir kısmının yansımalarıdır. Yankı görülen ağlarda yankı yok edici (echo canceler) kullanılarak çözüm sağlanabilir. Ya da iletilen sinyalin tersi saklanıp mesajın iletilmesinden sonra bu ters sinyalin çıkarılması yöntemi de çözüm olarak değerlendirilebilir [12].

3.5.5. Sıralama hatası

Alıcıya giden paketin sırasının gönderilen paketin sıralamasından farklı olması durumudur (Şekil 3.15). Bu da şebekedeki yoğunluk ve tıkanıklıktan kaynaklanır.



Şekil 3.15. Sıralama hatası örneği

4. YANKI (ECHO)

4.1. Yankı

Yankı, üretilen ses sinyalinin gecikmiş, zaman bazında kaydırılmış ve kısmen bozulmuş halinin orjinal sinyale yansıtılmasıdır. Bu gecikme 10ms'yi geçerse yankıyı bastırmak neredeyse zorunlu bir hal alır. Yankı, telefon haberleşmesinde yoğunlukla karşılaşılan ve önlenmesi gereken bir problemdir. Yankı bastırılmadığı zaman hem konuşmanın kalitesi düşer hem de karşıdakinin söylediğini anlamak daha güç bir hal alır. Yankı, telefon haberleşmesinde çoğu sinyalleşme tipinde görülen bir problemdir, fakat son dönemlerde gelişmekte olan ve gelecekte daha da yoğun şekilde kullanılacak olan IP üzerinden ses haberleşmesi yani VOIP uygulamalarının da en büyük problemlerindendir .

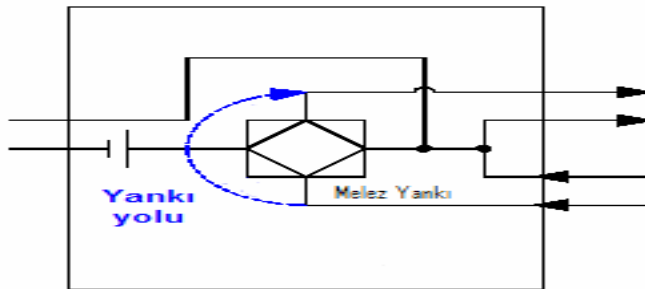
Dinleyen tarafın yankısının azaltılabilmesi konuşan tarafın yankısının azaltılması ile de sağlanır. Konuşan kişinin yankısının gecikmesi 40ms'den az ise herhangi bir yankı yok etme algoritmasına gerek yoktur. Fakat yankı gecikmesi 40 ms'den fazla ise sistemde yankı bastırıcılar kullanmak gerekir [13].

4.2. Yankı Türleri

4.2.1. Melez yankı (Hybrid Eko)

Yankının genel anlamda iki çeşidi vardır; Hybrid (Melez Yankı) ve Akustik Yankıdır.

Melez Yankı: Telefon hatlarındaki empedans uyumsuzluklarından kaynaklanan yankı çeşididir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Melez yankı

Melez yankı, hattın tellerine bağlanmış elektrik devrelerinden kaynaklanır. Bu yüzden bazı dökümanlarda karşımıza elektriksel yankı olarak da çıkmaktadır. Melez yankı anahtarlama devrelerinde çözülmesi gereken bir problemdir.

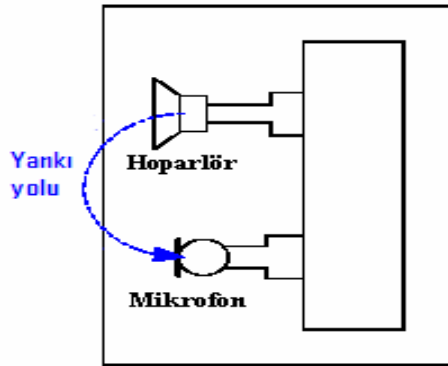
Uzak mesafe konuşmalarda arada gecikme oluşabileceğinden dolayı melez yankı oluşması daha yüksek bir ihtimaldir. Uzak mesafe konuşmalarda bu yankının bastırılması yakın mesafeye göre daha da önemlidir.

Melez yankı, elektriksel devrelerde oluştuğundan dolayı sadece telefonlarda konuşmada insan sesiyle ilgili bir problem olmakla kalmaz, aynı zamanda modem ve faks gibi cihazlarda da bastırılması gereken bir durumdur.

Telefon görüşmelerinde iki yönlü iletim gerekir. Bu iletim aynı kablo çifti üzerinden yapılırsa buna “iki-telli iletim” denir. Eğer bu iletim farklı iki çift kablo üzerinden gerçekleşirse ve hem giden ses için iki tel hem de gelen ses için iki tel kullanılırsa buna da “dört-telli iletim” denir. Ofiste ya da evde kullandığımız telefonlar iki telli telefonlara örnektir. İki-telli iletimde 45km’yi geçen durumlarda taşıyıcı terminaller, yükselticiler ve dijital anahtarlar gereklidir.

4.2.2. Akustik yankı

Akustik Yankı: Telefonlardaki hoparlör, mikrofon ve kulaklıkların tam olarak izole edilememesi ya da uyumsuzluklarından kaynaklanan yankıya denir. Şekil 4.2’de hoparlör ve mikrofon arasındaki yankı yolu ve akustik yankı gösterimi yapılmıştır.

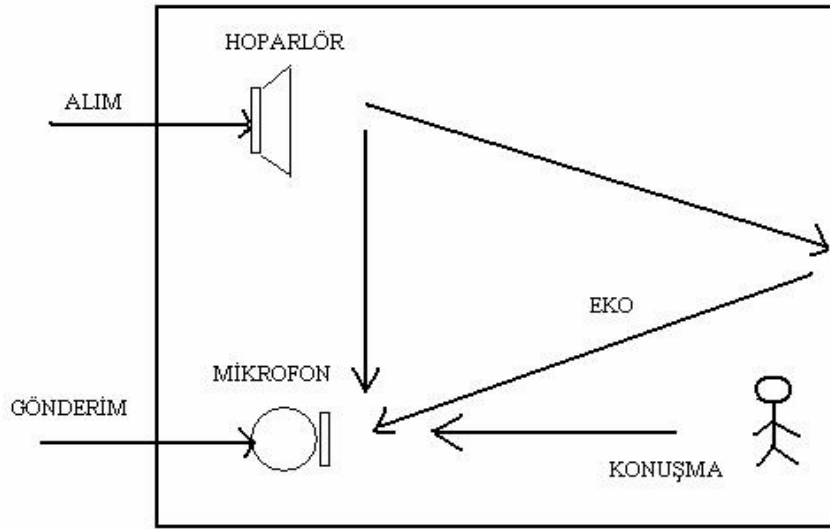


Şekil 4.2. Akustik yankı

Akustik yankı hoparlör tarafından oluşturulur. Hoparlörden çıkan ses oda duvarından ya da odadaki eşyalardan yansıyarak telefonun mikrofonuna ulaşır. Bu, akustik yankının sadece odada olacağı anlamına gelmez; arabada, dışarda ya da başka ortamlarda da meydana gelebilir. Sonuç olarak hoparlör-mikrofon uyumsuzluğu (decoupling) olan her yerde akustik yankı oluşumu beklenir .

Akustik yankının kaynağı daha belirgindir ve nasıl oluştuğu kolay anlaşılır ama akustik yankıyı yok etmek aynı derecede kolay değildir.

DECT (Geliştirilmiş Kablosuz Sayısal Telefon) sistemlerde , cihazın ergonomisinden, daha hassas oluşundan ya da tutuş şeklinden kaynaklanan akustik yankı sıklıkla oluşabilir.



Şekil 4.3. Akustik yankı oluşumunun gösterimi

Şekil 4.3'te hoparlörden çıkan ses ortamdan yansımıştır. Bu yansıyan ses, konuşma sesi ile birleşip ses kalitesini azaltmış ve konuşmada yankı oluşturmuştur. Akustik olarak oluşan bu yankı da yok edilmeli ve konuşmanın kalitesi en etkin şekilde artırılmalıdır.

Yankı yok edici yankı sinyalinin bir kopyasını oluşturur ve sistemdeki yankı yolunda yankı ile karışmış sinyalden kopyalanmış sinyali çıkararak sinyali yankıdan arındırmayı hedefler. Uyarlamalı süzgeçlerde, yankının yok edilmesi yankı yolunun davranışına bağlıdır. Dolayısıyla bu noktada yankı sinyalinin darbe cevabı süzgeçlerin yakınsamaları açısından önemlidir [14].

5. UYARLAMALI SÜZME TEKNİĞİ İLE YANKI YOK EDİLMESİ

5.1. Süzgeç

Öncelikle süzgecin tanımını yapmak gerekirse; süzgeç, seçici geçirgen elektronik devre demektir. Yani süzgeç belirli frekans aralığındaki işaretleri geçirirken, bunların dışında kalan frekanstaki sinyalleri bloklayan yapılardır. Sinyal işlemede sıklıkla kullanılan yüksek frekanstaki sinyalleri geçiren süzgeç (high-pass filter), düşük frekanstaki sinyalleri geçiren süzgeç (low-pass filter) ya da belirli aralığa sahip frekanstaki sinyalleri geçiren süzgeç (band-pass filter) süzgeçlere birer örnektir.

5.2. FIR (Sonlu Darbe Yanıtı) ve IIR (Sonsuz Darbe Yanıtı) Süzgeçlerin Karşılaştırılması

FIR yani sonlu tepkili süzgeçler basit bir yapıya sahiptirler. Sadece yazmaçlar, toplayıcılar ve çarpıcılar içermektedir. Frekans fazı incelendiğinde doğrusal olduğu açıkça görülebilir.

IIR süzgeçlerde ise doğrusal olmayan faz yapıları mevcuttur. IIR süzgeçlerde daha karmaşık bir yapı vardır.

IIR süzgeç yapıları, FIR süzgeçlere göre daha iyi modelleme kabiliyetlerine sahiptirler. Buna sebep olarak da birçok fiziksel sistemin hem giriş hem de çıkış fark denklemleri ile ifade edilebilmesi gösterilebilir [15] .

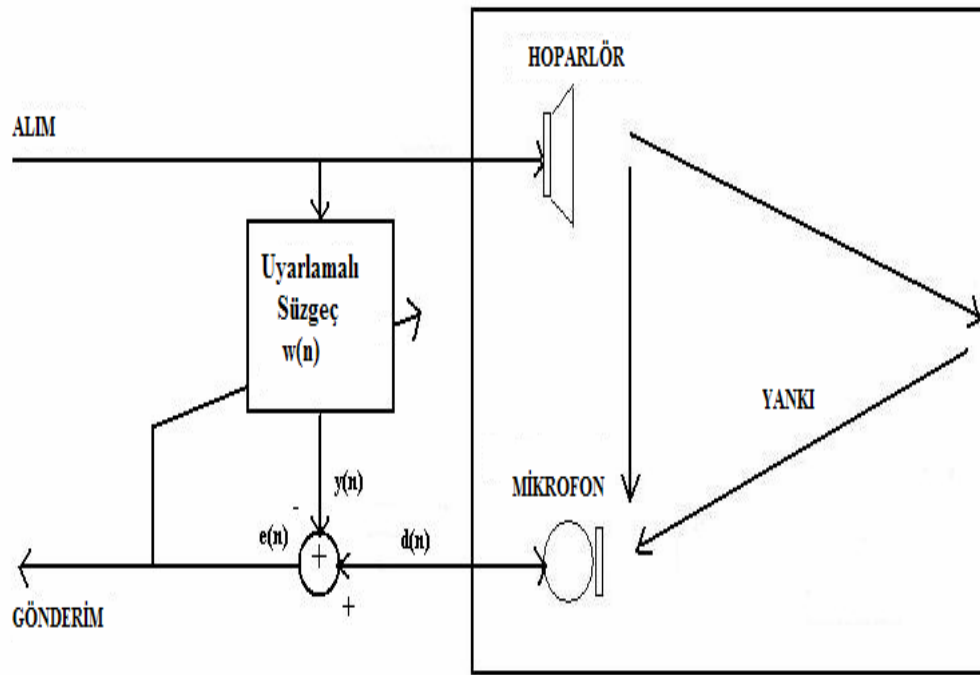
Fakat IIR süzgeçler, hesaplama karmaşıklığından ve daha az kararlı olduklarından dolayı çok fazla tercih edilmezler. Bundan dolayı genellikle FIR süzgeçler kullanılır [16].

FIR ve IIR süzgeçler karşılaştırılırsa;

1) Verilen genlik-frekans cevabını sağlayan süzme IIR süzgeçlerde daha düşük derecede gerçekleştirilir.

- 2) Daha iyi bir sonuç elde edilmek isteniyorsa yüksek dereceden bir FIR süzgeç gereklidir fakat IIR süzgeçte düşük dereceden bir süzgeçle yaklaşık sonuç elde edilebilir.
- 3) IIR süzgeçlerin darbe yanıtı çok uzun veri dizileridir. FIR süzgeçlerde ise o kadar uzun veri dizileri yoktur [17].

5.3. Uyarlamalı Süzme



Şekil 5.1. Uyarlamalı süzme ile yankı yok etme

Uyarlamalı süzgeçler ise dinamik süzgeçlerdir ve en uygun istenen çıkışı alabilmek için kendi karakteristiklerini ardışık düzeltmeli bir şekilde değiştiren süzgeçlerdir. Yankı sinyalini yok etmek için kullanılan yöntem uyarlamalı süzme yöntemi denir (Şekil 5.1).

Sistem tasarımcısı, uyarlamalı süzgecin katsayılarını güncellemek için verideki parametreleri ya da verinin boyutunu değiştirerek uyarlamalı algoritmanın performansının değişmesini sağlayabilir [18].

Uyarlamalı süzgeçler, zaman değişimine ayak uydurabilmeleri açısından diğer süzgeçlerden daha etkindirler. Uyarlamalı süzgeçler yankı yok etmenin haricinde de birçok alanda kullanılmaktadır. Bunlar [19]:

- Veri iletişimi için uyarlamalı dengeleme
- Sistem tanıma
- Uyarlamalı görüntü analizi
- Sayısal olarak sözün gösterimi
- Bilinmeyen istatistiki gürültüdeki işaretin uyarlamalı olarak bulunması
- Uyarlamalı biçimlendirme
- Uyarlamalı hat yükseltici

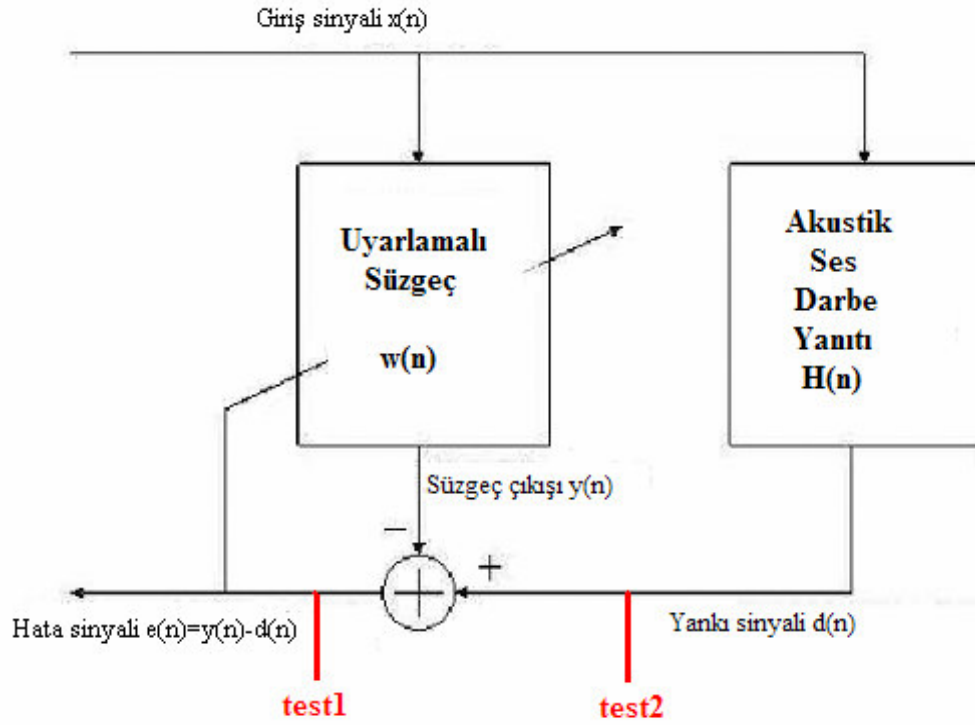
Akustik yankı yok etme bugünün haberleşme sistemlerinde kullanılan ortak bir yöntemdir. Akustik yankı iletişimin kalitesini düşürür ve iki tarafı da rahatsız eder. Bu çalışma istenmeyen yankıyı yok etmek için uyarlamalı süzme teknikleri üzerine odaklanır. İstenmeyen yankı haberleşme kalitesini azaltır. MATLAB’da yankı yok etmek için çeşitli yöntemler ve uyarlamalı süzme teknikleri incelenmiştir.

Bu tezin konusu akustik yankıyı yok etmektir. Akustik yankı, ses sinyali gerçek zamanda yansıdığı zaman oluşur.

Bir uyarlamalı süzgeç, kendi parametrelerini $d(n)$ ile $y(n)$ arasındaki farkı en aza indirmek için değiştirir. Şekil 5.2 uyarlamalı yankı yok etmenin öbek resmini gösterir. Burada $h(n)$ akustik çevrenin darbe yanıtını gösterir, $w(n)$ ise yankı sinyalini yok etmek için kullanılan uyarlamalı süzgeci gösterir. Uyarlamalı süzgeç $y(n)$ ile $d(n)$ ’i eşitlemeye çalışır. Her düzeltme adımında $e(n)=d(n)-y(n)$ sinyali süzgece geribesleme olarak verilir.

Bu çalışmanın amaçları:

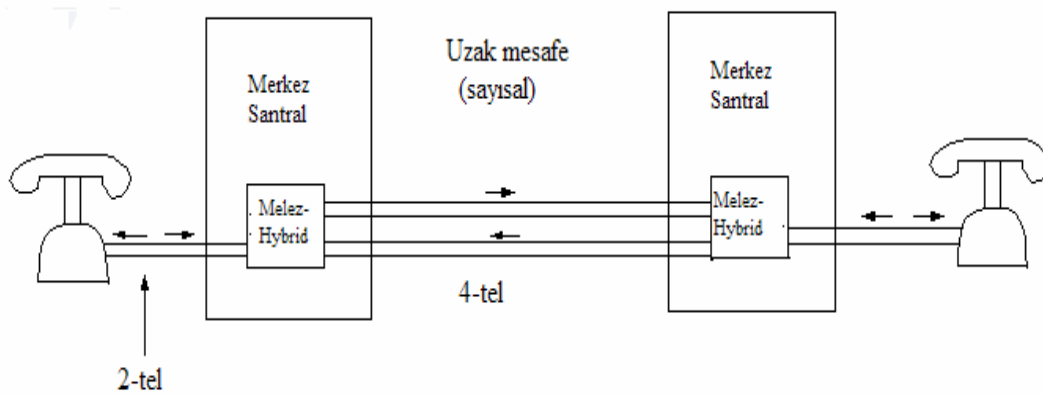
- 1) Uyarlamalı süzme tekniğini akustik yankı yok etmek için uygulayarak incelemek.
- 2) Uyarlamalı süzme tekniğinde MATLAB programını kullanarak benzeşimler yapmak.



Şekil 5.2. Uyarlamalı yankı yok etmenin öbek resmi

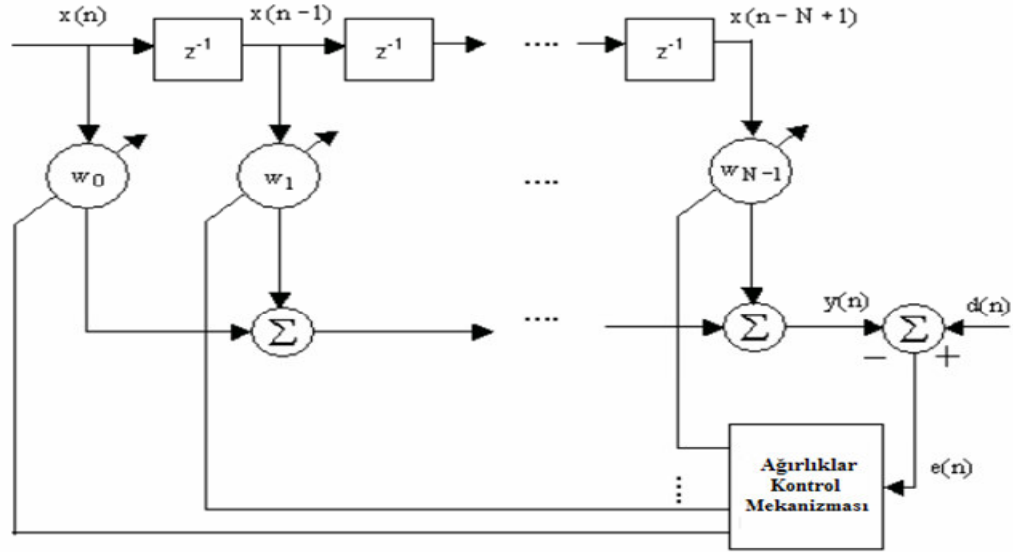
Uyarlamalı yankı yok edici, modern telefon sistemlerinin hepsinde mevcuttur.

Şekil 5.3'te şu anda kullanılan santral sistemlerinde merkez santralda bulunan uyarlamalı yankı yok ediciler gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Santral sistemlerinde uyarlamalı yankı yok etme

5.4. Uyarlamalı Süzme Algoritmaları



Şekil 5.4. Uyarlamalı süzgeç yapısının öbek resmi [19]

Şekil 5.4'te uyarlamalı süzmenin nasıl yapıldığı adım adım gösterilmiştir.

$w(t)$ -FIR süzgecinin ağırlık vektörü katsayısı

$x(n)$ -giriş sinyali

$y(n)$ -uyarlamalı süzgeç çıkışı

$d(n)$ - yankı sinyali

$e(n)$ -tahmini hata sinyali

Uyarlamalı süzmenin amacı $e(n)$ sinyal farkını yani $e(n)=d(n)-y(n)$ 'i hesaplamaktır.

Bu durumda, uyarlamalı süzgecin en uygun çıkışı istenmeyen yankı sinyaline eşittir.

Uyarlamalı süzgecin çıkışı yankı sinyaline eşit olursa hata sıfır olur. Bu durumda, yankı tamamen yok edilmiş olur ve uzaktaki kullanıcı yankı duymaz.

Uyarlamalı süzgeçler ve çeşitli algoritmalar aşağıda incelenmiştir. Birinci metod yani LMS ve ikinci metod NLMS aşağıda açıklanmıştır.

5.4.1. LMS yöntemi

LMS algoritması ilk kez Widrow ve Hoff (1959) tarafından geliştirildi. Sonra en çok kullanılan uyarlamalı süzme algoritmalarından birisi olmuştur. LMS algoritması hesaplama kolaylığından dolayı en çok bilinen ve kullanılan yöntemlerinden birisi olmuştur. LMS algoritması düzeltme adımıyla uyarlamalı süzgeç ağırlıkları aşağıdaki formüle göre oluşturulmuştur. LMS yönteminde Wiener tekniği kullanılır [20].

$$\mathbf{w}(n+1) = \mathbf{w}(n) + \mu e(n) \mathbf{x}(n) \quad (5.1)$$

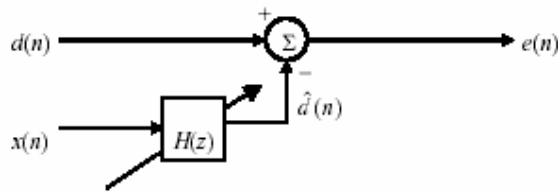
$\mathbf{x}(n)$ = giriş sinyali

$\mathbf{w}(n) = [w_0(n)w_1(n)w_2(n).....w_{N-1}(n)]^T$ uyarlamalı FIR süzgecin ağırlıklı vektörü

μ = adım boyutu parametresi sabit katsayıdır.

$$y(n) = \sum w(n)x(n-i) = \mathbf{w}^T(n)\mathbf{x}(n) \quad (5.2)$$

LMS yönteminde kullanılacak ana formüllerin çıkarımını yapacak olursak;



Şekil 5.5. LMS ile süzme

Şekil 5.5'te $d(n)$ bilinmeyen sistemin çıkışı ve $H(z)$ de FIR fitresidir. Süzgeç katsayıları her düzeltme adımında değişirler. $x(n)$ giriş sinyali $H(z)$ süzgecine girdiğinde aslında darbe yanıtı ile işleme girmiş olur yani zaman içinde δ kadar kaydırılırlar. Bunu aşağıdaki formülle ifade edebiliriz.

Aşağıdaki eşitlik beklenen sinyali göstermektedir.

$$\hat{d}(n) = \sum_{m=0}^M h_m(n)x(n-\delta-m) = \mathbf{h}(n)^T \mathbf{x}(n) \quad (5.3)$$

$$\mathbf{h}(n) = \begin{bmatrix} h_0(n) \\ h_1(n) \\ \vdots \\ h_M(n) \end{bmatrix} \quad (5.4)$$

$$\mathbf{x}(n) = \begin{bmatrix} x(n-\delta) \\ x(n-\delta-1) \\ \vdots \\ x(n-\delta-M) \end{bmatrix} \quad (5.5)$$

Hatanın azalması süzgeç katsayılarının en iyi şekilde seçilmesiyle gerçekleştirilebilir.

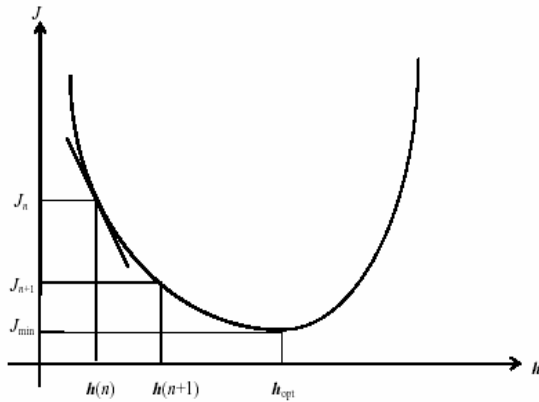
Minimum değerlerine çekmek istediğimiz hata değerinin karesi aşağıdaki gibidir:

$$J_n = e^2(n) = [d(n) - \mathbf{h}(n)^T \mathbf{x}(n)]^2 \quad (5.6)$$

LMS adı zaten Least Mean Square isminden yani hatanın karesinin minimize edilmesinden gelmektedir.

Aşağıdaki şekilde de görüldüğü gibi bu noktada doğrunun o noktadaki türevini almamız gerekir.

$$\frac{\partial J_n}{\partial \mathbf{h}(n)} = -2e(n)\mathbf{x}(n) \quad (5.7)$$



Şekil 5.6. Hatanın süzgeç katsayılarına bağımlılık fonksiyonu

Burada $h(\text{opt})$ değeri hatanın karesinin minimize edildiği noktadır. Bu arada eğimin negatif olduğu unutulmamalıdır (Şekil 5.6).

$h(n)$ ve $h(n+1)$ düzeltme adımlı (iteratif) bir şekilde ilerleyen süzgeç katsayılarıdır. $h(n+1)$ 'i ardışık düzeltmeli bir şekilde $h(n)$ 'i kullanarak bulmak istersek aşağıdaki formül kullanılabilir.

$$h(n+1) = h(n) + \mu \left(-\frac{\partial J_n}{\partial h(n)} \right) \quad (5.8)$$

Parantez içindeki ifadenin yerine bir önceki denklemde bulunan $-2 e(n)x(n)$ 'i konulacak olursa,

$$h(n+1) = h(n) + \mu e(n)x(n). \quad (5.9)$$

denklemini elde etmiş oluruz ki bu denklem LMS yönteminin ana denklemlerinden bir tanesidir. LMS algoritmasında düzeltme adımı yaparken,

$e(n)$ hata denklemi

$$e(n) = d(n) - h(n)^T x(n) \quad (5.10)$$

Süzgeç katsayıları denkleminde yerine konularak düzeltme adımı sağlanır.

$$h(n+1) = h(n) + \mu e(n)x(n) \quad (5.11)$$

Bu formülde genellikle $h(n)$ yerine $w(n)$ kullanılır. Yani ana formül

$$w(n+1) = w(n) + \mu e(n)x(n) \quad (5.12)$$

elde edilmiş olur.

LMS Yönteminin Uygulanması

LMS Algoritması sırayla 3 basamak gerektirir.

1) FIR süzgecinin çıkışı $y(n)$,

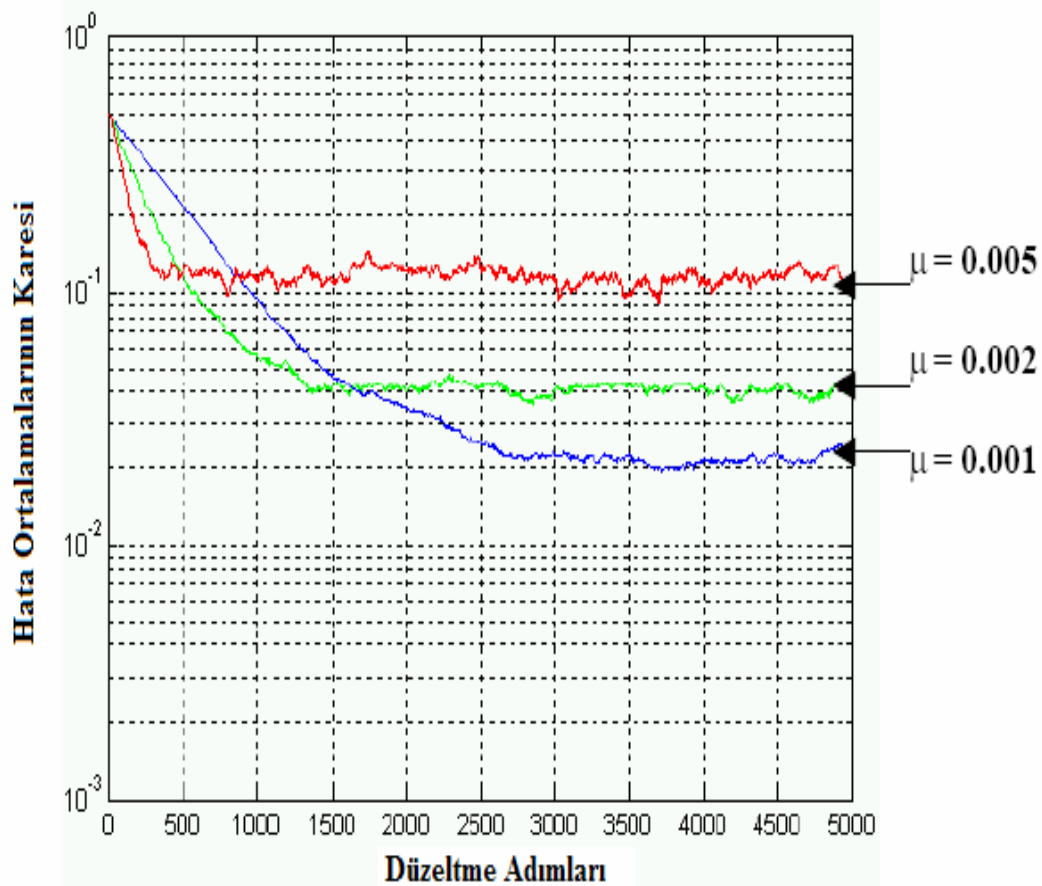
2) Hatanın tahmini değeri $e(n)$,

$$e(n) = d(n) - y(n) \quad (5.13)$$

3) FIR süzgecinin ağırlıkları sonraki düzeltme adımı için $w(n+1)$ ile geliştirilir.

$$\mathbf{w}(n+1) = \mathbf{w}(n) + \mu e(n)\mathbf{x}(n) \quad (5.14)$$

Şekil 5.7’de Eş.5.14’te yer alan μ adım büyüklüğü parametresinin hata ortalamalarının karesinin düzeltme adımlarına göre olan grafiği verilmiştir. Bu grafikte farklı adım büyüklüğü parametreleri için denemeler yapılmış, hepsi için farklı renklerde gösterimler yapılmıştır. $\mu=0,001$ değeri için 0,01’e yaklaşan hata değeri ile en başarılı sonuç alınabildiği gösterilmiştir.



Şekil 5.7. Farklı adım büyüklüklerine göre hatanın değişimi

5.4.2. NLMS yöntemi

$$\mathbf{w}(n+1) = \mathbf{w}(n) + \frac{\beta}{\mathbf{x}^T(n)\mathbf{x}(n) + \varepsilon} e(n)\mathbf{x}(n) \quad (5.15)$$

LMS algoritmasının en önemli dezavantajı sabit bir adım büyüklüğüne sahip olmasıdır. NLMS, LMS'den farklı olarak her düzeltme adımı için değişik adım boyutu parametreleri seçer.

NLMS Yönteminin Uygulanması

NLMS , LMS'nin uzantısı sayılabilir. NLMS'de her düzeltme adımı 4 basamak gerektirir.

1. FIR süzgecinin çıkışı

$$y(n) = \sum_{i=0}^M w(n)x(n-i) = \mathbf{w}^T(n)\mathbf{x}(n) \quad (5.16)$$

2. Hata değeri

$$e(n) = d(n) - y(n) \quad (5.17)$$

3. Adım boyutu değeri(değişken)

$$\mu(n) = \frac{\beta}{\mathbf{x}^T(n)\mathbf{x}(n) + \varepsilon} \quad (5.18)$$

4. FIR süzgeci ağırlıkları

$$\mathbf{w}(n+1) = \mathbf{w}(n) + \mu(n)e(n)\mathbf{x}(n) \quad (5.19)$$

5.4.3. RLS (Yinelemeli en küçük kareler) yöntemi

Kalman süzgeç yapısına sahiptir.

LMS Algoritmasında süzgeç katsayılarının yakınsama hızı, adım boyutu değişken bir değer olmadığından dolayı azdır. RLS algoritması yakınsama hızı açısından LMS'ye göre daha iyidir ama hesaplama karmaşıklığı en büyük dezavantajlarındandır.

Hatanın karelerinin toplamı aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir.

$$\begin{aligned} J_n &= \sum_{i=0}^n b^{n-i} e^2(i) = e^2(n) + b e^2(n-1) + \dots + b^n e^2(0) \\ &= \sum_{i=0}^n b^{n-i} [d(i) - \mathbf{x}(i)^T \mathbf{h}(n)]^2 \end{aligned} \quad (5.20)$$

Bu formülde b, “forgetting factor” adı verilmiş 0 ile 1 arasında bir sabit sayıdır. Hatanın minimize edilmesi için J_n 'in süzgeç katsayılarına göre türevinin 0'a eşitlenmesi gerekir.

$$\frac{\partial J_n}{\partial \mathbf{h}(n)} = 2 \sum_{i=0}^n b^{n-i} [-\mathbf{x}(i)] [d(i) - \mathbf{x}(i)^T \mathbf{h}(n)] = 0. \quad (5.21)$$

Yukarıdaki eşitliği matris formunda yazılınca ;

$$\left[\sum_{i=0}^n b^{n-i} \mathbf{x}(i) \mathbf{x}(i)^T \right] \mathbf{h}(n) = \left[\sum_{i=0}^n b^{n-i} d(i) \mathbf{x}(i) \right] \quad (5.22)$$

eşitliği elde edilir. Buradan aşağıdaki formüller elde edilir.

$$\mathbf{h}(n) = \mathbf{R}(n)^{-1} \mathbf{p}(n) \quad (5.23)$$

$$\mathbf{R}(n) \mathbf{h}(n) = \mathbf{p}(n) \quad (5.24)$$

$$\mathbf{p}(n) = b \mathbf{p}(n-1) + d(n) \mathbf{x}(n). \quad (5.25)$$

Burada kendini düzelten (yinelemeli) bir fonksiyon elde edilmek istenir.

$$\mathbf{R}(n) = b\mathbf{R}(n-1) + \mathbf{x}(n)\mathbf{x}(n)^T \quad (5.26)$$

$\mathbf{R}(n)$ 'in ters matrisini aşağıdaki eşitlikle ifade edilebilir.

$$\mathbf{R}(n)^{-1} = \frac{1}{b} \left[\mathbf{R}(n-1)^{-1} - \frac{\mathbf{R}(n-1)^{-1} \mathbf{x}(n) \mathbf{x}(n)^T \mathbf{R}(n-1)^{-1}}{b + \mathbf{x}(n)^T \mathbf{R}(n-1)^{-1} \mathbf{x}(n)} \right] \quad (5.27)$$

$$\mathbf{h}(n) = \mathbf{R}(n)^{-1} \mathbf{p}(n) \quad (5.28)$$

$$= \mathbf{h}(n-1) + \left[\frac{\mathbf{R}(n-1)^{-1} \mathbf{x}(n)}{b + \mathbf{x}(n)^T \mathbf{R}(n-1)^{-1} \mathbf{x}(n)} \right] \left[d(n) - \mathbf{h}(n-1)^T \mathbf{x}(n) \right]$$

$$= \mathbf{h}(n-1) + \mathbf{k}(n)e(n|n-1)$$

$$\mathbf{k}(n) = \frac{\mathbf{R}(n-1)^{-1} \mathbf{x}(n)}{b + \mathbf{x}(n)^T \mathbf{R}(n-1)^{-1} \mathbf{x}(n)} \quad (5.29)$$

Bu ifadede $\mathbf{k}(n)$ Kalman kazancı olarak bilinir .

$\mathbf{h}(n-1)$, $(n-1)$ zamanına kadar en iyi süzgeç katsayılarını gösterir.

$E(n-1)$, $\mathbf{h}(n-1)$ baz alınarak yapılan hata tahminidir.

$$e(n|n-1) = d(n) - \mathbf{h}(n-1)^T \mathbf{x}(n) \quad (5.30)$$

RLS algoritmasının işleyişini sırayla inceleyecek olursak;

- 1) $\mathbf{h}(n-1)$ rastgele sayılar seçilerek başlatılır.
- 2) $e(n|n-1)$ hesaplanır.
- 3) $\mathbf{H}(n)$ bulunur.
- 4) $\mathbf{R}(n)$ 'in ters matrisi bulunur.

5) N artırılır.

6) $e(n|n-1)$ bulunarak işlemlere devam edilir.

$k(n)$ şu şekilde gösterilebilir.

$$\mathbf{k}(n) = \mathbf{R}(n)^{-1} \mathbf{x}(n) \quad (5.31)$$

RLS ve LMS algoritmalarının karşılaştırılması;

RLS (Kalman) algoritmasında $\mathbf{h}(n)$

$$\mathbf{h}(n) = \mathbf{h}(n-1) + \mu \mathbf{R}(n)^{-1} e(n|n-1) \mathbf{x}(n) \quad (5.32)$$

LMS algoritmasında $\mathbf{h}(n)$;

$$\mathbf{h}(n) = \mathbf{h}(n-1) + 2\mu e(n-1) \mathbf{x}(n-1) \quad (5.33)$$

Sonuç olarak ; RLS ve LMS yöntemleri karşılaştırıldığında LMS yönteminin daha yavaş yakınsadığı fakat hesaplama karmaşıklığının da çok daha az olduğu açık bir şekilde ortaya konulmuştur.

6. MATLAB BENZEŞİMLERİ

Bölüm 4’de gösterilen bütün uyarlamalı süzgeç algoritmaları MATLAB programı kullanılarak uygulanmıştır. Her benzeşimde yankı sinyali, orjinal sinyalin 0.5ms azalmış halidir.

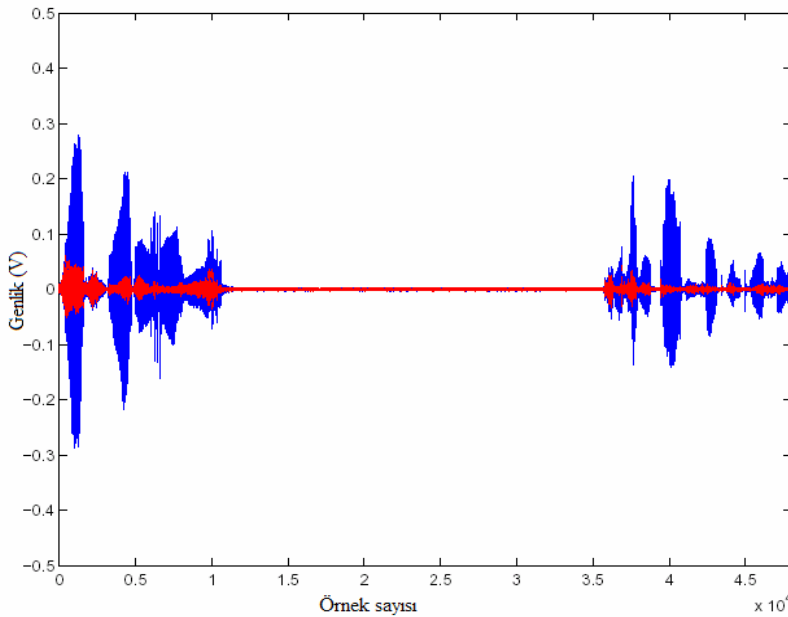
6.1. LMS Algoritması Benzeşimi

Şekil 6.1 LMS algoritması sinyalin yankısını ve hatasını ses girişiyle birlikte gösterir. FIR süzgecinin derecesi 16 ve adım boyutu 0.1’dir (deneysel olarak belirlenmiştir).

Kısa bir süre sonra, LMS süzgecinin darbe yanıtı gerçek darbe yanıtına dönüşür ve bu, yankı sinyalini bastırır ve böylece sinyalin yankısını azaltır.

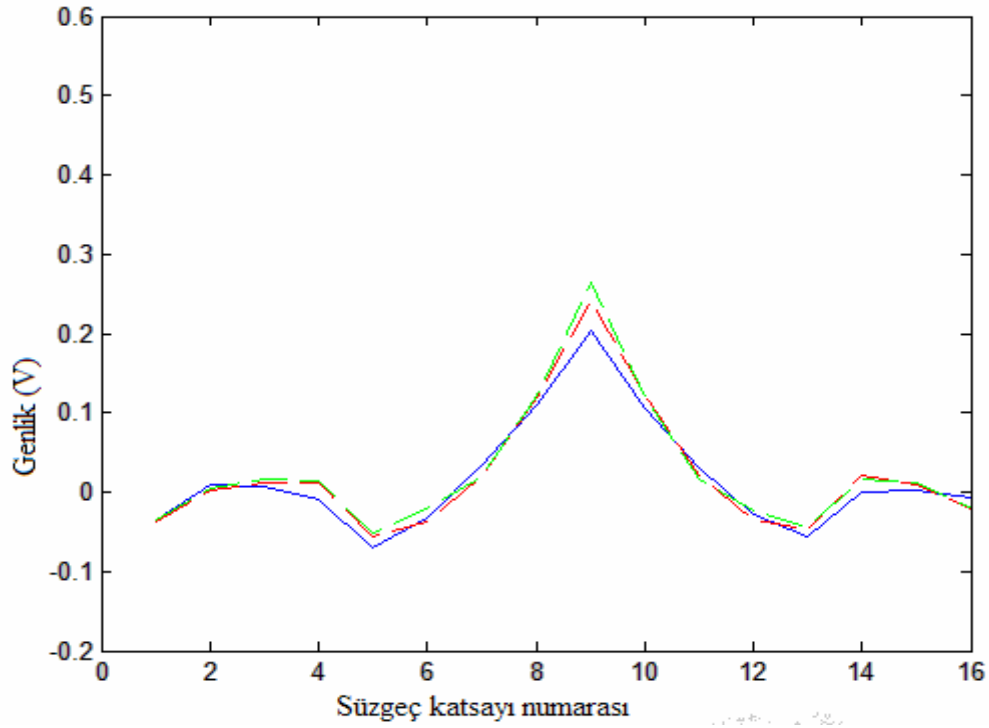
Yankı yok etmenin başarısı, yankı sinyalinin ve hata sinyalinin oranından bulunabilir. Şekil 6.2 dB cinsinden azalmayı(zayıflamayı) gösterir.

LMS algoritması benzeşimindeki azalma genellikle 10dB-20dB arasındadır.



Şekil 6.1. LMS yönteminde yankı sinyali ve hata sinyali

Mavi renkteki sinyal yankı sinyalini ve kırmızı renkteki sinyal ise hata sinyalini gösterir.



Şekil 6.3. LMS yönteminde farklı düzeltme adımlarına göre uyarlamalı süzgeç darbe cevapları

MATLAB programında süzgeç uzunluğumuz 16 olarak seçildi. Sebebi ise, MATLAB benzeşimlerinde yankı gecikmesinin 8 örnek olarak oluşturulmuş olmasıdır. Yankı, mikrofondan hoparlöre ulaşana kadar gecikmiştir. 1sn'de 8000 örnek alınmaktadır. Dolayısıyla, gösterimlerimizde $(8/8000)=1\text{ms}$ 'lik gecikme mevcuttur.

Seçilen uyarlamalı süzgeç LMS ve NLMS algoritmalarını kullanarak modelleme yapmaktadırlar. Şekil 6.3'te de görüldüğü gibi 8.örnekteki süzgeç katsayısında maksimum değere yaklaşmıştır. Oluşturulmaya çalışan odadaki süzgeç modeline çok yakın bir şekilde elde edilmiştir.

Şekil 6.3'te mavi-kırmızı-yeşil renkteki sinyaller farklı zamanlardaki süzgeç katsayılarıdır. Mavi renkteki sinyal 4000. örnekteki yani $(4000/8000)=0.5\text{sn}$ sonraki süzgeç katsayılarını gösterir. Kırmızı renkteki sinyal 7000. örnekteki yani $(7000/8000)=0,875$ sn sonraki süzgeç katsayılarını, yeşil renkteki sinyal ise $(10000/8000)=1,25$ sn sonraki süzgeç katsayılarını göstermektedir. Hangi örnek

sayısına göre sinyal görmek isteniyorsa MATLAB programı kodları ona göre girilmektedir.

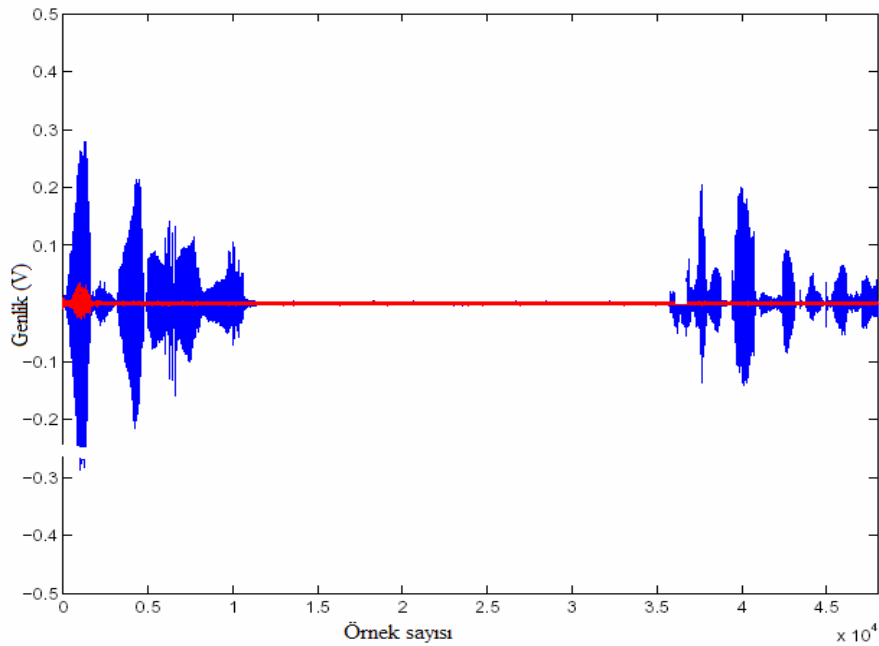
Zamanla Şekil 6.3'te de görüldüğü gibi süzgeç, odadaki yankıyı daha iyi modellemektedir ve darbe cevabının şekline daha çok benzemektedir.

6.2. NLMS Algoritması Benzeşimi

Şekil 6.4 NLMS algoritması için yankı sinyali ve hata sinyali ses girişiyle gösterir. FIR süzgeç derecesi 16 ve adım boyutu 1'dir (deneysel olarak belirlenmiştir).

NLMS süzgeç darbe yanıtını, gerçek darbe yanıtına LMS süzgecinden daha kısa zamanda çevirir, yankı sinyalini daha fazla bastırır ve bundan dolayı yankı sinyalini daha etkin biçimde azaltır.

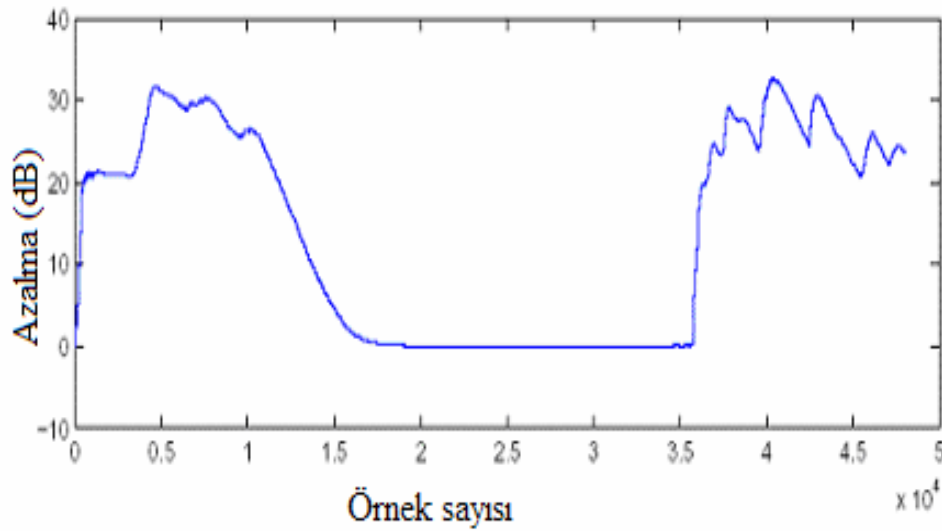
Yankı yok etmenin başarısı yankı sinyalinin , hata sinyaline oranına göre belirlenir. Şekil 6.5 NLMS uyarlamalı süzgeci kullanarak yankı sinyalindeki dB cinsinden zayıflamayı gösterir. Bu azalma 20dB-30dB arasındadır. LMS algoritmasının yaklaşık 10dB kadar geliştirilmiş halidir.



Şekil 6.4. NLMS yönteminde yankı sinyali ve hata sinyali

Mavi renkteki sinyaller yankı sinyalini ve kırmızı hata sinyalini gösterir. Şekil 6.4'te Şekil 5.2'deki $e(n)$ sinyali test1 noktasından , $d(n)$ sinyali test2 noktasından gözlenmiştir. Şekil 6.1'de 1000. örneğe kadar hata sinyali daha fazla gözlenmekte iken, Şekil 6.4'te yaklaşık 200. örnekten sonra hata sinyali 0'a yakınsamıştır. 3500. örnekten sonraki sinyalde bile hata sinyali gözlenememiştir.

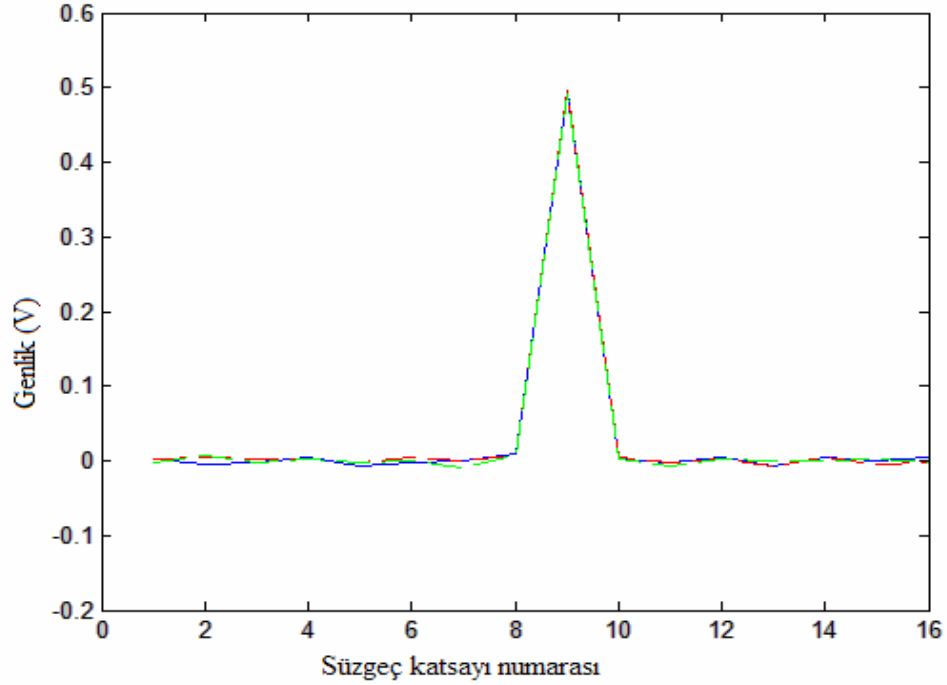
Şekil 6.4'te görülen kırmızı renkteki hata sinyali LMS yöntemine göre çok daha azdır. Adım büyüklüğünün değişken ve hassas olması bu sonucun alınmasında en büyük etkidir. Sadece konuşmanın başlangıç kısmında (200.örneğe kadar) genliğin çok olduğu bölümde hata sinyali görülmektedir, onun haricinde gözlenen hata sinyali 0'a yakındır.



Şekil 6.5. NLMS yönteminde yankı sinyalinin dB cinsinden azalması

Şekil 6.5'teki dB cinsinden azalma $10\log_{10}[d(n)/e(n)]$ formülüne göre hesaplanmıştır. 500. örnek ele alınırsa $d(n)=0,1$ civarında $e(n)=0,001$ civarındadır. $10\log_{10}[0,001/0,1]=(-)30\text{dB}$ 'lik azalma görülür. LMS yönteminde bu noktada 20 dB'lik azalma gözlenmişti.

Şekil 6.5'te görüldüğü gibi dB cinsinden azalma LMS yöntemine göre çok daha fazladır. Grafikler karşılaştırıldığında açıkça hata sinyalleri arasındaki ve dB cinsinden azalmalar arasındaki farklar görülmektedir.



Şekil 6.6. NLMS yönteminde farklı düzeltme adımlarına göre uyarlamalı süzgeç darbe cevapları

MATLAB programında süzgeç uzunluğumuz 16 olarak seçilmiştir.

Seçilen uyarlamalı süzgeç LMS ve NLMS algoritmalarını kullanarak modelleme yapmaktadırlar. Şekil 6.6'da da görüldüğü gibi 8.örnekten sonraki süzgeç katsayısında maksimum değere yaklaşmıştır. Oluşturulmaya çalışılan odadaki süzgeç modeline çok yakın bir şekilde elde edilmiştir.

Mavi-kırmızı-yeşil renkteki sinyaller farklı zamanlardaki süzgeç katsayılarıdır. Mavi renkteki sinyal 4000. örnekteki yani $(4000/8000)=0,5$ sn sonraki süzgeç katsayılarını gösterir. Kırmızı renkteki sinyal 7000. örnekteki yani $(7000/8000)=0,875$ sn sonraki süzgeç katsayılarını, yeşil renkteki sinyal ise $(10000/8000)=1,25$ sn sonraki süzgeç katsayılarını göstermektedir. Hangi örnek sayısına göre sinyal görmek isteniyorsa MATLAB programı kodları ona göre girilmektedir.

Şekil 6.6 ile Şekil 6.3 kıyaslanırsa görüleceği gibi NLMS yöntemi, odadaki yankıyı daha iyi modellemektedir ve LMS'ye göre darbe cevabının (impulse response) şekline daha çok yaklaşmıştır.

7. SONUÇ

Bu tez çalışmasında, internet protokolü ve uygulamaları üzerinde durulmuştur. İnternet üzerinden ses iletiminde ve diğer telefon haberleşmelerinde büyük sorun yaratan yankı konusu ele alınmıştır, LMS ve NLMS yöntemleri denenerek yankının azaltılması sağlanmıştır. Yankı azaltma konusunda yöntemler karşılaştırılmış, etkili olan yöntemler 6. bölümde MATLAB programı benzeşimlerinde gösterilmiştir.

VOIP uygulamaları daha ucuz ve daha kapsamlı olmasına rağmen karşılaşılan bazı problemler nedeniyle henüz en yaygın kullanılan telefon haberleşme sistemi olabilmiş değildir. Bunun altında VOIP uygulamalarının paket anahtarlama olması kaynaklanan bazı problemler yatmaktadır. 3.bölümde bu problemlerden detaylı bir şekilde bahsedilmiştir.

Sonuç olarak, VOIP sistemlerinin şu anda karşılaştığı en büyük problemleri servis kalitesi diye adlandırılan problemlerdir. Servis kalitesinde aşılması gereken maddelerin başında yankı gelir. Yankı, özellikle bir telefon görüşmesinde görüşmenin kalitesini düşüren ve bastırılması gereken bir durumdur. Haberleşme sistemlerinde TDM yöntemiyle yani normal hatlardan yapılan görüşmelerde de yankı problemi vardır. Fakat VOIP gibi son yılların haberleşme sisteminde önlenmesi gereken bir konudur.

Bunların bazı yöntemlerle azaltılabileceği görülmüştür. Henüz bilinen telefon haberleşmesinin kalitesine erişemediği bilinmektedir. Fakat bu sorunlar da halledildikten sonra VOIP sistemlerin en yaygın haberleşme sistemlerinden birisi olması kaçınılmazdır.

Yapılan bu çalışmada LMS ve NLMS gibi bazı yöntemler kullanılarak yankının azaltılabileceği şekillerle desteklenerek gösterilmiştir. LMS yöntemi hesaplama karmaşıklığının az olması avantajının yanında yakınsama hızının yavaş olması gibi bir dezavantajı da beraberinde getirir. LMS yönteminde karşımıza yakınsama hızını etkileyen en büyük faktör olarak adım büyüklüğü çıkmaktadır. Adım boyutu değeri sabit bir değer olduğundan çok etkili sonuçlar her zaman alınamayabilir. Ama bunun yanında NLMS yönteminde değişken bir adım boyutu olması bir avantajdır.

Hesaplama karmaşıklığı NLMS yönteminin dezavantajlarından biridir. LMS ve NLMS yöntemlerinin haricinde, RLS ve daha farklı yöntemler geliştirilmiştir fakat hesaplama karmaşıklığı nedeniyle çok fazla tercih edilmemektedir.

Sonuç olarak; VOIP sistemlerde yankıyı yok etmek için LMS ve NLMS yöntemlerinin kullanılması uygun çözümler olabilir. MATLAB grafiklerinde gösterildiği gibi NLMS yönteminin yankıyı daha etkin bir şekilde azalttığı belirlenmiştir. Şekil 6.2’de 500. örnek incelenirse, LMS yönteminde 20 dB’lik bir azalma NLMS yönteminde ise 30 dB’lik bir azalma söz konusudur. Yani NLMS yöntemi yankıyı daha etkili bir şekilde bastırmıştır.

Bu olayda en büyük etken adım büyüklüğü faktörünün daha hassas ve değişken olarak kullanılmasıdır.

KAYNAKLAR

1. Abazi, A., “İnternet Protokolü Üzerinden Ses İletimi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 33, 56-58 (2000).
2. Aşırım, A., “ IP Üzerinden Ses İletimi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 97, 118-121 (2002)
3. Bektaş, B., “Telephone Line Echo Cancellers And Performance Evaluations” , Yüksek Lisans Tezi, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 7 (2002)
4. Birlikbaş, S., “Uyarlamalı Dijital Süzme Yapıları, Öğrenme Algoritmaları ve Uygulamaları”, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, 9-11(2000)
5. Collins, D, “ The H323 Architecture” , Carrier Grade Voice Over IP, *Mc Graw Hill*, New York , 115-117 (2001)
6. Demirtaş, G., “Mikroişlemcili Filtre Tasarımı”, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 11-13 (1997)
7. Deva, M., “ İnternet Protokolü Üzerinden Ses Aktarımı”, Bitirme Ödevi, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul, 15 (2004)
8. Dölek, F., “ Adaptif Filtrelerin EEG İşaretlerine Uygulanması ”, Yüksek Lisans Tezi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kahramanmaraş, 17-18 (1999)
9. Fincan, E., “İnternet Üzerinden Ses Haberleşmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 3, 60 (2002).
10. Forouzan B. A., “ Frame Relay”, Data Communications and Networking 2nd Edition, *Mc Graw Hill*, New York, 525-526 (2001)
11. Gençaga, O. D., “ Adaptive Escalator Algorithms For System Identification And Their Applications to Acoustic Echo Cancellation ” , Yüksek Lisans Tezi, *Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-3 (2000)
12. Haykin, S., “Adaptive Filter Theory” , *Prentice Hall* , New Jersey, 195 (1996)
13. Kaçmaz, H., “Haberleşme Kanallarında Yankının Etkisi ve İndirgenmesi”, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 45-47 (2001)
14. Karaman, E., “Ağ Temelleri”, *Ağ Temelleri Semineri*, Ankara , 1-3(2005)
15. Liavas, A. P. And Regalia, P. A., “ Acoustic Echo Cancellation: Do IIR Models Offer Better Modeling Capabilities than Their FIR Counterparts? ”, *IEEE Transactions on Signal Processing*, 46 (9) , 2499-2500(1998)
16. Mouchtaris, P., “Interfacing VOIP to the Public Switch Telephone Network (PSTN)”, *SPIE (The International Society for Optical Engineering) Volume 4522*, Denver, 29 (2001)

17. Soni, R. A., Gallivan, K. A. And Jenkins, W. K , “ Low-Complexity Data Reusing Methods in Adaptive Filtering”, *IEEE Transactions on Signal Processing*, 52 (2), 394-395(2004)
18. Still, B.,”Wireless Voip”, *IEEE Professional Communication Society Newsletter*, 49(6) , 1-3(2005).
19. Ulaş, İ., “ IP Üzerinden Ses İletimi ve Uygulaması” , Yüksek Lisans Tezi, *Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Muğla, 60, 95-97 (2002)
20. Uluaydın, N. K., “ Hybrid Echo Cancellation Using Gamma Filters”, Yüksek Lisans Tezi, *Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 11-14 (1998)

EKLER

EK-1 Matlab benzeşim kodları

lms.m

```
function [A,E] = LMS(x,d,M,S,a0)
```

```
%      Widrow-Hoff LMS algoritması kullanılarak Uyarlamalı süzme
```

```
%      [A,E] = LMS(x,d,M,S,a0)
```

```
%      r  : Uyarlamalı süzgecin girişi
```

```
%      d  : beklenen çıkış
```

```
%      M  : step-size parametresi
```

```
%      S  : süzgeç katsayısı sayısı
```

```
%      a0 : (isteğe bağlı) initial guess for FIR süzgeci için ilk tahmin
```

```
%      A çıkış matrisi süzgeç katsayıları içerir.
```

```
%      - n'inci sıra n zamanındaki süzgeç katsayılarını içerir.
```

```
%      - m'inci sütun zamana bağlı m'inci katsayılarını içerir.
```

```
%      - E çıkış vektörü zamana bağlı hata serisini içerir.
```

```
r=convm(x,S);
```

```
[M,N] = size(r);
```

```
if nargin < 5, a0 = zeros(1,N); end
```

```
a0 = a0(:).';
```

EK-1 (Devam) Matlab benzeşim kodları

```
E=zeros(M-N+1,1);
```

```
A=zeros(M-N+1,S);
```

```
E(1) = d(1) - a0*r(1,:).';
```

```
A(1,:) = a0 + mu*E(1)*conj(r(1,:));
```

```
if M>1
```

```
for k=2:M-N+1;
```

```
E(k) = d(k) - A(k-1,:)*r(k,:).';
```

```
A(k,:) = A(k-1,:) + mu*E(k)*conj(r(k,:));
```

```
end;
```

EK-1 (Devam) Matlab benzeşim kodları

nlms.m

```
function [A,E] = nLMS(x, d, B, M, a0)

%      NLMS  Normalize edilmiş LMS uyarlamalı süzme algoritması

%      [A,E] = nLMS(x,d,beta,nord,a0)

%      x   : Uyarlamalı süzgecin girişi

%      d   : beklenen çıkış değeri

%      B : Uyarlamalı süzmenin adım büyüklüğü parametresi

%      M : süzgeç katsayılarının sayısı

%      a0 : (isteğe bağlı) FIR süzgeci katsayısı a0=0

           olarak varsayılır.

%      A çıkış matrisi süzgeç katsayıları içerir.

%      n'inci sıra n zamanındaki süzgeç katsayılarını içerir.

%      m'inci sütun zamana bağlı m'inci katsayılarını içerir.

%      E çıkış vektörü zamana bağlı hata serisini içerir.

X=convm(x,S);

[M,N] = size(X);

if nargin < 5,  a0 = zeros(1,N);  end
```

EK-1 (Devam) Matlab benzeşim kodları

```
a0 = a0(:).';
```

```
E=zeros(M-N+1,1);
```

```
A=zeros(M-N+1, S);
```

```
E(1) = d(1) - a0*X(1,:).';
```

```
DEN=X(1,:)*X(1,:)' + 0.05;
```

```
A(1,:) = a0 + beta/DEN*E(1)*conj(X(1,:));
```

```
if M>1
```

```
for k=2:M-S+1;
```

```
    E(k) = d(k) - A(k-1,:)*X(k,:).';
```

```
    DEN=X(k,:)*X(k,:)' + 0.05;
```

```
    A(k,:) = A(k-1,:) + beta/DEN*E(k)*conj(X(k,:));
```

```
end;
```

```
%E=E/max(abs(E));
```

```
end;
```

EK-1 (Devam) Matlab benzeşim kodları

echogen.m

```
function [echo,signal] = echogen(alpha,N)

%[y,Fs,bits] = wavread('speech_r8b_r8b');

%imp=[1;zeros(N,1)]+(alpha*[zeros(N,1);1]);

[x,Fs,bits] = wavread('speech_r8b_r8b');

[m,n]=size(x);

%s=55000;

%m=71000;

echo=alpha*[zeros(N,1);x(1:m)];

%echo=alpha*[x(s-N:s-1);x(s:m-N)];

%echo=echo/max(abs(echo));

%imp=x(1:m-N)+alpha*x(N:m-1);

%signal=x(s:m);%+alpha*echo;

%signal=signal/max(abs(signal));

signal=x(1:m);
```

EK-1 (Devam) Matlab benzeşim kodları

showresult.m

```
function[lse]=showresult(x,d,A,E)

L=length(x);

echo_square=abs(d).^2;

error_square=(E).^2;

lse=(error_square);

alpha=1/800;

k(1:48001)=0;

m(1:48001)=0;

for i=1:48000

    k(i+1)=alpha*lse(i+1)+(1-alpha)*k(i);

end

for i=1:48000

    m(i+1)=alpha*echo_square(i+1)+(1-alpha)*m(i);

end

k=10*log10(k);

m=10*log10(m);

for i=1:2000-100%
```

EK-1 (Devam) Matlab benzeşim kodları

```

mse(i)=mean(error_square(i:i+100));

end

%for i=1:M-2500

%dB cinsinden azalma

%db(i)=-20*log10(mean(abs(d(i:i+2500)))/mean(abs(E(i:i+2500))));

%end

%dB cinsinden azalma

figure(1),plot(x),axis([0 M -0.5 0.5]),title('Giriş sinyalinin grafiği')

figure,subplot(2,1,1),plot(d),axis([0 M -0.5 0.5]),title('Yankı sinyali')

subplot(2,1,2),plot(m-k),title(' db cinsinden azalma')

figure,plot(d),axis([0 M -0.5 0.5])

hold on

plot(E,'--r'),axis([0 M -0.5 0.5]),title('hata sinyalinin grafiği')

%figure,plot(mse),title('hatanın grafiği')

%figure(4),plot(db),title(' db cinsinden azalmanın grafiği')

%figure,plot(lse_echo(1:50:end)),title('örnekleşmiş dB grafiği')

%hold on

%plot(m)% ,title('LMS'nin grafiği')

figure,plot(A(4000,:)),axis([0 16 -0.2 0.6]),

```

EK-1 (Devam) Matlab benzeşim kodları

```
title('süzgeç için farklı katsayıların grafiği ')
```

```
hold on
```

convm.m

```
function y= convm(x,p)
```

```
% convm fonksiyonu “convolution matrix” oluşturur.
```

```
N = length(x)+(2 * p)-2;
```

```
y=zeros(N-p+1,p);
```

```
x = x(:);
```

```
xpad = [zeros(p-1,1);x;zeros(p-1,1)];
```

```
for i = 1:p
```

```
    y(:,i) = xpad(p-i+1:N-i+1);
```

```
end
```

EK-2 Sözlük

ARP : IP adres tiplerinin fiziksel adres çözümlemesi görevini üstlenmiştir.

ICMP: Paketlerin durumları hakkında paket sahibine bildirim yapar. Hata durumlarında, yaşam süresi dolan bir paket hakkında, paket yön değiştirdiğinde ya da yok olduğunda kullanıcıyı bilgilendirir.

IGMP: Paketin ağdaki yayın yapılacağı, gönderileceği grupları belirleme sorumluluğu vardır. Paketin bir bilgisayara, gruba ya da gruptaki bazı kullanıcılara gönderim yapılması kararının verildiği protokoldür. Paketler bir bağlantı sırasında aktarılması planlanan verinin küçük parçalara bölünmüş halidir.

IP : İnternet katmanındaki paketlerin yönlendirilmesi ve adreslenmesinden sorumludur.

Kodlama: Örneklenmiş ve kuantalanmış sinyal, kendisine yakın olan değerlere ve bu değerlere karşılık gelen ikili sayısal kodlara eşitlenmesidir.

Kuantalama (Yuvarlama): Analog ses sinyalinden alınan örneklerin belirli değerlere yuvarlanmasıdır.

Multicast (Çok yöne yayın): Bir mesajı birçok kişiye en az bant genişliği kullanarak ulaştırma tekniğidir.

NetMeeting: Microsoft tarafından ücretsiz olarak dağıtılan, görüntülü ve sesli Konferansa olanak sağlayan bir İnternet iletişim yazılımıdır.

Örnekleme: Analog olan giriş sinyalinden periyodik olarak belirli frekanslarla örnekler alınmasıdır.

Paket: Bir iletim esnasında gönderilmesi ya da alınması planlanan verilerin parçalara bölünerek küçültülmüş halidir.

EK-2 (Devam) Sözlük

Token ring : Bir ağ çeşididir. Bir token ring ağda ; Tüm cihazlar kapalı bir daire şeklinde bağlanır. Jetona (Token) sahip olan cihaz, solundaki cihaza doğru veriyi gönderir Jetona sahip olmayan cihazlar, veriyi alır ve değiştirmeden solundaki cihaza gönderir. İlk yollayan cihaza veri geldiğinde verinin ağdaki tüm cihazları gezdiği anlaşılmış olur. Bu durumda, o cihaz jetonu soldaki cihaza gönderebilir. Token ring, görece basit bir ağ şeklidir. Sadece jetona sahip olan cihaz yayın yaptığından, çakışma sorunları görülmez. Öte yandan, token ring'in bir sorunu eğer daire kopar ise veri iletişimi durmasıdır. Bu sorunu çözmek için değişik yönlerde dönen iki daire konulabilir. Buna ek olarak, iki daire konulduğunda veri iletişim hızı da artırılabilir. Köprü cihazları temelde bağımsız iki ağı (farklı ağ teknolojilerini kullanabilirler- Ethernet ve Token-Ring gibi) birbirine bağlantısı için kullanılırlar.

Unicast(Tek yöne yayın): Tek bir kişiye bir mesajı iletme tekniğidir.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : GÜNBULUT, Yaşar
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 02.05.1979 Sivas
Medeni hali : Bekar
Telefon : 0 (312) 4426680
e-mail : gunbulut79@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Başkent Üniversitesi Elektik Elektronik Müh.Böl.	2002
Lise	M.E.R Anadolu Lisesi	1997

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2005-2006	KarelArge San.Tic A.Ş.	Tasarım Destek Müh.

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Futbol, Karting, Seyahat etmek