

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**VOIP-İNTERNET ÜZERİNDEN SESLİ HABERLEŞME
AĞININ OPTİMİZASYONU**

**Tezi Hazırlayan
Bilal KARAASLAN**

**Tez Yöneticileri
Yrd. Doç. Dr. Osman COŞKUN
Yrd. Doç. Dr. Mustafa DANACI**

**Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

Ağustos 2006

KAYSERİ

Yrd. Doç. Dr. Osman COŞKUN ve Yrd. Doç. Dr. Mustafa DANACI danışmanlığında Bilal KARAASLAN tarafından hazırlanan “VoIP-İnternet Üzerinden Sesli Haberleşme Ağının Optimizasyonu” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

08/09/2006

JÜRİ

Başkan Prof. Dr. Kenan DANIŞMAN

Üye Prof. Dr. Derviş KARABOĞA

Üye Yrd. Doç. Dr. Osman COŞKUN

ONAY

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulunun 15/09/2006... tarih ve 2006/27-46 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

15/09/2006



Prof. Dr. Nusret AYYILDIZ
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Bu tez çalıŐmasının danıŐmanlıđını yürüten ve yüksek lisans çalıŐmalarım süresince gerek danıŐmanlık gerekse bilgi paylaşımı yönünden yardımlarımı hiç esirgemeyen saygı değer hocalarım **Yrd. Doç. Dr. Osman Coşkun** ve **Yrd. Doç. Dr. Mustafa Danacı**'ya, değerli bilgileri ile bana destek olan sevgili arkadaşlarım **Osman Özcan, Fehim Köylü ve Fatih Gençoğlu**'na maddi manevi her türlü desteğinden ve yardımlarından dolayı sevgili niŐanlım **Akkız Zorluer**' e, sevgili ağabeyim **Suat SARIKAYA**'ya ve son olarak da öğrenim hayatım boyunca, bana verdikleri destek ve gösterdikleri sabırdan dolayı çok değerli **ailem**' e sonsuz teŐekkürlerimi sunuyorum. Ayrıca bu çalıŐmanın yapılması sırasında destek sağlayan Erciyes Üniversitesi Araştırma Projeleri Birimine teşekkür ederim.

VOIP-İNTERNET ÜZERİNDEN SESLİ HABERLEŞME AĞININ OPTİMİZASYONU

Bilal KARAASLAN
Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Ağustos 2006
Tez Danışmanları: Yrd. Doç. Dr. Osman COŞKUN
Yrd. Doç. Dr. Mustafa DANACI

ÖZET

Bu çalışmada, kullanımı her geçen gün artan IP protokolü üzerinden haberleşmede (Voice over IP) kaynak ile hedef arasındaki en kısa yolun bulunarak telefon trafiğinin bu yol üzerinden yönlendirilmesi hedeflenmiştir.

En kısa yol bulma algoritmalarında kullanılan parametreler maliyet, gecikme, ses kalitesi, ağdaki trafik yoğunluğu, coğrafi olarak uzaklık vb. olabilmektedir. Haberleşme ağlarında kullanılmakta olan Dijkstra ve AntNET yönlendirme algoritmaları, IP protokolü tabanlı model ağımızda uygulanmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Uygulamaya geçmeden önce haberleşme ortamı olan internet ve bilgisayar ağları kısaca incelenmiştir. VoIP teknolojisi, bilgisayar ağlarında klasik yönlendirme ve zeki yönlendirme tekniği olan AntNET algoritması ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Her iki algoritmanın C# ile modellenmesi gerçekleştirilmiştir ve farklı ağ yapılarına uygulanıp performans değişimleri gözlenmiştir.

Çalışmada öncelikle Türkiye'nin değişik illerinde oluşturulan 30 adet POP (Point of Presence-Varlık noktası) noktaları arasındaki yönlendirme problemi için Dijkstra ve AntNET algoritmasının simülasyonu gerçekleştirilmiştir. POP noktaları arasında farklı ağ yapıları ve değişik telefon trafik yoğunluğu oluşturulduğunda; her iki algoritmanın bu farklılıklara karşı verecekleri tepki ve performans değişimleri araştırılmıştır. Daha sonra bu iki algoritmanın performans yönünden birbirleri ile karşılaştırılması yapılmıştır. Sonuçlar tablo ve grafiksel olarak verilmiştir.

Anahtar Sözcükler: IP protokolü üzerinden ses, AntNET, Dijkstra Algoritması, en kısa yol

OPTIMIZATION OF VOICE COMMUNICATION NETWORK OVER INTERNET

Bilal KARAASLAN

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M. Sc. Thesis, August 2006

Thesis Supervisors: Assoc. Prof. Osman COŞKUN

Assoc. Prof. Mustafa DANACI

ABSTRACT

In this study, the routing of telephone traffic is aimed with the help of finding the shortest path between source and destination in communication through Voice over IP which its usage has being increased day by day.

The parameters used in the shortest path-finding algorithm can be cost, delaying, quality of voice, traffic intensity in network, geographical distance and soon. Dijkstra and AntNET routing algorithms that have been used currently in communication Networks have been applied in model communication network based IP protocol and obtained results have been compared.

Before application, internet and computer networks which have communication environment have been searched briefly. VoIP technology, classical routing in computer Networks and AntNET algorithm which is intelligent routing technique have been described in detail. Modelling of both algorithms with C# has been achieved and performance's changes have been observed by applying to different network structures.

In this study, the simulation of Dijkstra and AntNET algorithms have been realized for the routing problem among 30 POP realizing different cities of Turkey. At different network structures and various telephone traffic densities, reactions and performance changes of the both algorithms have been searched. Then these two algorithms have been compared as performance. The obtained results have been given by charts and graphics.

Keywords: Voice over IP protocol, AntNET, Dijkstra Algorithm, the shortest path

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY.....	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
KISALTMALAR VE SİMGELER.....	ix
TABLolar LİSTESİ	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
1. BÖLÜM	
GİRİŞ	1
2. BÖLÜM	
BİLGİSAYAR AĞLARI VE İNTERNET	5
2.1. Giriş.....	5
2.2. İnternetin Tarihçesi	5
2.3. İnternetin Türkiye’deki Tarihçesi	7
2.4. Bilgisayar Ağ Kavramları	7
2.5. Ağ Türleri.....	9
2.6. Bilgisayar Ağlarının Sınıflandırılması	9
2.6.1. Bilgisayar Ağlarının İletim Teknolojisine göre Sınıflandırılması	9
2.6.2. Bilgisayarların Fiziksel Boyutlarına Göre Sınıflandırılması.....	10
2.6.2.1. Yerel Alan Ağları (LANs: Local Area Networks).....	10
2.6.2.2. Kentsel Alan Ağları (MAN: Metropolitan Area Networks)	11
2.6.2.3. Geniş Alan Ağları (WAN: Wide Area Networks).....	11
2.7. OSI Başvuru Modeli	12
2.7.1. Yedi Katmanlı Model.....	13
2.7.2. OSI Katmanlarının Görevi	14
3. BÖLÜM	
IP PROTOKOLÜ ÜZERİNDEN SES TAŞIMA(VOIP).....	18
3.1. Giriş.....	18
3.2. VoIP’in Tarihçesi	19

3.3.	TCP/IP nedir?.....	20
3.4.	Devre ve Paket Anahtarlama.....	22
3.5.	VoIP Kodlama Standartları.....	24
3.6.	VoIP Protokolleri.....	26
3.6.1.	TIPHON.....	26
3.6.2.	SIP.....	27
3.6.3.	TINA.....	29
3.6.4.	H.323.....	29
3.7.	H.323 Bileşenleri.....	31
3.7.1.	Gateway.....	32
3.7.2.	Gatekeeper.....	33
3.7.3.	Multi-point Control Unit (MCU).....	34
3.7.4.	Terminaller.....	34
3.8.	Bant Genişliği ve Paketler.....	38
3.8.1.	Gecikme (Delay).....	38
3.8.2.	Biriktirme Gecikmesi.....	39
3.8.3.	Süreç Gecikmesi.....	40
3.8.4.	Ağ Gecikmesi.....	40
3.8.5.	Kayıp-Paket Telafisi.....	40
3.8.6.	Stress (Jitter).....	41
3.9.	Sistem ve QoS Kontrol.....	42
3.9.1.	RTP ve RTCP.....	42
3.10.	VoIP Yazılım Mimarisi.....	43
3.10.1.	Ses Paketi Yazılım Modülü.....	43
3.10.2.	Telefon-Sinyalleşme Ağ Geçidi Yazılım Modülü.....	43
3.10.3.	Paket Kuralı Modülü.....	44
3.10.4.	Ağ-Yönetim Modülü.....	44
3.10.5.	Ses Paket Modülü.....	44
3.11.	Sinyalleşme, Kural ve Yönetim Modülleri.....	46
3.11.1.	Telefon-Sinyalleşmesi Ağ Geçidi Modülü.....	47
3.11.2.	Ağ-Kuralı Modülü.....	47
3.11.3.	Ağ-Yönetim Modülü.....	48
3.12.	VoIP Senaryoları.....	48

3.12.1. Telefonda Telefona İnternet Üzerinden Bağlantı.....	49
3.12.2. Telefonda Bilgisayara veya Bilgisayardan Telefona İnternet Üzerinden Bağlantı	50
3.12.4. Bilgisayardan Bilgisayara İnternet Üzerinden Bağlantı.....	50
3.13. Ücretlendirme.....	50
3.14. Konuşma Kalitesinin Ölçümü	51
4. BÖLÜM	
HABERLEŞME AĞLARINDA YÖNLENDİRME	53
4.1. Giriş.....	53
4.1. Yönlendirme Teknikleri	54
4.1.1. En Kısa Yolu Bulma Algoritması(Dijkstra's Shortest Path Algorithm).....	54
4.1.2. Taşkın (Flooding).....	58
4.1.3. Hat Durumu Yönlendirmesi (Link State Routing).....	60
4.1.4. Uzaklık Vektörü Yönlendirmesi (Distance Vector Routing).....	61
4.1.5. Zeki Yönlendirme Algoritması AntNET	64
5. BÖLÜM	
AĞ YÖNETİM UYGULAMASI.....	69
5.1. Giriş.....	69
5.2. Ağ Yönetim Yazılımı	69
5.3. POP Noktaları	70
5.4. Dijkstra Algoritması Kullanılarak Ağ Yönetimi.....	71
5.5. AntNet Algoritması Kullanılarak Ağ Yönetimi.....	73
5.6. AntNet ve Dijkstra Algoritmasının Karşılaştırılması.....	75
6. BÖLÜM	
SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	79
KAYNAKLAR	81
ÖZGEÇMİŞ	84

KISALTMALAR VE SİMGELER

IP	Internet Protocol – İnternet Protokol
VoIP	Voice over IP- IP protokolü üzerinden ses taşıma
POP	Point of Presence- Varlık Noktası
QoS	Quality of Service- Servis kalitesi
DARPA	Defense Advanced Projects Agency- İleri Savunma Araştırmaları Proje Dairesi
NFS	National Science Foundation- Amerikan Ulusal Bilim Vakfı
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol- İletim Kontrol Protokolü/ İnternet Protokolü
TTnet	Türk Telekom'un internet servis sağlayıcısıdır ve Türkiye'deki internet omurgasının sahibidir.
ISP	İnternet Service Provider- İnternet Servis Sağlayıcı
İEN	İnternet Erişim Noktası
LAN	Local Area Network- Yerel Alan Ağı
MAN	Metropolitan Area Networks-Kentsel Alan Ağları
WAN	Wide Area Network- Geniş Alan Ağı
OSI	Open Systems Interconnection-Açık Sistem Bağlantısı
ISO	International Standards Organization-Uluslararası Standartlar Kuruluşu
TR	Token Ring
FDDI	Fiber Distributed Data Interface
ATM	Asynchronous Transfer Mode- Asenkron Aktarım Modu
PRI	Primary Rate Interface
FR	Frame Relay
ISDN	Integrated Services Digital Network- Bütünleşik Servisler Sayısal Ağı

Wi-Fi	Wireless Fidelity- Kablosuz bağlantı
MAC	Media Access Control- Ortam Erişim Yönetimi
LLC	Logical Link Control
SAP	Service Access Points- Servis Erişim Noktaları
HTTP	Hypertext Transfer Protocol-Hipermetin Aktarma İletişim Protokolü
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol- Basit Mail Gönderim Protokolü
SNMP	Simple Network Management Protocol- Basit Ağ Yönetimi Protokolü
FTP	File Transfer Protocol – Dosya Aktarım Protokolü
NFS	Network File System- Ağ Dosya Sistemi
ARPA	Advanced Research Projects Agency -İleri Araştırma Projeleri Ajansı
GSM	Global System for Mobile Communications- Küresel Mobil İletişim Sistemi
CCSS	Common Chanel Signaling System- Genel Kanal İşaretleşme Sistemi
ITU-T	International Telecommunications Union Telecommunication Standardization Sector-Uluslararası Telekomünikasyon Birliği Telekomünikasyon Standartlaştırma Birimi
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
TIPHON	Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks
SIP	Session Initiation Protocol - Oturum Başlatma Protokolü
SDP	Session Description Protocol- Oturum Açıklama Protokolü
TINA-C	Telecommunications Information Network Architecture Consortium
RAS	Registration, Admission and Status- Kayıt, Girme izni, Durum
MCU	Multi-point Control Unit- Çok Noktalı Kontrol Birimi
RTP	Real-time Transport Protocol- Gerçek-zamanlı İletim Protokolü
FXS	Foreign eXchange Station- dış merkez santral istasyonu
FXO	Foreign eXchange Office- dış santral ofisi
VoFR	Vocie over Frame Relay- Frame Relay üzerinden ses taşıma

ANSI	Amerikan National Standards Institute- Amerikan Ulusal Standartları Enstitüsü
VToA	Voice over ATM- ATM üzerinden ses taşıma
PVC	Permanent Virtual Circuit-Kalıcı Sanal Devre
SVC	Switched Virtual Circuit-Anahtarlamalı Sanal Devre
LMI	Local Management Interface- Yerel yönetim ara yüzün
ITSS	İnternet Telefon Service Sağlayıcı
BF	Belman-Ford
Q-R	Q-Routing
PQ-R	Predictive Q-Routing
A_i	yönlendirme tablosu
N_i	i noktasının komşularının grubu
τ	feromon miktarı
η	sezgisel değer
α	feromon maddesi kontrol parametresi
β	sezgisel değer kontrol parametresi
d_{ij}	i ve j arasındaki uzaklık
M^k	karınca özel hafızası
T^k	k karıncası tarafından yapılan tur
L^k	k karıncası tarafından yapılan turun uzunluğu
ρ	feromon izi zayıflatma katsayısı, buharlaşma sabiti
q_{ij}	i noktası ile j noktasını birleştiren hattın sıra uzunluğu
w	ağırlık faktörü
P_{ijd}^k	k karıncasının i noktasından d noktasına giderken j noktasını seçme olasılığı

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2.1. OSI Katmanları.....	12
Tablo 3.1. VoIP Ses Sıkıştırma Standartları	26
Tablo 3.2. H.323 Protokol Yapısı.....	30
Tablo 4.1. Düğümler arasındaki uzaklık tablosu	57
Tablo 4.2. G yönlendiricisindeki tablonun güncellenmesi.....	63
Tablo 5.1. Dijkstra Algoritmasının 30 adet POP noktasına uygulanması	72
Tablo 5.2. Dijkstra Algoritmasının 27 adet POP noktasına uygulanması.....	73
Tablo 5.3. AntNet Algoritmasının 30 adet POP noktasına uygulanması.....	74
Tablo 5.4. AntNet Algoritmasının 27 adet POP noktasına uygulanması	75
Tablo 5.5. Dijkstra ve AntNet Algoritmasının Ortalama Geçilen POP Noktasına Göre Karşılaştırılması	76
Tablo 5.6. Dijkstra ve AntNet Algoritmasının Başarısız Arama Sayısına Göre Karşılaştırılması	77
Tablo 5.7. Dijkstra ve AntNet Algoritmasının Eş Zamanlı Çağrı Sayısına Göre Karşılaştırılması	78
Tablo 5.8. Dijkstra ve AntNet Algoritmasının Düğüm Kapasitesine Göre Karşılaştırılması	77

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Yedi katmanlı OSI Başvuru Modeli.....	13
Şekil 3.1. TCP/IP Protokol Kümesi yapısı.....	21
Şekil 3.2. TCP/IP Mimari Modeli.....	22
Şekil 3.3. Temel VoIP bileşenleri	24
Şekil 3.4. TIPHON Mimarisi.....	27
Şekil 3.5. SIP Mimarisi	28
Şekil 3.6. H.323 Mimarisi.....	32
Şekil 3.7. H.323 Gatekeeper Zone.....	33
Şekil 3.8. Çağrı kurulum ve kaldırılma mekanizması.....	35
Şekil 3.9. H.323 uçların gatekeeper kullanarak haberleşmesi.....	37
Şekil 3.10. VoIP Yazılım Mimarisi.....	43
Şekil 3.11. Ses Paket Modülü.....	46
Şekil 4.1. Örnek Ağ Yapısı.....	55
Şekil 4.2. Geçici uzaklık değerlerinin belirlenmesi.....	56
Şekil 4.3. Taşkın tekniğinde paketlerin ağ içinde yayılması.....	59
Şekil 4.4. Uzaklık vektörü yönlendirmesinde tabloların ilk durumu.....	62
Şekil 4.5. Ağ üzerindeki E yönlendiricisinin bozulması ve sekme sayısının ölçüt olarak kullanılması durumu.....	64
Şekil 5.1. Ağ Yönetim Simülasyon Programı.....	70
Şekil 5.2. Haberleşme Ağındaki POP Noktaları	71
Şekil 5.3. Dijkstra Algoritmasının 30 adet POP noktasına uygulanması.....	72
Şekil 5.4. Dijkstra Algoritmasının 27 adet POP noktasına uygulanması	73
Şekil 5.5. AntNet Algoritmasının 30 adet POP noktasına uygulanması.	74
Şekil 5.6. AntNet Algoritmasının 27 adet POP noktasına uygulanması.	75
Şekil 5.7. Dijkstra ve AntNet Algoritmasının Ortalama Geçilen POP Noktasına Göre Karşılaştırılması.	76
Şekil 5.8. Dijkstra ve AntNet Algoritmasının Başarısız Arama Sayısına Göre Karşılaştırılması.	77

1. BÖLÜM

GİRİŞ

1 Ocak 2004 tarihinde Türk Telekom' un tekelinin kalkması ile ismini çok sık duyduğumuz hatta kullanmaya başladığımız IP (Internet Protocol – İnternet Protokol) üzerinden ses taşıma; ucuz, güvenli, kullanım olarak bir farklılığı olmayan ve tüm dünyada yaygın olarak kullanılan bir haberleşme teknolojisidir. Bu teknolojinin tercih edilmesinin en önemli sebebi en düşük maliyetle haberleşme imkânı sunmasıdır. Ülkemizde; 31.12.2003 sonuna kadar Türk Telekom A.Ş.'nin tekel oluşu, altyapı eksikliği ve teknolojinin takip edilmemesinden dolayı ülkemiz bu teknolojiyle birçok dünya ülkesinden sonra tanışmıştır. Tekelin kalkması ile bu teknolojinin kullanımı ülkemizde günden güne artmaktadır.

IP telefon olarak da adlandırılan VoIP (Voice over IP- IP protokolü üzerinden ses taşıma); günümüz devre anahtarlamalı telekomünikasyon servislerinin paket-anahtarlamalı veri şebekelerinde çalışmasını sağlayan ve IP protokolüne dayanan teknolojilerin bir koleksiyonudur. Bir başka deyişle geleneksel telefon sistemlerinin yerine, sesin IP paketlerine dönüştürülerek tamamen IP temelli şebekeler üzerinden iletilmesi işlemine de denilebilir.

Günümüz PSTN (Public Switched Telephone Network- Genel Anahtarlamalı Telefon Ağı) şebekeleri kullanıcılarına her çağrı için uçtan uca yalnızca bu görüşmeye tahsis edilmiş bir bağlantı sağlamaktadır. Bu bağlantı, arayan tarafın bağlı olduğu santralden başlayarak, aradaki santraller ve aranan taraftaki santrale kadar kurulan canlı bir devredir. Bu görüşme için sinyalleşme sırasıyla çağrı kurma, çağrı yönetimi ve çağrı sonlandırma şeklinde gerçekleşmektedir.

PSTN hizmeti yaklaşık olarak son 100 yıldan bu yana devam etmiştir. PSTN temelde ses taşıma amacı ile geliştirildiği için veri trafiği için de ayrı şebekeler oluşturulmuştur. Ses ve veri için ayrı şebekelerin oluşturulması servis sağlayıcılara ek maliyet kullanıcılara ise ilave ücret doğurmuştur. PSTN hizmeti her geçen gün daha fazla veri içerikli olmaya devam edince ses ve veri şebekelerinin birleşmesi, yani tek bir platformda çalışması zorunluluğu ortaya çıkmıştır.

PSTN şebekelerinde her görüşme için bir hat tahsis edilmektedir. Sessizlik durumlarında bile bu hat tahsisi devam etmektedir. Kullanıcılar ne daha az ne de daha fazla bir bant genişliği talep edememektedirler. PSTN şebekelerinin en büyük avantajı konuşmaya başlamadan önce konuşma kalitesinin bilinmesidir. Bununla beraber IP telefon görüşmelerine göre oldukça pahalıdır.

IP şebekesi için verilebilecek en güzel örnek internettir. IP şebekesinde bilgi (ses, veri, resim, müzik, vb.) sayısallaştırılarak sayısal data şebekeleri üzerinden paketler halinde iletilirler. Buradaki mantık her paketin kendi yolunu bulması şeklindedir. Bu paketler hedefe ulaştıklarında tekrar sıralanarak önceki bilgi elde edilmektedir. Her paketin kendi yolunu bulmasıyla, hedef için en uygun yol seçilir ve ağ kaynakları en verimli şekilde kullanılır.

IP telefon, PSTN şebekeleri tarafından sağlanan ses, faks hizmeti, yönlendirme (routing), yetkilendirme, tanımlama, ücretlendirme, faturalama ve şebeke yönetimi işlemlerini desteklemektedir. Bunun için IP şebekesinin yönetilen bir şebeke olması ve servis kalitesinin garanti edilmesi gerekmektedir[1]. IP telefon görüşmelerinde görüşme kalitesi önceden bilinmemektedir. Ancak, QoS (Quality of service- Servis kalitesi) sağlandığı sürece düşük maliyetten dolayı tercih edilmektedir.

Bilgisayar ağları, haberleşmenin bir alt konusu olmaktadır. Daha önceleri bilgisayar ağlarında yalnızca veri iletimi yapılabilirken, teknolojinin gelişmesiyle beraber ses, veri ve görüntü iletiminin aynı ağ üzerinden yapılması mümkün hale getirilmiştir[2]. Günümüzde kurumlar, firmalar her türlü haberleşme gereksinimlerini, sahip oldukları bilgisayar ağları ile minimum maliyetle çözmek istemektedirler.

Bu tezin amacı, IP protokolü tabanlı dinamik haberleşme ağlarında Karınca Koloni Optimizasyonu algoritmalarından olan AntNET algoritması ile klasik yönlendirme algoritmalarından Dijkstra (Shortest Path Algorithm- En kısa yol algoritması) algoritmasının yönlendirme problemine uygulanabilirliğinin gösterilmesidir. Aynı zamanda farklı ağ yapılarında her iki algoritmanın performanslarının incelenmesidir.

Bilgisayar ağlarında, yönlendirme için günümüzde klasik yönlendirme algoritmalarını (Dijkstra, Taşkın, Hat durum, vb.) kullanımının yanında zeki ağ yönlendirme tekniklerinden olan karınca koloni algoritmaları ile yönlendirme de çok fazla tercih edilmektedir. Bu tekniğin tercih edilmesinin sebepleri; aktivite örneklerini değiştirerek ağa farklı, yüksek ya da düşük veri oranlı haberleşme kaynaklarının eklenmesinde ya da çıkarılmasında, ağın uyum sağlamasına ve ağa yeni servislerin dâhil edilmesine izin vermesidir.

Klasik yönlendirme algoritmalarından Dijkstra, ağ yapısındaki bir değişime AntNET kadar iyi uyum sağlayamamaktadır. Zeki ağ yönlendirmenin amacı, dinamik trafiği ve topoloji olaylarını sezmektir. Bunun için ağ üzerindeki engelleri tanımlamak gerekmektedir. Bu şekilde istenilen servis kalitesi korunmaktadır. Son zamanlarda Karınca Koloni Algoritmaları haberleşme ağlarında optimizasyon algoritması olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Fransa Telekom ve İngiliz Telekom karınca kolonisi algoritmasını kendi telefon ağlarına uygulamışlardır[3].

Heterojen çok-noktalı haberleşme ağlarında veri iletiminin güvenilirliğini ve bağlantının hızlı bir şekilde kurulması olayını karınca koloni zekâsı yönlendirme metotları artırmaktadır. Bu metotlar, bir ağın etkin haberleşme hedefini başarımında önemli ölçüde yardımcı olmaktadır [4].

Tez çalışması 6 bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde günümüz telekomünikasyon sistemlerinden kısaca bahsedilerek tezin amacı ortaya konmuştur. İkinci bölümde, internet ve bilgisayar ağ kavramlarına değinildikten sonra haberleşme ağlarının oluşturulması sırasında, tasarım karmaşıklığını azaltmak için geliştirilmiş olan OSI Başvuru Modeli'nden bahsedilmektedir. Üçüncü bölümde, VoIP (Voice over IP) hakkında ayrıntılı bilgi verilmektedir. Dördüncü bölümde, haberleşme ağlarında kullanılan yönlendirme algoritmaları anlatılmıştır. Beşinci bölümde, C# ile yazılan

simülasyon programı ile IP protokolü tabanlı model haberleşme ağında, ağın optimizasyonu gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Altıncı bölümde ise tez çalışmasından elde edilen bulgular ve sonuçlar tartışılmıştır. Altıncı bölümde ise, sonuçlara ilişkin değerlendirme yapılmıştır.

2. BÖLÜM

BİLGİSAYAR AĞLARI VE İNTERNET

2.1. Giriş

İnternet, milyonlarca bilgisayardan oluşan, binlerce bilgisayar ağını birbirine bağlayan, dünya çapında yaygın olan ve sürekli büyüyen bir iletişim ağıdır. “İnter” (arasında,birbiriyle) ile “net” (ağ) kelimelerinin bir arada kullanılmasıyla ağlar arası gibi bir anlama sahip olan internet kelimesi meydana gelir. Aynı zamanda, internet; insanların her geçen gün gittikçe artan "üretilen bilgiyi saklama / paylaşma ve ona kolayca ulaşma" istekleri sonrasında ortaya çıkan bir teknolojidir. Bu teknoloji yardımıyla pek çok alandaki bilgilere kolay, ucuz, hızlı ve güvenli bir şekilde erişilebilmektedir.

İnternetin en önemli özelliği birebir iletişim kurmasından önce “inter aktif” iletişim sağlamasıdır. İnternet ile tek taraflı bilgi vermek yerine, kullanıcının isteğine göre yönlenen bir bilgi akışı oluşmaktadır. İnternet ayrıca görüntü, ses ve bilgi alışverişi imkânı da sağlamaktadır.

2.2. İnternetin Tarihçesi

Günümüzde İnternet adı verilen yapı, 1970 yılında Amerikan Savunma Bakanlığı tarafından, araştırma kuruluşları ve üniversiteler arasındaki bilgi alışverişlerini sağlamak amacıyla kurulmuştur. 1969'da çeşitli bilgisayar bilimleri ve askeri araştırma projelerini desteklemek için Savunma Bakanlığı ARPANET adında Paket Anahtarlama Ağı oluşturmaya başladı. Bu ağ, ABD'deki üniversite ve araştırma kuruluşlarının değişik tipteki bilgisayarlarını da içererek günden güne büyüdü. Amerikan Genelkurmay Başkanlığına bağlı İleri Savunma Araştırmaları Proje Dairesi

(DARPA) tarafından geliştirilen; hangi bilgisayarın, hangi bilgisayara günün hangi saatinde bağlanacağını ve bilgilerin hangi prosedürlere göre alınıp verileceğini belirleyen bu sistem -o zaman ki adı ARPANET, kurumlar arasındaki haberleşmeyi ve dosya transferlerini o kadar kolaylaştırdı ki, askeri nitelik taşımayan ve Savunma Bakanlığının finanse etmediği projelerde de, bilgi transferi için kullanıldı. Amerikan Savunma Bakanlığı; "Üniversiteler arası haberleşmenin, tüm masraflarının bakanlık bütçesinden karşılanmasının haksızlık" olduğunu belirterek ARPANET'ten çekileceğini açıkladı (1979). 1980 yılının başlarında Amerikan Ulusal Bilim Vakfı (NSF), beş üniversitenin bünyesinde bulunan süper bilgisayarları birbirine bağlamak amacıyla, aralarında 56 Kbps hızında ve TCP/IP protokolüyle konuşacak bir ağı devreye soktu. TCP/IP, ARPANET'i de içeren Savunma Bakanlığı İnternet'inde kullanılmak üzere standartlaştırıldı. TCP/IP bugün var olan internet ağının ana halkası olarak yerini aldı, 1990 Haziran'ında ARPANET kullanımdan kaldırıldı. Yerini ABD, Avrupa, Japonya ve Pasifik ülkelerinde ticari ve hükümet işletimindeki omurgalar (backbone) aldı. ARPANET'in kaldırılmasına rağmen, TCP/IP protokolü kullanılmaya devam etti ve gelişti.

Bu ağ yapısı sadece süper bilgisayarlardan yararlanmayı değil; elektronik posta göndermeyi, dosya aktarmayı ve haber grupları oluşturmayı sağlıyordu. Üniversitelerin ilgisi, ağ üzerindeki trafiği de arttırmıştı. NSF, ağ trafiğinin artması üzerine 56 Kbps olan ağı 1,544 Mbps hızına çıkarttı (Bu bağlantıya T1 adı verildi). Ayrıca ağ üzerindeki merkez sayısı da arttırıldı. 1989 yılının başlarında, NSF giderek artan yükü kaldırmak amacıyla ağın 45 Mbps hızına yükseltilmesi gündeme geldi (Bu bağlantıya ise T3 adı verildi). 1991 yılının Kasım ayında omurga T1den T3 e, merkez sayısı 16 ya, merkeze bağlı ağ sayısı ise 3500 e çıkartıldı. İşte bu omurga bugün İnternet dediğimiz yapıdır.

Bugün internet ilk kuruluş amacının çok ötesine geçmiş ve dünya yüzeyine yayılmış en büyük bilgisayar ağı haline gelmiştir. Grafik ağırlıklı www'in internet üzerinde kullanılmaya başlaması ve kişisel bilgisayarların yaygınlaşması İnternet'in dünyanın en büyük kütüphanesi olmasını sağlamıştır. Kullanıcılar kendilerine yakın servis sağlayıcılardan aldıkları hatlarla günün her saatinde internete bağlı herhangi bir bilgisayara bağlanabilir buradaki bilgilerden yararlanabilirler. Bu müthiş iletişim tekniği her alanda etkilerini çok kısa zaman içinde göstermiştir[2].

2.3. İnternetin Türkiye'deki Tarihçesi

Türkiye İnternet'e Nisan 1993'ten beri bağlıdır. İlk bağlantı ODTÜ'den gerçekleştirilmiştir. 64kbit/sn hızında olan bu hat, çok uzun bir süre, tüm ülkenin tek çıkışı olmuş; Ege Üniversitesi'nden olan bağlantı ise, 1994 başlarında, 64kbit/san hızı ile gerçekleştirilmiştir. Ardından sırayla, Bilkent Ün.(1995 Eylül), Boğaziçi Üniv. (1995 Kasım) ve İTÜ (1996 Şubat) bağlantıları gerçekleştirilmiştir.

1996 yılı Ağustos ayında da Turnet çalışmaya başlamıştır. 1997 yılına gelindiğinde, akademik kuruluşların internet bağlantısını sağlayan ULAKNET çalışmaya başlamış, üniversiteler hızlı bir omurga yapısıyla birbirlerine bağlanmış ve internet kullanır hale gelmişlerdir. 1999 yılı içerisinde, ticari ağ altyapısında büyük değişiklikler olmuş ve TURNET'in yerini TTnet adında yeni bir oluşum almıştır. 2000'lerin başında; ticari kullanıcılar TTnet omurgası üzerinden; akademik kuruluşlar ve ilgili birimler de Ulaknet omurgası üzerinden internet erişimine sahiptir. Ayrıca bu iki omurga arasında yüksek hızlı bağlantı da mevcuttur.

Türkiye'nin İnternet çıkışını sağlayan merkezler dört grupta toplanabilir:

- Üniversiteler ve akademik kuruluşların internet bağlantı çıkışları
- Genellikle ticari kuruluşların ve İnternet Servis Sağlayıcılarının (İSS) yararlandığı TTNET çıkışları
- Diğer bazı özel şirketlerin ve servis sağlayıcıların, TTNET ile yaptıkları İnternet Erişim Noktası (İEN) anlaşması sonrasında kullandıkları firma temelli doğrudan yurtdışı internet çıkışları
- Bunların dışında kalan diğer bağlantılar

2.4. Bilgisayar Ağ Kavramları

Aralarında elektriksel bağlantı olan bağımsız bilgisayarlar topluluğuna bilgisayar ağı denir. Burada bilgisayarların bağlantılı olmaları, aralarında bilgi alışverişi yapabildikleri anlamına gelir. Bilgisayarlar arasındaki bağlantı, bakır tel üzerinden olabileceği gibi, fiber optik kablolar, radyo link sistemleri, haberleşme uyduları ve kısa mesafeler için

kızılötesi iletişim sistemleri ya da radyo dalgaları ile haberleşen iletişim sistemleri üzerinden de sağlanabilir.

Bilgisayarların bağımsız olmaları, başka bilgisayarların denetimi altında olmadıkları anlamını taşır. Eğer bir bilgisayar başka bir bilgisayar tarafından başlatılıp, durdurulabiliyorsa ve kontrol edilebiliyorsa bu bilgisayar bağımsız değildir. Bir kontrol ünitesinden ve birçok bağımlı bilgisayarlardan oluşan bir sistem ya da birçok uzak terminal ve yazıcıdan oluşan bir sistem bilgisayar ağı değildir[5].

Bilgisayar ağları, elektronik haberleşmenin ve sayısal tabanlı uygulamaların temel yapı taşı durumuna gelmiştir. Artık yalnız başına bir bilgisayar anlam ifade etmemektedir; mutlaka bir ağa bağlanması ve o ağın sahip olduğu kaynaklara erişilmesi ve ağ üzerindeki diğer kullanıcılarla iletişimde bulunması istenmektedir. Özellikle İnternet'in bu derece yaygınlaşması böyle bir gereksinimi ortaya çıkarmıştır. Bilgisayar ağı, bilgisayarların bir protokol altında iletişimde bulunmasıdır. Bu aynı zamanda çok geniş bir kavramdır. Küçük bir ofis içerisindeki birkaç bilgisayar ve bir yazıcı, bir HUB cihazı üzerinden birbirine bağlanarak bir bilgisayar ağı oluşturduğu gibi, tüm dünyaya yayılmış milyonlarca bilgisayarı içeren İnternet de bir bilgisayar ağıdır [2].

Bilgisayar Ağlarının Amaçları:

- 1) Kaynak Paylaşımı: Donanım, yazılım ve veri paylaşımı,
- 2) Yüksek Güvenilirlik: Önemli dosyaların birkaç makinede yedeklenmesi,
- 3) Para Tasarrufu: PC'lerin fiyat/performans oranının günden güne daha cazip hale gelmesi,
- 4) Ölçeklenebilirlik: Sistem performansının daha fazla işlemci eklenerek artırılması.
- 5) İletişim: Çalışanların kendi aralarında ve dünya ile kurdukları bir iletişim ortamının oluşması,
- 6) Bilgi: Gazetelerden tartışma gruplarına, e-posta'dan elektronik ticarete, video-konferans, www, ftp (dosya transferi), eğlence gibi birçok ortama internet aracılığıyla ulaşılabilmesi ve bilgi toplanmasının sağlanmasıdır.

2.5. Ağ Türleri

Ağ üzerinde bilgisayarların yapılandırılması ve bilgilere erişim metotlarına göre ağlar ikiye ayrılırlar.

- Peer-to-peer Network (eşler arası)
- Server-Based (client/server) Network

Eşler-arası (peer-to-peer) ağlarda genellikle sınırlı sayıda PC (Personel Computer- Kişisel Bilgisayar) birbirine bağlıdır. Bu bilgisayarlar seviye olarak aynıdır. Bu bilgisayarlardan hiç biri ana bilgisayar olarak kullanılmaz. Bir bağlantı aracılığıyla isteyen kullanıcılar birbirleriyle iletişim kurar ya da dosya alışverişinde bulunurlar.

Server-based (client/server) ağlarda ise bir ana bilgisayar bulunur ve bu bilgisayara ana makine (dedicated server) denir. Bu ana makine üzerinde ağ yönetimi yapılır. Ayrıca ağa girecek (login) ya da bağlanacak herkes bu ana makine üzerinde yer alan kullanıcı hesaplarına göre kontrol edilerek bağlantı gerçekleştirilir. Böylece kullanıcı ve dosya temelinde güvenlik sağlanmış olur. Bunun dışında kullanıcının girişinde kimlik bilgilerinin kontrolü (authentication) işlemi de yapılmış olur.

2.6. Bilgisayar Ağlarının Sınıflandırılması

Bilgisayar ağları, kullanılan iletim teknolojisine ve ağın fiziksel boyutlarına göre sınıflandırılabilirler.

2.6.1. Bilgisayar Ağlarının İletim Teknolojisine göre Sınıflandırılması

- Yayın Ağları(Broadcast Networks)
 - 1) Yerel Alan Ağları(LAN'lar: Local Area Networks)
 - 2) Kentsel Alan Ağları (MAN'lar: Metropolitan Area Network)
 - 3) Uydu Ağları(Satellite Networks)
- Noktadan-Noktaya Ağlar(Point-to-Point Networks)
 - 1) Geniş Alan Ağları (WAN'lar (Wide Area Networks))
 - 2) Ağlar arası iletişim (Internetworks)

2.6.1.1. Yayın Ağları

Yayın ağlarında ağda bulunan bütün bilgisayarların kullandığı tek bir iletim ortamı vardır. Yayın ağlarında herhangi bir bilgisayar tarafından gönderilen veri ağa bağlı tüm bilgisayarlar tarafından alınır. Bu gelen veri kendileri ile ilgili ise işlem yaparlar aksi takdirde hiç bir işlem yapmazlar.

Bazı yayın sistemleri, bir bilgisayar grubuna yayın yaparlar. Bu tür yapılan yayınlara çoklu dağıtım(multicasting) adı verilir. Bunun için adres alanında bir bitlik yer ayrılır. Adres alanından geriye kalan n-1 bit lik kısım grup numarasını belirtir. Her bilgisayar bir gruba veya bütün gruplara abone olabilmektedirler.

2.6.1.2. Noktadan-Noktaya Ağlar

Bu ağlarda, yayın ağlarının aksine kişisel bilgisayar arasında çok sayıda yol bulunur. Bir veri herhangi bir bilgisayardan başka bir bilgisayara gitmek için birçok ara makineden (router-yönlendirici) geçebilir. Verinin kaynaktan hedefe kadar hangi yollardan gideceğini yönlendirme algoritmaları (routing algorithm) belirler.

2.6.2. Bilgisayarların Fiziksel Boyutlarına Göre Sınıflandırılması

Bilgisayar ağları fiziksel boyutlarına göre aşağıdaki türlere göre ayrılırlar.

Yerel Alan Ağları (LAN'lar oda, bina ve kampus çapındaki ağlar)

Kentsel Alan Ağları (MAN'lar şehir çapında ağlar)

Geniş Alan Ağları (WAN'lar ülke ya da kıta çapındaki ağlar)

Ağlar Arası İletişim (Internetworks: birden çok ağın bağlantısıyla oluşan internet gibi gezegen çapındaki ağlar)

2.6.2.1. Yerel Alan Ağları (LANs: Local Area Networks)

Bir yerel alan ağı, küçük bir coğrafyaya dağılmış bilgisayarları birbirine bağlayan bir ağıdır. Temel özelliği ağda kullanılan sistemlerin aynı ortamda ya da yakın mesafede olmalarıdır. Ethernet, Jetonlu Halka(TR-Token Ring), FDDI(Fiber Distributed Data Interface) ve ATM (Asynchronous Transfer Mode) teknolojileri uygulama çeşidine göre LAN larda kullanılan teknolojilerdir. Günümüzde yerel alan ağları genelde Ethernet veya Wi-fi kullanırlar. Günümüzdeki örnekleri:

- Bir ev ağı
- Bir ofis ağı
- Bir kampus ağı
- İnternet kafeler

şeklinde sayılabilir. Bir yerel alan ağı ile daha büyük ağlar arasındaki en önemli farklar şunlardır:

- Çok daha yüksek veri hızları
- Küçük coğrafyadan dolayı daha kısa beklemeleler
- Basit yönlendirme kuralları

2.6.2.2. Kentsel Alan Ağları (MAN: Metropolitan Area Networks)

MAN'lar, LAN'ların şehir çapındaki büyük türleridir. LAN'lar la benzer teknolojileri kullanırlar. Genellikle birkaç mevcut yerel bilgisayar ağının birleştirelmesi sonucu kurulan ağlardır. MAN'larda anahtarlama elemanları bulunmaz; bağlantı bir veya iki kablo ile sağlanır ve yayın türü iletim yapılıır.

MAN'ları diğer ağlardan ayıran en önemli özellik bu ağ çeşidinde kullanılan DQDB (Distributed Queue Dual Bus) yöntemidir. Bu yöntemde, ağdaki tüm makinelerin bağlı olduğu her biri tek yönlü iki ortak yol bulunur ve bir makine sağındaki bir makineye veri göndermek istediğinde üst ortak yolu, sol tarafındaki bir makineye veri göndermek istediğinde ise alt ortak yolu kullanır.

2.6.2.3. Geniş Alan Ağları (WAN: Wide Area Networks)

Aralarında 1 km'den fazla mesafe olan, LAN ların birleşmeleriyle meydana gelen, bilgisayarların haberleşme altağı üzerinden birbirlerine bağlanması ile oluşun ve ülke ya da kıta çapındaki bağlantı sağlayan ağlardır. Analog modem, kiralık hat, X.25, WAN-ATM, FR (Frame Relay), Switched 56K, ISDN (Integrated Services Digital Network), Celluler gibi teknolojiler kullanılmaktadır. Türkiye'deki en meşhur WAN'lardan biri Turnet (Türkiye iç omurgası), bir diğerisi Ulak net'tir (Üniversiteler arası ağ).

2.7. OSI Başvuru Modeli

OSI (Open Systems Interconnection modelini ISO (International Organization for Standardization) geliştirmiştir. Amacı ise; iki bilgisayar arasındaki iletişimin nasıl olacağının tanımlanmasıdır.

İlk olarak 1978 yılında ortaya çıkarılan bu standart 1984 yılında yeni bir düzenleme ile OSI (Open Systems Interconnect) olarak referans modeli olarak yayınlanmıştır. Kısa sürede kabul göerek yaygınlaşmıştır ve ağ işlemi için bir kılavuz olmuştur.

Tablo 2.1. OSI Katmanları

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

OSI öncesindeki dönemde, yalnızca bilgisayar donanımı üreten kuruluşlara özgü ağlar vardı. Örneğin IBM'in SNA ile DEC'in DECnet'i gibi. Bu ağların özellikleri, çoğunlukla yalnızca o üreticinin donanımının bağlanmasına izin verecek (ya da en azından başka ürünlerin bağlanmasını zorlaştıracak) şekilde tanımlanmıştı. Onlardan ayrı olarak OSI, çeşitli üreticilerin ürünlerinin bağlanabileceği bir ağ için, bir sektör etkinliği olarak ortaya çıkmıştır.

OSI Modeli herhangi bir donanım ya da bilgisayar ağı tipine göre değişiklik göstermemektedir. OSI'nin amacı ağ mimarilerinin ve protokollerinin bir ağ ürünü bileşeni gibi kullanılmasını sağlamaktır.

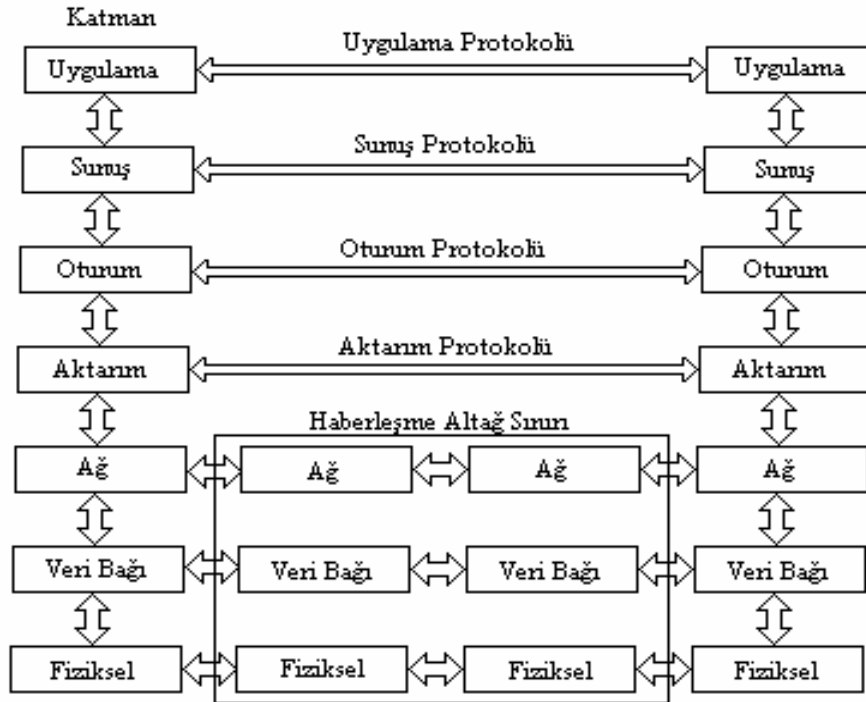
ISO standartları ağ üzerindeki iletişimi sağlarken karmaşık bir yol izlediği bir gerçektir. ISO standardı yedi katmana (alt göreve) ayrılmıştır. OSI modeli olarak bilinen yedi katman şunlardır:

Bu katmanların oluşturulmasında uygulanan prensipler aşağıda verilmektedir.

- İletim işleminde her seviyenin altında değişik seçenekler oluşuyorsa, yeni katman oluşturulmalıdır.
- Her katman, iyi tanımlanmış bir işi yerine getirmelidir.
- Her katmanın işlevi, standartlaştırılmış uluslar arası protokoller açısından seçilmelidir.
- Katman sınırları, ara yüzler arası bilgi akışını en aza indirecek şekilde seçilmelidir.
- Katmanların sayısı, belirgin işlevlerin aynı katmanlar üzerinde taşma yapmayacak kadar fazla, mimariyi hantallaştırmayacak kadar az olmalıdır [4].

2.7.1. Yedi Katmanlı Model

OSI Başvuru Modelinde tanımlanan yedi katman Şekil 2.1.' de görülmektedir.



Şekil 2.1. Yedi katmanlı OSI Başvuru Modeli [6]

OSI Modeli, birbiriyle haberleşecek sistemler arasında farklı işlevlere sahip katmanları tanımlamaktadır. Her biri farklı bir işlevi yerine getiren bu katmanlar, veri haberleşmesi için protokoller tasarlanırken referans alınırlar. Veri haberleşmesi protokollerinin

işleyişini anlamak için, bu modelin iyice anlaşılması gereklidir. Veri haberleşmesi için tasarlanan protokol OSI modelinin birkaç katmanını kapsayabilir (X.25 gibi).

2.7.2. OSI Katmanlarının Görevi

Fiziksel Katman (Physical Layer): Fiziksel katman ya da 1. katman, verinin kablo üzerinde alacağı fiziksel yapıyı tanımlar. Bu katman verinin nasıl elektrik, ışık veya radyo sinyallerine çevrileceğini ve aktarılacağını tanımlar. Gönderen tarafta fiziksel katman bir ve sıfırları elektrik sinyallerine çevirip kabloya yerleştirirken, alıcı tarafta fiziksel katman kablodan okuduğu bu sinyalleri tekrar bir ve sıfır haline getirir.

Fiziksel katman veri bitlerinin karşı tarafa, kullanılan medya (kablo, fiber optik, radyo sinyalleri) üzerinden nasıl gönderileceğini tanımlar. İki tarafta aynı kurallar üzerinde anlaşmamışsa veri iletimi mümkün değildir. Örneğin bir taraf sayısal 1 manasına gelen elektrik sinyalini +5 volt ve 2 milisaniye süren bir elektrik sinyali olarak yolluyor, ama alıcı +7 volt ve 5 milisaniyelik bir sinyali kabloda gördüğünde bunu 1 olarak anlıyorsa veri iletimi gerçekleşmez.

Fiziksel katman bu tip çözülmesi gereken problemleri tanımlamıştır. Üreticiler (örneğin ağ kartı üreticileri) bu problemleri göz önüne alarak aynı değerleri kullanan ağ kartları üretirler. Böylece farklı üreticilerin ağ kartları birbirleriyle sorunsuz çalışır.

Fiziksel katmanın protokolleri

- RS-232
- V.35
- V.34
- T1
- E1
- 10BASE-T
- 100BASE-TX
- ISDN
- SONET

Veri Bağı Katmanı (Data Link Layer): Veri bağı katmanı fiziksel katmana erişmek ve kullanmak ile ilgili kuralları belirler. Veri bağı katmanının büyük bir bölümü ağ kartı

içinde gerçekleşir. Veri bağı katmanı ağ üzerindeki diğer bilgisayarları tanımlama, kablunun o anda kimin tarafından kullanıldığının tespiti ve fiziksel katmandan gelen verinin hatalara karşı kontrolü görevini yerine getirir.

Veri bağı katmanı iki alt bölüme ayrılır:

Veri Bağı	MAC
	LLC

Media Access Control (MAC): MAC alt katmanı veriyi hata kontrol kodu (CRC), alıcı ve gönderenin MAC adresleri ile beraber paketler ve fiziksel katmana aktarır. Alıcı tarafta da bu işlemleri tersine yapıp veriyi veri bağlantısı içindeki ikinci alt katman olan LLC'ye aktarmak görevi yine MAC alt katmanına aittir.

Logical Link Control (LLC): LLC alt katmanı bir üst katman olan ağ katmanı (3. katman) için geçiş görevi görür. Protokole özel mantıksal portlar oluşturur (Service Access Points, SAP). Böylece kaynak makinede ve hedef makinede aynı protokoller iletişime geçebilir (örneğin TCP/IP TCP/IP). LLC ayrıca veri paketlerinden bozuk gidenlerin (veya karşı taraf için alınanların) tekrar gönderilmesinden sorumludur. Flow Control yani alıcının işleyebileceğinden fazla veri paketi gönderilerek boğulmasının engellenmesi de LLC'nin görevidir.

Veri Bağlantısı Katmanı Protokolleri

- Ethernet
- Token Ring
- FDDI
- PPP
- HDLC
- Frame Relay

Ağ Katmanı (Network Layer): Bilgisayar ağı katmanının ana görevi yönlendirmedir (routing). Yönlendirme işlemi paketlerin yerel network dışında diğer bilgisayar ağlarına gönderilmesini sağlar. Bilgisayar ağı katmanında iki istasyon arasında verinin iletimi kontrol edilir. Bu veri iletilmesi sırasında bunun en ekonomik yoldan gerçekleşmesine

dikkat edilir. Bu katman sayesinde verinin yönlendiriciler aracılığıyla yönlendirilmesi sağlanır. Bilgisayar ağı aşamasında mesajlar adreslenmesi ve mantıksal adreslerin fiziksel adreslere çevrilmesi gerçekleştirilir. Bu aşamada network trafiği, routing gibi işlemler de yapılır.

Ulaşım Katmanı (Transport Layer): Ulaşım katmanı ya da 4. katman, üst katmanlardan gelen veriyi ağ paketi boyutunda parçalara böler. NetBEUI, TCP ve SPX gibi protokoller bu katmanda çalışır. Bu protokoller hata kontrolü gibi görevleri de yerine getirir. Ulaşım katmanı alt katmanlar (Transport Set) ve üst katmanlar (Application Set) arasında geçit görevini görür. Alt katmanlar verinin ne olduğuna bakmadan karşı tarafa yollama işini yaparken üst katmanlarda kullanılan donanım ile ilgilenmeden verinin kendisi ile uğraşabilirler.

Oturum Katmanı (Session Layer): Oturum Katmanı ya da 5. katman, bir bilgisayar birden fazla bilgisayarla aynı anda iletişim içinde olduğunda, gerektiğinde doğru bilgisayarla iletişim kurmasını sağlar. Örneğin A bilgisayarı B üzerindeki yazıcıyı kullanırken, C bilgisayarı B üzerindeki diske erişiyorsa, B hem A ile olan, hem de C ile olan iletişimini aynı anda sürdürmek zorundadır. Bu katmanda çalışan NetBIOS ve Sockets gibi protokoller farklı bilgisayarlarla aynı anda olan bağlantıları yönetme imkânı sağlarlar.

Sunuş Katmanı (Presentation Layer): Sunum katmanının en önemli görevi yollanan verinin karşı bilgisayar tarafından anlaşılabilir halde olmasını sağlamaktır. Böylece farklı programların birbirlerinin verisini kullanabilmesi mümkün olur. DOS ve Windows 9x metin tipli veriyi 8 bit ASCII olarak kaydederken (örneğin A harfini 01000001 olarak), XP tabanlı işletim sistemleri 16 bit Unicode'u kullanır (A harfi için 00000000 01000001). Ancak kullanıcı tabi ki sadece A harfiyle ilgilenir. Sunum katmanı bu gibi farklılıkları ortadan kaldırır.

Sunum katmanı günümüzde çoğunlukla ağ ile ilgili değil, programlarla ilgili hale gelmiştir. Örneğin eğer iki tarafta da GIF formatını açabilen bir resim gösterici kullanılıyorsa, bir makinenin diğeri üzerindeki bir GIF dosyayı açması esnasında sunum katmanına bir iş düşmez, daha doğrusu sunum katmanı olarak kastedilen şey, aynı dosyayı okuyabilen programları kullanmaktır.

Sunum Katmanı Protokolleri

- TDI
- ASCII
- EBCDIC
- MIDI
- MPEG

Uygulama Katmanı (Application Layer): Uygulama katmanı programların ağı kullanabilmesi için araçlar sunar. Bilgisayar uygulaması ile network arasındaki arabirim görevini yerine getirmektedir. Katmanların sıralanışında kullanıcıya en yakın olanıdır. Sadece bu katman diğer katmanlara servis sağlamaz. Uygulama katmanında ise uygulamaların network üzerinde çalışması sağlanır. Uygulama katmanı network servisini kullanacak olan programdır. Bu katman kullanıcının gereksinimlerin karşılar. Örneğin veritabanı uygulaması ya da e-mail uygulaması örnek olarak verilebilir. Microsoft API'leri uygulama katmanında çalışır. Bu API'leri kullanarak program yazan bir programcı, örneğin bir ağ sürücüsüne erişmek gerektiğinde API içindeki hazır aracı alıp kendi programında kullanır. Alt katmanlarda gerçekleşen onlarca farklı işlemin hiçbirisiyle uğraşmak zorunda kalmaz. Uygulama katmanı için bir diğer örnek HTTP'dir. HTTP çalıştırılan bir program değil bir protokoldür. Yani bir kurallar dizesidir. Bu dizeye göre çalışan bir tarayıcı (browser), aynı protokolü kullanan bir Web sunucuya erişir.

Uygulama katmanı protokolleri

- HTTP
- SMTP
- POP
- SNMP
- FTP

3. BÖLÜM

IP PROTOKOLÜ ÜZERİNDEN SES TAŞIMA (VOIP)

3.1. Giriş

VoIP (Voice over IP), ses hizmetlerinin standart internet trafiği ile entegrasyonunu mümkün kılan, herhangi bir IP Network (Kıralık Hat, Frame Relay, ATM, xDSL vs.) üzerinden ses ve dolayısıyla da faks iletişimi için geliştirilen, güvenilirliği kanıtlanmış ve maliyetleri düşüren bir haberleşme teknolojisidir. Yani bir diğer deyişle geleneksel telefon sistemlerinin yerine, sesin IP paketlerine dönüştürülerek tamamen IP temelli şebekeler üzerinden iletilmesi olarak tanımlanabilir.

IP telefonu (IP telephony) olarak da anılan VoIP, bir telefon görüşmesi yapmak için PSTN (Public Swicthed Telephone Network / Genel Anahtarlama Telefon Ağı) ağının değil de bir bilgisayar ağının kullanılması anlamına da gelir. Her ne kadar bu teknoloji “ses” le anılsa da bunun yanında faks ve video konferans gibi çoklu ortam uygulamalarını da kapsamaktadır.

Paketlenerek IP şebekeleri üzerinden ses taşınması ile oluşan telefon faturaları, şehir içi telefon görüşmelerinde büyük miktarda ucuzlama sağlayamasa da; özellikle deniz aşırı ülkelere doğru olan aramalarda büyük oranda ucuzlama sağlamaktadır. Bu yüzden bir çok Telekom firması VoIP teknolojisini kullanmayı tercih etmektedirler[6, 7]. Ancak, servis garantisinin verilmesi gerekmektedir[8, 9].

VoIP, ses trafiğinin paket anahtarlama IP şebekesi üzerinden iki yönlü gönderilmesine imkân tanınmasıyla PSTN hatlar üzerinden hem ses hem de veri iletim imkânını sağlamıştır. Bu şekilde veri iletimi için ayrı bir şebeke tahsis edilmediği için hizmet veren firmaların ek yatırımlar yapmasına, hizmet alan abonelerinde ek ücretler vermesine gerek kalmamıştır. IP şebekeleri PSTN şebekelerine göre daha verimli bir

bant genişliği imkânı sunmaktadır. Gelişen ses kodlama teknolojisi ile kabul edilebilir bir ses iletim kalitesi için 8Kbps lik bir bant genişliğine ihtiyaç duyulmaktadır. PSTN şebekesinde ise aynı ses kalitesi için 64 Kbps lik bir bant genişliğine ihtiyaç duyulmaktadır[10, 11].

VoIP'in avantajlarını sıralamak gerekirse; ilk sırayı bu teknoloji sayesinde çok ucuz iletişim imkânının olması alacaktır. Özellikle deniz aşırı ülke aramalarında %90 lara varan bir ucuzlama sağlamaktadır. Faks çekilebilmesi, görüntülü ses iletiminin yapılabilmesi, sesin sıkıştırılarak şifrelenmesinden dolayı dinlenememesi gibi birçok avantajı mevcuttur.

3.2. VoIP'in Tarihçesi

İnternetin olmadığı dönemlerde interaktif iletişim yalnızca PSTN, hatlı telefonlarla yapılıyordu. Uzak mesafe telefon görüşmeleri oldukça pahalıydı. PSTN şebekeleri kullanıcılara her çağrı için uçtan uca bir devre bağlantısı sağlar. Arayan ve aranan numaraya göre, arayan numaranın bağlı olduğu santralden başlayarak, aradaki santraller ve diğer uçtaki santrale kadar bir devre kurulmaktadır. Bu santraller arasındaki sinyalleşme sırasıyla temel olarak çağrı kurma, çağrı yönlendirme ve çağrı sonlandırma işlemleridir. PSTN, temelde ses taşımacılığı için tasarlandığı için veri trafiği içinde ayrı şebekeler kurulmaktadır. Ses ve veri için ayrı ayrı şebekeler kurulduğu için hizmet veren firmaya ek maliyet, aboneler içinde ek ücretler doğmaktadır. PSTN trafiği her geçen gün daha fazla veri içerikli olmaya başladığından ses ve veri şebekelerinin birleşmesi yani tek bir platformda birleşme ihtiyacı günden güne artmaktadır. Bundan dolayı ISP'ler (Internet Service Provider – İnternet Servis Sağlayıcı) ve donanım üreticileri IP temelli olarak ses ve veri iletimine yönelmişlerdir. Bugün üretilen birçok telefon santrali VoIP desteği vermektedir.

PSTN'in en önemli avantajı her konuşma için tahsis edilmiş bir bant genişliği olduğu için tüm konuşma süresince konuşma kalitesinin önceden bilinebilmesidir. Bunun yanında ise; en önemli dezavantajı deniz aşırı görüşmelerde maliyetin yüksek olmasıdır. VoIP uygulaması, 90'lı yıllarda yaygın olarak kullanılan ve İnternet kullanıcılarının, özel olarak donatılmış PC'ler ya da normal telefonla bu PC'ler arasında ücretsiz telefon görüşmesini sağlayan bir uygulama şeklindeki. Uygulamalar yaygın olarak

kullanılmamaktaydı ve ses kalitesi çok iyi değildi. 1996'da ilk VoIP standartları kabul edildi. Düşük kapasiteli H.323 gateway'ler (geçit) gibi öncü ürünler aynı yıl geliştirildi. Geçitlerin ortaya çıkması ve kullanımı VoIP tarihinde anahtar rol oynamıştır.

İnternet ve intranet'lerin gelişerek yaygınlaşmasıyla birlikte ses iletişiminin paketlenerek, analog teknolojilere göre daha avantajlı olan IP ağları üzerinden iletimi oldukça ucuzdur. Bu teknoloji ile özellikle deniz aşırı ülkelere doğru arama maliyetleri analog teknolojilere göre %90 lara varan kazançlar sağlamaktadır. QoS (Quality of service- Servis kalitesi) garantisi sağlandığı sürece ilk tercih edilecek haberleşme teknolojisidir. Günümüzde hızla gelişen teknolojilerle, ses ağlarındaki ses kalitesi, yönetilen VoIP ağlarında da sağlanabilmektedir[12].

IP üzerinden ses taşıma ile PSTN hatlar üzerinden ses taşımadaki ana fark, sistemdeki bir donanımdan bir diğer donanıma bilgi gönderilmesindeki farktır. PSTN hatlarda, bir çağrı oluştuğunda arayan taraftan başlayarak aranan tarafa kadar fiziksel bir hat kullanılır. Bu hat yalnızca bu çağrı için tahsis edilmiştir. Konuşma olsun veya olmasın çağrı sonlandırılana kadar bu hat tahsisi devam eder.

IP üzerinden ses taşımada ise; arayan tarafla aranan taraf arasında bu çağrı için tahsis edilmiş fiziksel bir hat yoktur. Bu şekilde birden çok ses bilgisi bu hattan taşınabilmektedir. Ses bilgisi (analog bilgi dijitalle çevrilir) kodlanır ve paketlere bölünür. Arayan taraftan aranan tarafa devamlı bir bağlantı kurulmadan IP üzerindeki mümkün olan en kısa yoldan paketler iletilir. İnternette her çeşit veri (resim, ses, doküman vb.) paketlere bölünür ve gönderilir. Paketler hedefe ulaştığında ise tekrar sıralanır[13].

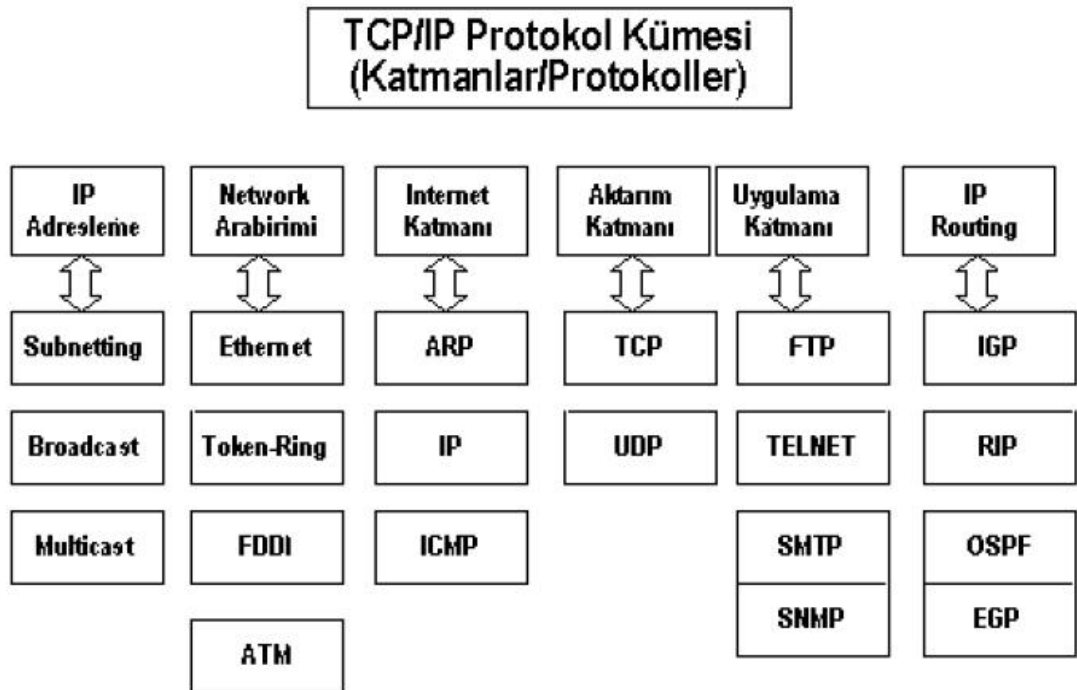
3.3. TCP/IP nedir?

TCP/IP, Transmission control Protocol / Internet Protocol ifadesinin kısaltılması. Türkçesi "İletim Kontrol Protokolü / İnternet Protokolü" olmaktadır. Protokol belli bir işi düzenleyen kurallar dizisi anlamına gelmektedir. TCP/IP'nin kökleri 1960'ların sonunda ve 1970'lerin başında Amerikan Savunma Bakanlığı'na bağlı İleri Araştırma Projeleri Ajansının (Advanced Research Projects Agency, ARPA) yürüttüğü paket anahtarlamalı ağ deneylerine dayanmaktadır. TCP/IP'nin oluşmasını sağlayan proje,

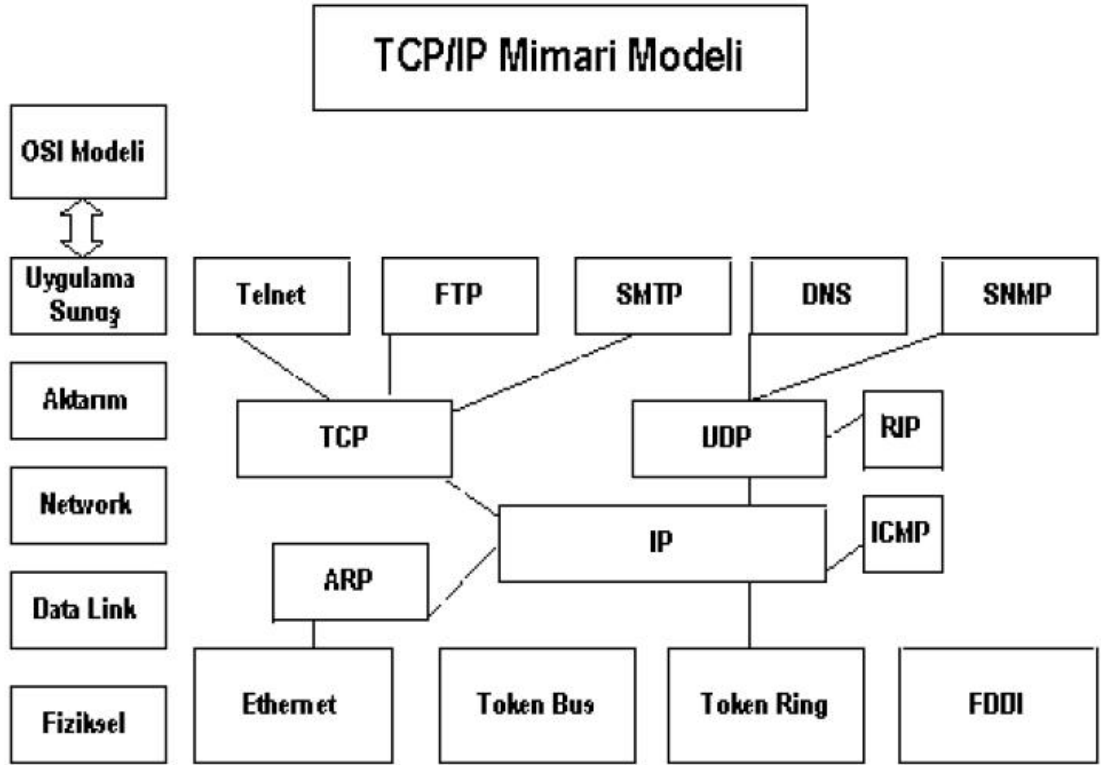
ABD'deki bilgisayar ağlarının bir felaket anında da ayakta kalabilmesini, birbiriyle iletişimin devam etmesini amaçlıyordu. Şu an ise projenin fazlasıyla amacına ulaştığını ve hedefinin daha da ilerisinde şeyleri de başardığını görüyoruz.

İnternete bağlı her bilgisayar en az bir tane IP (İnternet Protokol) adresine sahiptir. Bu adres internet'e bağlı diğer bilgisayarlardan bu bilgisayarı ayırır. Bir başka deyişle IP internet'e bağlı bir bilgisayarın kimliğidir. Bir veri gönderildiğinde veya alındığında veri veya mesaj paket olarak adlandırılan küçük parçalara bölünür. Bu paketlerin her biri göndericinin ve alıcının internet adresini içerir. İnternet üzerinden giden bu paketler bazen farklı yollardan iletilirler ve gideceği adrese farklı sırada ulaşabilirler. IP, paketlerin yalnızca iletimini sağlar.

IP, paketlerin yalnızca iletimini sağlamaktaydı. TCP ise gelen bu paketleri sıralar. IP, haberleşmeyi sağladığından iki uç donanım arasında devamlı bir bağlantı kurmaz bundan dolayı da bağımsız bir protokol olarak da adlandırılır. İnternet üzerinde hareket eden her bir paket, diğer paket veya veriler ile ilgisi bulunmayan bağımsız bir birim olarak kabul edilir. Şekil 3.1 de TCP/IP Protokol Kümesi ve şekil 3.2 de TCP/IP Mimari Modeli verilmiştir.



Şekil 3.1. TCP/IP Protokol Kümesi



Şekil 3.2. TCP/IP Mimari Modeli

3.4. Devre ve Paket Anahtarlama

PSTN ve IP network ses iletimi için farklı teknolojiler kullanmaktadır. PSTN, devre anahtarlama teknolojisini kullanırken; IP network ise paket anahtarlama teknolojisini kullanmaktadır. Devre anahtarlama ağında; iletişim bağlantı tabanlı olmaktadır. Bu teknolojiye tüm görüşme için arayan taraftan başlanarak aranan tarafa kadar tek bir bağlantı kurulur. Bir başka deyişle bu iki nokta çift yönlü olarak bağlanır ve bu bağlantıya “devre “ denir.

Her bir arama 3 farklı aşamadan meydana gelmektedir.

Yol kurulması (path set-up) : 64 kbps’lik sabit bir hat kurulur.

İletişim (communication) : Yol kurulduktan sonra iletişim başlar.

Yolun Serbest Bırakılması (path release) : İletişim tamamlandığında yol ve kullanılan tüm kaynaklar serbest bırakılır.

Devre anahtarlama ağında yapılan bir görüşmede; her iki yönde 64 kbps lik bir bant genişliği sabit olarak kullanıcılara tahsis edilmektedir. Kullanıcılar ne daha az nede daha fazla bir bant genişliği talep edememektedirler. Sessiz periyotlar da bile kaynakların tamamı kullanılır haldedir. Karşılıklı görüşmelerde bir taraf konuşup diğer taraf dinleyeceğinden bir görüşme için tahsis edilen bant genişliği tamamıyla kullanılmamaktadır. Devre anahtarlama yöntemi görüşmelerde kullanılmayan bant genişliğini bir başka görüşmeyle doldurma yetisine sahip değildir. Bunun yanında bir görüşme için sabit bir kaynak ayrıldığı için görüşme öncesinde görüşme kalitesi bilinmektedir[14].

Voice over IP teknolojisinde, ses verileri PSTN'in geleneksel devre anahtarlama protokolünden farklı olarak ayrı pakeler halinde taşınır.

IP ağda devre anahtarlama olduğu gibi bir görüşme için hem sabit bir kaynak ayrımı hem de bir bağlantının kurulmasına gerek yoktur. Bağlantı mevcut IP tarafında sağlanır. VoIP arama yapıldığında (PC, telefon, faks, GSM, IP telefon) ncelikle standart telefon sesinin pakelere çevrildiği IP platformuna (PC veya ağ geçidi) geçer. Sıkıştırılma işleminden sonra bu pakeler kaynakla hedefi bağlayan sinyal verisi ağına geçer ve iletişim bu ağ üzerinden gerçekleşir.

IP network de ağ gecikmelerinin yanında bir de paket şebekesinin oluşturduğu gecikme olmaktadır. Çünkü paketler değişken gecikme süreleriyle ve gönderilen sıradan farklı olarak hedeflerine ulaşabilirler. Bundan dolayı tekrar sıralama, paket şebekelerinin oluşturduğu gecikmeyi dengeleme ve paket kayıplarının da önüne geçilmesi gerekmektedir[15].

IP networkun sağladığı en önemli avantajlardan ilki; sabit bağlantı kurulumuna ihtiyaç duyulmamasıdır. Bir diğer i se; eş zamanlı birden fazla oturumun açılmasıdır. Kullanıcı bir yanda görüşme yaparken diğer yanda web'de srf yapabilir.

PSTN hatlarında analog ses sinyalleri ve işaretleşme olarak da CCSS (Common Chanel Signaling System- Genel Kanal Işaretleşme Sistemi) kullanılmaktadır. İnternet de ise sayısal veri protokolü kullanılmaktadır. Bu iki farklı platformdaki haberleşmeyi sağlamak için gatewaylar kullanılmaktadır. Gatewaylar PSTN ağından aldıkları analog

ses ve CCSS bilgilerini dönüştürür. Gatekeeper lar yardımı ile de hedef IP gibi gerekli bilgiler temin edilerek ses taşınmaya başlanılır.



Şekil 3.3. Temel VoIP bileşenleri

IP üzerinden sesli çağrı kurulması ise sırasıyla;

- 1) Analog ses, bir ses kodlayıcısı (Voice Encoder) tarafından sayısal sinyale çevrilir.
- 2) Bu sayısal sinyal IP paketlerine bölünür ve gideceği adrese sıraya bakılmaksızın, sürekli bir sinyal olmadan gönderilir.
- 3) Bu paketler IP şebekesi üzerinden bireysel olarak gönderilirler.
- 4) IP üzerinden sağlanan ses hizmetlerinin merkezi bir çağrı sunucusudur (Call server). Bu sunucu bütün çağrıları kontrol eder.
- 5) Gateway'lar, IP üzerinden ses taşınması için, PSTN şebekesine bağlantı arayüzünü oluştururlar.
- 6) Bir decoder yardımı ile paketler ses sinyaline dönüştürülür.

3.5. VoIP Kodlama Standartları

G.7xx, G.711, G.721, G.722, G.726, G.727, G.728, G.729 dâhil olduğu, ses sıkıştırma da kullanılan ITU-T (International Telecommunications Union Telecommunication Standardization Sector- Uluslararası Telekomünikasyon Birliği Telekomünikasyon Standartlaştırma Birimi) standartlarıdır. Sıkıştırma bant genişliğini ve belleği daha etkin

kullanmayı sağlar bundan dolayı da zamandan ve maliyetten kazandırır. Bu sıkıştırma işlemini yapan cihazlara Codec (Coder- Decoder) denilmektedir. Aşağıda sıkıştırma metotları ve standartlar hakkında bilgi verilmektedir.

G.711 PCM: Günümüz PSTN sistemlerinde standart olarak kullanılan 64 Kbps PCM, örnekleme oranı 8 kHz olan ses kodlama tekniği ile ilgili ITU standardıdır.

G.723.1: 5.3 kbps ve 6.3kbps olmak üzere çift hızlı ses codec standardıdır. Örnekleme oranı 8 kHz dir.(ITU 96a)

G.726-ADPCM: 32 kbps lık Adaptive Diferential PCM ITU-T standardıdır. Örnekleme oranı 8 kHz dir.

G.728-CELP: Sesin Code Excite Lineer Prediction yöntemi ile 16 kbps kodlanması ilgili ITU-T standardıdır.

G.729-CS-ACELP: Bu standart (Conjugate Structure-Algebraic Code Excite Lineer Prediction) sıkıştırma tekniğini kullanmaktadır. Bu teknikte ses 8 Kbps'e kadar sıkıştırılır. Bu standardın iki çeşidi vardır. (G.729 ve G.729 Annex A) Bu iki standart 32 kbps ADPCM'e benzer ses kalitesi sunmaktadır.

GSM (13 kbps)

IS-54 (7.95 kbps)

IS-95 (9.6 kbps)

PDC (6.7 kbps)

Tablo 3.1. VoIP Ses Sıkıştırma Standartları

Standart	Algoritma	Bit Oranı (kbps)	Geçikme (ms) Kanal gecikmesi hariç	Ses Kalitesi
G.711	PCM	48,56,64	<<1	En iyi
G.723.1	MPE/ACELP	5.3,6.3	67-97	İyi
G.728	LD-CELP	16	<<2	İyi
G.729	CS-ACELP	8	25-35	İyi
G.729 annex A	CS-ACELP	8	25-35	İyi
G.722	Sub-band ADPCM	48,56,64	<<2	İyi
G.726	ADPCM	16,24,32,40	60	İyi
G.727	ADPCM	16,24,32,40	60	İyi

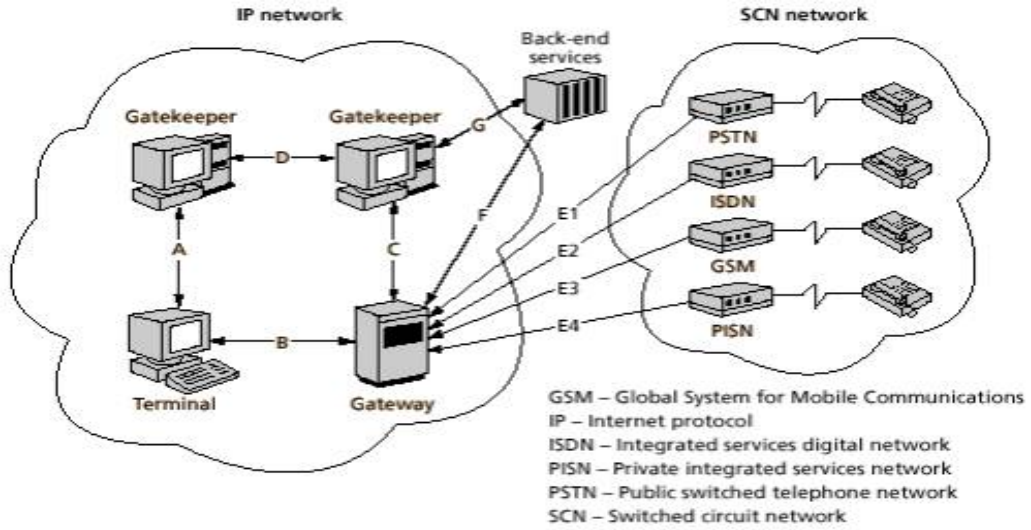
3.6. VoIP Protokolleri

Karşılıklı olarak çalışan IP telefonu veya klasik telefon cihazlarını (PSTN, Faks, GSM, vb.) IP ortamında görüştüren cihazların birbiriyle görüşürken, çağrı oturumu açarken, kapatırken, vb. işlemleri yapmak için kullandıkları çeşitli protokoller vardır. Bu tür cihazları üreten firmaların ürünleri birbiri ile haberleşebilmesi için ortak bir dilin kullanılması gerekmektedir. Kullanılan protokollerden bazıları TIPHON, TINA, H. 323 ve SIP dir. En yaygın kullanılan H.323 ve SIP protokolüdür. H.323 karmaşık sistemlerde kullanılan karmaşık bir protokoldür. SIP ise; H.323' e göre daha basit bir protokoldür. Karmaşık sistemlerde kullanılması gerektiğinde ise diğer protokollerin yardımına ihtiyaç duyabilir.

3.6.1. TIPHON

ETSI (European Telecommunications Standards Institute) içinde bir çalışma grubu olarak kurulan TIPHON (Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks), PSTN ile IP telefonun birlikte çalışması için gerekli düzenlemelerle ilgili olarak çalışmaktadır. H.323 mimarisi ele alınmakta ve bu mimaride birlikte

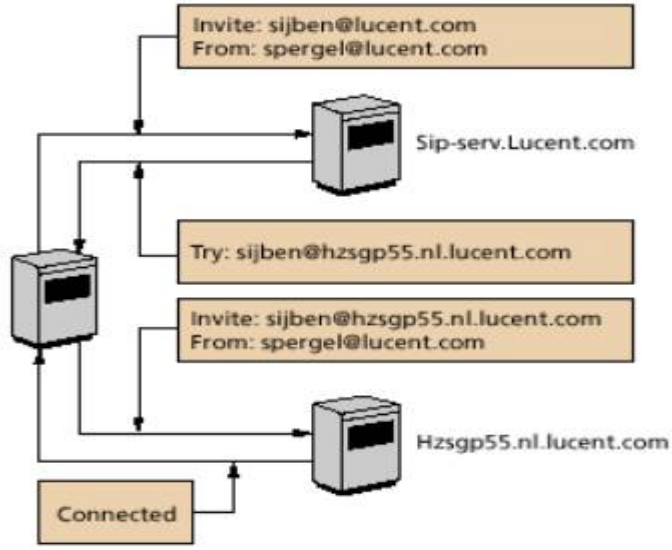
çalışma için gerekli düzenlemeler yapılmaktadır. TIPHON tarafından önerilen mimari H.323'e göre daha ayrıntılıdır.



Şekil 3.4. TIPHON Mimarisi

3.6.2. SIP

SIP (Session Initiation Protocol-Oturum Başlatma Protokolü), IETF'nin Multiparty Multimedia Session Control (MMUSIC) grubu tarafından multimedia uygulamaları için geliştirilen bir protokol grubudur[16]. MMUSIC, H.323'ün aksine küçük bir çekirdek protokol ile başlayıp bu protokolü ihtiyaçlara göre geliştirmeyi amaçlamıştır. Temel olarak HTTP protokolünü alan bu protokol, e-mail gibi diğer internet servisleri ile de benzerlik göstermektedir[17]. Temel SIP mimarisi Şekil-3.5'de gösterildiği gibidir. Bu protokole göre bir çağrı başlatıldığı zaman, gelen çağrı, çağrıyı başlatan tarafa servis veren bir sunucuya yönlendirilir. Çağrının yönlendirildiği sunucu çağrıyı reddedebilir veya bir başka sunucuya ya da terminale yönlendirebilir. Çağrı bu şekilde cevap verecek bir sunucu bulununcaya kadar ağda hiyerarşik olarak ilerletilir. SIP basit bir protokol olduğundan karmaşık hizmetlerin verilmesi gerektiği durumlarda diğer protokollerden faydalanması gerekebilir.



Şekil 3.5. SIP Mimarisi

SIP'in çağrı kontrol mesajlarının geçirilebileceği güvenilir bir kanal açmak için INVITE ve ACK mesajları bulunmaktadır. SIP bir alt seviye taşıyıcı protokol için minimum varsayımları yapar. Bu protokol güvenilirliğini kendisi sağlayıp TCP'nin güvenlik ile ilgili normlarını kullanmaya gerek duymamaktadır. SIP kullanılacak codec uzlaşması için yani o oturumda hangi codec'in kullanılacağını belirlemek için Session Description Protocol (SDP)'yi kullanmaktadır. SIP'in sağladığı servisler ise;

- User location: Haberleşme için kullanılacak uç sistemin belirlenmesi
- Call setup: Arayan ve aranan tarafların zil çaldırması ve çağrı parametrelerinin kurulması
- User availability: Aranan tarafın haberleşmeye dâhil olma isteğinin belirlenmesi
- User capabilities: Kullanılacak media-ortam ve media parametrelerinin belirlenmesi
- Call handling: Çağrının transferi ve sonlandırılması

SIP sistemi temel olarak iki parçadan oluşmaktadır.

1. User Agent - Kullanıcı birimi: Bu birim iki parçadan oluşur. İstemci Kullanıcı Birimi(User Agent Client -UAC) ve Sunucu Kullanıcı Birimi (User Agent Server - UAS) şeklinde ifade edilir.

2. Network Servers - Ağ Sunucuları: Bir ağda 3 tip sunucu vardır. Bir kayıt sunucusu, kullanıcıların mevcut lokasyonları ile ilgili bilgileri alır. Bir proxy sunucu ise aldığı istekleri, aranan tarafın lokasyonu hakkında daha fazla bilgiye sahip olan bir sonraki sunucuya iletir. Yönlendirme sunucusu ise, aldığı istek üzerine bir sonraki sunucunun adresini öğrenerek, çağrı isteğini göndermek yerine, bu adresi istemciye iletir. SIP protokolü, uç birimlere fazla fonksiyonellik yüklemesi sonucu ücretlendirme ve ağ yönetimi konularında problemlerle karşılaşabileceği yönünde eleştirilmiştir.

3.6.3. TINA

TINA-C (Telecommunications Information Network Architecture Consortium) modeli şimdiye kadar anlatılan modellere göre oldukça karmaşık ve gelişmiştir. Temel olarak uygulama servisleri ile ağ altyapısı arasında mantıksal bir ayrıma gider. Böylelikle önerilecek servislerle erişim teknolojileri arasındaki bağımlılığı ortadan kaldırmaktadır.

TINA yapısı hesapsal nesne adı verilen ve gerek fonksiyonları gerekse yapıları ayrıntılı bir şekilde tanımlanmış bileşenlerden ve bu bileşenler arasındaki ara yüzlerden oluşmaktadır. Tüm ağın kullanıcı-ağ erişim zincirindeki geçişlerine ve bu zincirdeki iş modellerine göre domainlere (retailer, broker, connectivity provider vb.) sınıflayarak ağın bir modelini kurar ve bu modeldeki domainler arasındaki geçişler için fonksiyonlar ve ara yüzler tanımlar.

TINA modeli oldukça karmaşık yapısının basit işlemleri gerçekleştirmeye elverişli olmaması, IP ağları için gerekli esneklikten uzak olması ve PSTN/data ağlarındaki ve uçbirim (bilgisayarlar, telefonlar vs.) gelişmelerin aksine ağın kendisine çok fazla fonksiyonellik yüklemesi nedenleri ile eleştirilmiştir.

3.6.4. H.323

ITU-T (International Telecommunication Union) tarafından iki ya da daha fazla taraf arasında IP benzeri QoS(Quality of Service) desteği olmayan bir ağ üzerinde ses ya da görüntü trafiğini taşımak için geliştirilen H.323 standardı bir protokol grubudur[18]. Önceleri yerel ağlar üzerinde çoklu ortam konferansı için geliştirilmiş olan H.323 protokolü daha sonra IP üzerinden ses uygulamasını yapacak şekilde genişletilmiştir.

Bu standardın tanımlanmasında Microsoft, IBM, İntel, telefon operatörleri ve ISP'lerden oluşan birçok kurum ve firmanın geniş katılımı ve desteği sağlanmıştır. İnternet telefonu amacıyla kullanılan en geniş ve en etkin standartlardan birisidir. Ses ile beraber tüm çoklu ortam (data, ses, video, resim gibi) uygulamalarını desteklemektedir. H.323 standardı bir şemsiye standart olup birçok standardı kapsamaktadır. Bu standartlar ses kodlama, video kodlama, sistem kontrol, çoklama, çoklu ortam yayın senkronizasyonu ve yapısını içermektedir. Bu standartlar PSTN, Mobil, ATM, F/R, LAN, WAN, IP tabanlı İnternet gibi şebekeleri içermektedir. Tablo 3.2 de H.323 protokol yapısı verilmiştir. IP telefonun etkileşmek zorunda kalacağı sistemlere ilişkin ITU standartlarından bazıları şunlardır:

H.323: LAN şebekeleri için Görüntülü Telefon sistemleri ve donanımlarının standardını içeren bir protokoldür. QoS gibi parametreler içermemektedir. (ITU 96c)

H.324: PSTN şebekelerinde kullanılan görüntülü telefon sistemi ve donanımlarının standartlarını belirleyen bir protokoldür. H.324/M ise GSM gibi hücreli Mobile networkler için geliştirilmiş bir standarttır. (ITU 96d)

H.310: Geniş bantlı ses ve görüntülü iletişim sistemlerini ve terminallerini kapsamayan bir standarttır.

H.321: Geniş bantlı ISDN şebekeleri için görüntülü telefon terminalleri standartlarını belirler.

H.322: Lan şebekeleri için görüntülü telefon sistemleri ve terminallerini kapsamayan bir standarttır. QoS parametreleri içermektedir.

Tablo 3.2. H.323 Protokol Yapısı

Uygulama Seviyesi	Audio Uygulaması	Video Uygulaması	Sistem Kontrol		Data Uygulaması
	G.711 G.722 G.723.1 G.728			H.225.0 Call Signalling Protokol	H.245 Control Protokol
Sırum Seviyesi	G.729	H.263 H.261			
Oturum Seviyesi	RTP		RTCP	H.225.0	T.120
Transport Seviyesi	UDP			TCP	
Network Seviyesi	IP				
Link Seviyesi	CSMA/CD, Token Ring Protocol				
Fiziksel Seviye	Ethernet, Token Ring LAN				

Ocak 1998 tarihinde ITU SG16 çalışma grubu G.729 kodlama standardını ve H.323 multimedya standardını IP telefonu uygulamalarında varsayılan standart olarak onaylayarak belirlemiştir. G.729 standardında 8 Kbps kodlama teknolojisi kullanılmaktadır. G.723.1' in en büyük avantajı ise iki farklı kodlama oranını desteklemesidir (5.3-6.3 Kbps). G.723.1 kodlama teknolojisi özellikle PSTN şebekesindeki uygulamalar için geliştirildiğinden H.324 ve H.324/M terminal standartları ile son derece uyumlu olarak çalışmaktadır. Bununla beraber H.323 terminal standardı ile de uyumu sağlanarak internet uygulamalarında kullanılmaktadır.

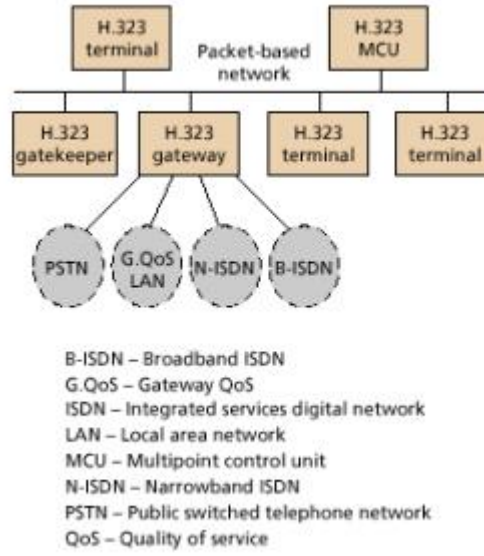
Ayrıca H.323 standardı G.711 (64 Kbps PCM), G.722, G.728, G.729, MPEG-1 Audio kodlama standartlarını da desteklemektedir. H.323 terminal standardı GSM, IS-54, IS-95 gibi standartları ile de başarıyla kullanılmaktadır. H.245 sistem kontrol protokolü ise tüm ses standartlarında kontrol ve sinyalleşme protokolü olarak kullanılmaktadır. Farklı ağlarda çalışma ortamını sağlayan H.323, H.320, H.322, H.324, H.324/I ve H.324/M gibi terminal standartları bulunmaktadır. H.323 protokolü, standardın bir parçası olarak tanımlanan, gateway aracılığıyla H.320 (ISDN), H.321 (B-ISDN), H.324 (PSTN), H.324/M (Mobile) terminal standartları ile uyumlu çalışabilmektedir.

3.7. H.323 Bileşenleri

Şekil 3.6'da temel mimarisi gösterilen H.323 standardı dört farklı tip uç birim tanımlar.

Bu uç birimler şunlardır;

- Terminal
- Gatekeeper
- Gateway
- Multipoint Control Unit.



Şekil 3.6. H.323 Mimarisi

3.7.1. Gateway

Gateway, PSTN ağları ile IP ağları arasındaki ara yüzler yada geçiş elemanları olarak çalışan başka bir ifade ile birlikte çalışma fonksiyonlarını yerine getiren modüllerdir. Bir gateway, paket anahtarlama bir ağ üzerindeki H.323 uyumlu terminaller ile devre anahtarlama bir ağdaki diğer H.323 terminalleri veya diğer bir gateway arasında gerçek zamanlı çift yönlü trafik sağlayan bir ağda son nokta (end point) olarak çalışır. Diğer ITU terminalleri H.310 (B-ISDN), H.320 (ISDN), H.321 (ATM), H.322 (GQoS-LAN), H.324 (PSTN), H.324 (Mobile) yada POTS terminaller olabilir.

Gateway, iletim formatları (örneğin H.323 uyumlu bir uçtaki H.225.0 bir terminalle H.320 bir uçtaki H.221 bir terminal arasındaki dönüşüm) ve işaretleme benzeri iletişim işlemleri (H.323 bir uçtaki H.245 ile H.320 arasındaki bir H.242 arasındaki dönüşüm gibi) arasında gerekli dönüşümleri yapar. Bu dönüşümlerin nasıl olacağı H.246'da tanımlanmıştır. IP ağ ile PSTN ağ arasındaki çağrı kurulum ve kaldırma (call setup and clearing) işlemlerini de ağ geçitleri üstlenir. Video, ses ve data formatları arasındaki dönüşüm de ağ geçitlerinde gerçekleştirilir.

Genel olarak ağ geçitlerinin amacı paket anahtarlama ağ ile devre anahtarlama ağ arasındaki çağrıları her iki yönde şeffaf bir şekilde sonlandırmaktır.

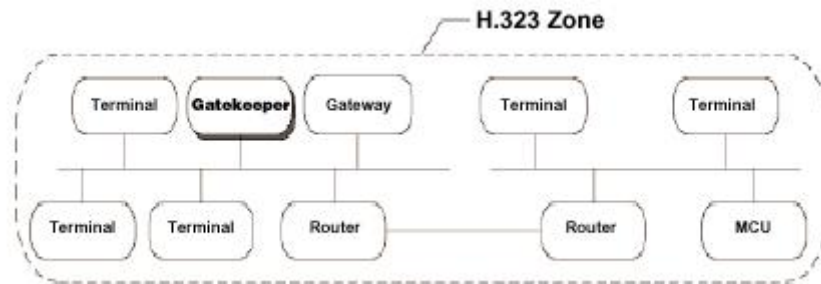
3.7.2. Gatekeeper

ETSI/TIPHON tanımı ile gatekeeper, terminallerin ve gatewaylerin kayıt, kabul ve statü (Registration, Admission and Status -RAS-) takibinden sorumlu olan ağ parçasıdır. Şekil 3.7 de gösterilen Gatekeeperlar zone yönetimini ve çağrı işleme/işaretleşme işlevlerini de yerine getirirler.

Adres Dönüşümleri: Ağdaki uçbirimler diğer (alias) isimlerini gerçek transport isimlerine dönüştürür. Gatekeeperlar bu işlevi yerine getirirken kendisine bağlanan uçbirimlerden aldığı Registration mesajları ile sürekli olarak güncellediği tablolardan yararlanır. Bu tablolar Registration mesajları dışındaki (dizin hizmetleri gibi) yöntemlerle de güncellenebilir.

Yetki Denetimleri: Admission Request, Confirm ve Reject mesajları (ARQ/ARC/ARJ) ile uçbirimlerin LAN erişim taleplerini onaylar ya da reddeder. LAN erişim istekleri değerlendirilirken çağrı izinleri (call authorization) band genişliği sınırlamaları ya da benzeri diğer kriterler kullanılabilir. Bu fonksiyon NULL olarak gerçekleştirilerek gelen bütün taleplerin LAN'a erişimleri de sağlanabilir.

Band genişliği Yönetimi: Bandwidth Request, Confirm ve Reject mesajları ile uçbirimlerin LAN bant genişliği taleplerini onaylar ya da reddeder.



Şekil 3.7. H.323 Gatekeeper Zone

Zone management: Tek bir gatekeeper tarafından yönetilen terminallerin, ağ geçitlerinin ve MCU'ların toplamı zone olarak adlandırılır. Gatekeeper yukarıda anlatılan bütün fonksiyonları kendi yönetimindeki zone için sağlar.

Gatekeeperların kullanım amacı, çağrılar yaparken makine adresleri yerine makinelere verilecek takma isimleri kullanabilme, ağdaki bant genişliği kullanımının yönetilmesi, Gateway ve MCU(Multi-point Control Unit) gibi ağ kaynaklarının yönetilebilmesidir. Gatekeeper orjinal H.323 tanımında video konferansları sırasında ağa erişimi kontrol eden bir birim olarak tasarlanmıştır. Zamanla adres dönüşümü benzeri fonksiyonlarını da kazandı. Bant genişliği denetimi ise ücretlendirme ihtiyaçları sonucunda ortaya çıktı.

Gatekeeperların sağlayabileceği bir diğer servis de çeşitli authentication yöntemlerini kullanarak bir çağrıya güvenlikle ilgili seçeneklerin eklenmesidir. İşaretleşmede kullanılan Q.931 yada ve H.245 mesajları gatekeeper tarafından yönlendirilebilir ve çağrılar hakkında istatistiksel bilgilerin toplanması sağlanabilir.

3.7.3. Multi-point Control Unit (MCU)

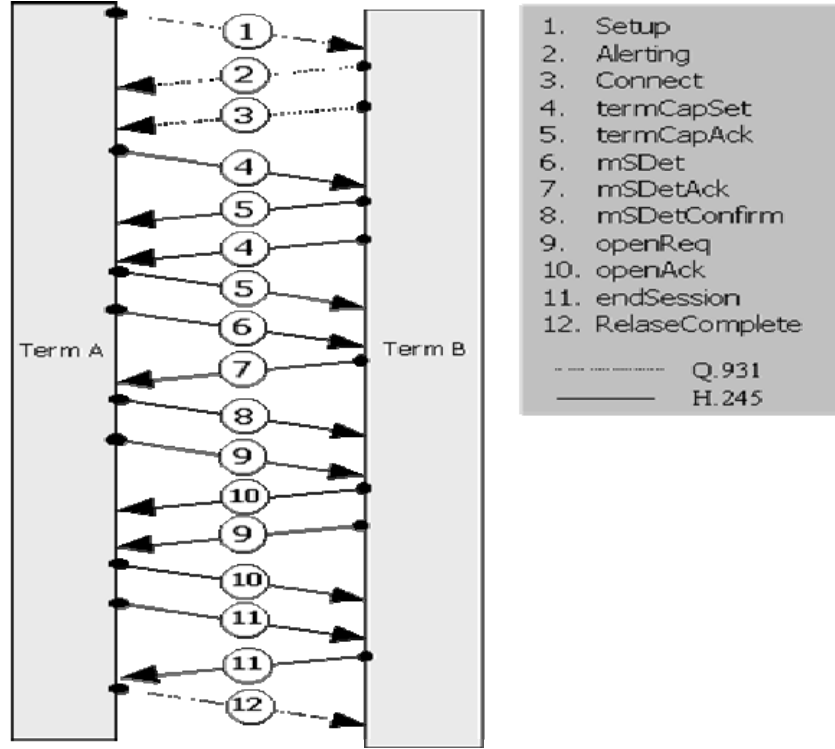
MCU ağ'da ikiden fazla terminalin ya da ağ geçidinin çoklu bir konferansa katılımlarını sağlamaya yarayan cihazlardır. Sonradan çoklu bir konferansa dönüşebilecek ikili görüşmeler de MCU'lar aracılığı ile sağlanabilir.

MCU iki kısımdan oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla; Multipoint Controller (MC) (bulunması zorunludur) ve Multipoint Processor (MP) (bulunması zorunlu değildir) olarak adlandırılır. MC çağrı süreçlerine, konferansa katılacak bütün terminallerin ortak iletişim seviyelerinde bulunmalarını sağlamak için iletişim parametreleri üzerindeki uzlaşmaları sağlar. MP, MC'nin denetiminde medya streamlerinin işlenmesi (mixing, switching vb.) görevlerini yürütür. MP, yürütülen konferansın tipine göre tek bir media streamini ya da daha çok sayıda media streamini işleyebilir. En basit hali ile MCU tek bir MC'den oluşur.

3.7.4. Terminaller

Terminaller uç noktalarda gerçek zamanlı iki yönlü haberleşme sağlayan yerel ağ istemcileridirler. Tüm H.323 Terminalleri H.245, Q.931, RAS ve RTP protokollerini desteklemelidir. H.245, kanal kullanım izni için, Q.931 çağrı kurulması ve sinyalleşme için, RTP gerçek zamanlı olarak ses paketlerinin taşınması için, RAS ise Gatekeeper ile

haberleşme için kullanılan protokollerdir. H.323 Terminallerin Haberleşmesi aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Çağrı kurulum ve kaldırılma mekanizması

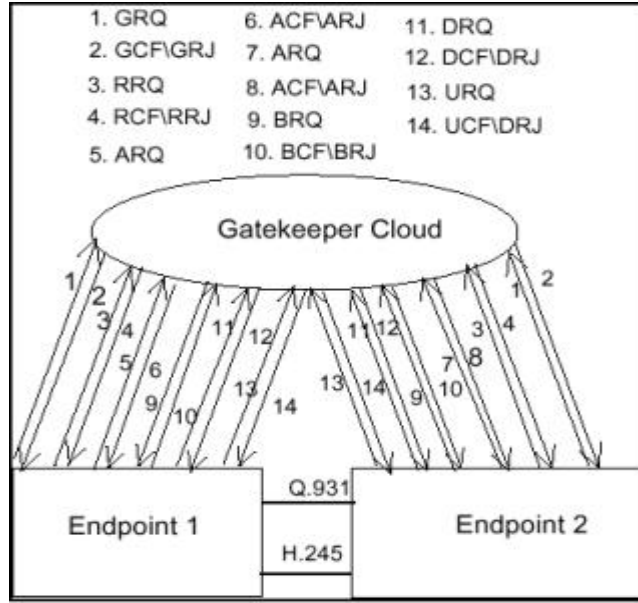
Şekil 3.8'de iki H.323 uç arasında gatekeeper kullanılmadan çağrı kurulum ve kaldırılma mekanizması (call setup and clearing) anlatılmaktadır. Kullanılması mecburi olan bütün Q.931 ve H.245 mesajları listelenmiştir. Her mesajın kaynak terminali tarafından atanan bir sıra numarası (sequence number) vardır. İletişim A terminalinden B terminaline hedef adresi içeren bir Setup (1) mesajı göndermesi ile başlar. B terminali bir Q.931 Alerting (2) mesajı ve takiben eğer çağrı kabul edilirse bir Connect (3) mesajı göndererek cevap verir. Bu noktada çağrı kurulması işlemi tamamlanmış olur ve H.245 uzlaşma işlemi başlar. Her iki terminalde terminal yeteneklerini (terminal capabilities) terminalCapabilitySet (4) mesajları göndererek karşı tarafa bildirir. Terminal yeteneklerine örnek olarak media tipleri, kodlama yöntemleri verilebilir. Terminaller bu mesajlara termCapabilitySetAck mesajları ile cevap verirler. Oturum sırasında herhangi bir anda terminal yetenekleri yeniden gönderilebilir.

Bu aşamadan sonra Master/Slave belirleme aşamasına (6-8) geçilir. H.245 Master/Slave belirleme prosedürlerinin her ikisinde bir konferansa MC olarak servis verebilecek uç

noktalar ya da her ikisinde iki-yönlü iletişim kanalı açmaya çalışan uç noktalar arasında ortaya çıkabilecek anlaşmazlıkları gidermek için kullanılır. Prosedürde master ve slave uç noktayı belirlemek amacı ile her iki uç nokta H.245 masterSlave Determination mesajları ile birbirine gelişigüzel sayılar aktarır. H.323 uç noktaların hepsi hem master hem de slave olarak çalışma yeteneğine sahip olmalıdır. Master/Slave belirleme prosedüründen sonra iki terminal de mantıksal kanal açmak için mesajlaşmaya başlarlar (9-10). Ses ve görüntü kanalları tek bir yöne doğru açılırken, veri kanalları iki yönlü açılır. Terminaller gerektiği kadar kanal açmakta serbesttir. Şekil 3.8'deki akış tek bir kanal için gösterilmiştir. Açılacak her kanal için aynı prosedür uygulanır.

Oturumun yada iletişimin kapatılmasına taraflardan birinin göndereceği endSession mesajı ile başlanır. endSession mesajını alan taraf aynı mesajla cevap verir (11) ve oturum bu ilk mesajı gönderen tarafın ReleaseComplete mesajı göndermesi ile son bulur.

Şekil 3.9'da gatekeeper kullanılarak iki H.323 nokta arasında oturum başlatılması gösterilmiştir. Konferans başlamadan önce her iki terminalde GatekeeperDiscovery multicast (GRQ) mesajı göndererek bağlanacakları bir gatekeeper ararlar. Bu mesajı alan gatekeeper GatekeeperConfirm (GCF) mesajı ile kendisine bağlanmak isteyen terminali kabul eder yada GatekeeperReject (GRJ) mesajı ile terminali reddeder. Gatekeeper terminalleri kabul ettikten sonra her iki terminalde takma (alias) isimlerini RegistrationRequest (RRQ) mesajları ile gatekeeperdan kayıt (register) talebinde bulunur. Gatekeeper bu isteği ya RegistrationConfirm (RCF) mesajı ile kabul eder yada RegistrationReject (RRJ) mesajı ile reddeder. Takma isimlerin kullanılması ile aramaların transport adreslerine göre daha kullanıcı-dostu olan (e-mail, isim vb.) adreslerle yapılması sağlanabilir.



Şekil 3.9. H.323 uçların gatekeeper kullanarak haberleşmesi

Bir uç nokta yada Gatekeeper bir başka uç noktanın adresini Gatekeeperdan LocationRequest (LRQ) mesajı ile sorabilir ve Gatekeeper sorulan adres bilgisini içeren LocationConfirm mesajı (LCF) ile cevap verebilir.

Uç noktalardan biri çağrı başlatmak istediğinde Gatekeeperdan AdmissionRequest (ARQ) mesajı ile onay ister. Gatekeeper çağrıya AdmissionConfirm (ACF) mesajı ile onay verir yada AdmissionReject (ARJ) mesajı ile reddeder. Eğer çağrı isteği kabul edilirse çağrıyı başlatan uç taraf çağırılmak istediği adrese Q.931 Setup mesajı gönderir. Setup mesajını alan taraf da bağlı olduğu Gatekeeperdan ARQ mesajı ile çağrıyı kabul etmek için onay ister. Çağrı kabul edildikten sonra Q.931 işaret akışı H.245 uzlaşma mesajları ile tamamlanır. ARQ mesajları konferans boyunca taraflara gerekecek bant genişliği taleplerini de içerir. Eğer H.245 uzlaşma mesajları sırasında uç taraflardan biri ARQ mesajında belirtilenden daha fazla bant genişliğine ihtiyaç duyarsa, Gatekeeper'a BandwidthRequest (BRQ) mesajı göndererek bant genişliği talebinde bulunur. Gatekeeper BandwidthConfirm mesajı ile talebi kabul ettiğini ya da BandwidthReject (BRJ) mesajı ile talebi kabul etmediğini terminale bildirir.

Çağrı sonlandığı zaman her iki terminal de Gatekeeper'a DisengageRequest (DRQ) mesajları göndererek çağrının sonlandırıldığını bildirir. Gatekeeper DRQ mesajını DisengageConfirm (DCF) mesajı ile kabul eder yada DisengageReject (DRJ) mesajı ile

reddeder. Terminaller Gatekeeper'a gönderecekleri UnregisterRequest (URQ) mesajları ile kendilerini Gatekeeperdan sildirebilirler. Gatekeeper bu mesaja UnregisterConfirm (UF) yada UnregisterReject (URJ) mesajlarından biri ile cevap verebilir.

3.8. Bant Genişliği ve Paketler

İnternet üzerinden büyük dosyaların gönderilmesini kolaylaştırmak için, paket anahtarlama teknolojisi geliştirilmiştir. Aslında bu büyük veri dosyaları, dizi halinde gönderilen parçalara veya paketlere bölünmüştür, bunların her biri gidecekleri bilgisayarın adresini taşırlar. Bu paket dizisi, alıcı bilgisayarda yeniden birleştirilir.

Bir veri ağından bir dosyanın gönderilme süresini belirleyen faktör, bant genişliğidir. Bu terim, veriyi taşıyan kablonun kapasitesini açıklamak için kullanılmaktadır. Daha büyük veriyi taşımak için daha fazla bant genişliği gerekir. Herkese açık, sürekli kullanılan büyük bir veri ağı düşünülürse, veri ile doldurulmuş bir bant genişliği ses kalitesini düşürür.

Bu teknolojinin önerdiği çözüm ise; her verinin sırayla iletilmesi yerine, bütün kodun paketlere bölünüp her birine öncelik seviyesi vererek onları dizi halinde taşımaktır. Ses paketleri daha önceliklidir, veri ise standart bir önceliğe sahiptir. Bütün paketler dizi halinde birbirini izlerler, onları hedeflerine ulaştıracak bağlantı noktalarına geldiklerinde ise kollara ayrılırlar. Alıcı bilgisayar, veriyi oluşturacak olan bütün paketleri toplar ve veriyi yeniden oluşturur.

Burada önemli nokta şudur, sistemin her bir dosyaya ilişkin parçayı ayırıp diğer tarafta dosyayı yeniden oluşturmak gibi bir yeteneğe sahip olmasıdır. Bu şekilde, bütün boyutlardaki ve formatlardaki binlerce hatta milyonlarca bilgisayar dosyası, bir ağ üzerinden aynı anda taşınabilirler. Paketler halinde sesin de (en yüksek önceliğe sahip olarak) taşınması özelliğiyle, şimdi ses ve veri aynı QoS özellikli ağ üzerinde taşınabilmektedir.

3.8.1. Gecikme (Delay)

Gecikme iki önemli problemle karşı karşıya kalmamıza sebep olmaktadır. Bunlar; yankı ve konuşmaların üst üste binmesidir. Yankı, uzak uçtan konuşan kişinin ses

sinyallerinin yansıyarak yine kendisine dönmesine sebep olur. 4-telli ve 2-telli devreleri birbirine çeviren melez devrelerdeki sinyal yansımalarından kaynaklanır. Bu yansımalar konuşan kullanıcının kendi sesini duymasına sebep olur. Yankı, geleneksel devre-anahtarlı telefon ağlarında bile bulunmaktadır. Fakat dolaşım süresi 50 milisaniyeden az olduğu için ve yankının her telefon cihazında çıkan çevre sesiyle maskelenmesinden dolayı bu gürültü kabul edilebilir boyuttadır. Yankı, gidiş-dönüş gecikmesinin 50 milisaniyeden fazla olması durumunda önemli sorunlara yol açar. Eğer yankı önemli bir kalite problemi olarak algılanırsa paket ağları üzerinden ses taşıma sistemlerinin yankı kontrolü (echo control) ve yankı iptal etme (echo cancellation) tekniklerine ihtiyacı vardır[19]. Yankı telefon ağından paket ağına doğru oluşur. Yankı iptalleyicisi paket ağından gelen ve giden ses verisini karşılaştırır. Melez telefon ağından, paket ağına geçen yolda yankı sayısal bir filtreye kaldırılabilir.

Konuşmanın üst üste binmesi (ya da bir konuşmacının diğeri konuşurken araya girmesi), tek yönlü gecikmenin 250 milisaniyeden uzun olduğunda önemli ses kalitesi için önemli bir problem olmaya başlamaktadır.

Gecikmeyi engellemek için yapılan çalışmalar:

- Paket önceliklendirme
- Kaynak rezervasyonu (Bandın rezerve edilmesi)
- Paket parçalama
- Paket kaybını engellemek için transfer yolunda sabit band ayrımı
- Uçtan uca gecikmedeki değişkenliğin azaltılması
- Uçtan uca gecikmenin azaltılması

3.8.2. Biriktirme Gecikmesi

Biriktirme gecikmesi (Accumulation Delay)'ne algoritmik gecikmede denilmektedir. Ses kodlayıcısı tarafından ses örnekleri içeren çerçevelerin biriktirilmesinden kaynaklanır. Ses kodlayıcısının tipine ve tek bir örnek zamandan (.125 mikrosaniye) çok milisaniyeyle bağlantılıdır. Aşağı da ses kodlayıcılar ve çerçeve zamanları gösterilmiştir.

- G.726 adaptive differential pulse-code modulation (ADPCM) (16, 24, 32, 40kbps) - 0.125 mikrosaniye
- G.728 LD-code excited linear prediction (CELP) (16 kbps) - 2.5 milisaniye
- G.729 CS-ACELP (8 kbps) - 10 milisaniye
- G.723.1 Multirate Coder (5.3, 6.3 kbps) - 30 milisaniye

3.8.3. Süreç Gecikmesi

Bu gecikme, normal kodlama süreci ve kodlanmış örneklerin pakete çevrilerek paket ağları üzerinden geçirilmesi sonucunda oluşur. Kodlama gecikmesi, kullanılan işlemci yürütme zamanı ve algoritmanın fonksiyonudur. Paket ağlarının bant genişliğinin fazla kullanılmaması için sık sık birden fazla ses-kodu çerçevesi bir pakette birleştirilir. Örneğin 3 adet G.729 kod kelimesi, 30 milisaniyelik bir konuşmaya karşılık gelir, belki de birleştirilerek ve paketlenerek bir adet paket haline getirilir.

3.8.4. Ağ Gecikmesi

Bu gecikme fiziksel ortamdan, ses verilerini geçirmek için kullanılan kurallardan ve alıcı tarafında paket stresini kaldırmak için kullanılan tamponlardan kaynaklanır. Ağ gecikmesi, ağdaki bağlantıların kapasitesinin ve ağ üzerinden geçirilen paketler üzerinde yapılan işlemlerin bir fonksiyonudur. Paket ağından geçen her paketin, paket-gecikme değişiminin ortadan kaldırılması için maruz kaldığı stres tamponları gecikme ekler. Bazı frame relay ve IP ağlarında paket-gecikmesi değişimi 70 ila 100 milisaniye civarına eriştiğinde bu gecikme tüm gecikmeler içinde önemli bir yer alır.

3.8.5. Kayıp-Paket Telifisi

Kullanılan paket ağı ile bağlantılı olarak paket kayıpları çok daha önemli bir sorun olabilir. IP ağları servis garantisi veremedikleri için ATM ağlarından çok daha fazla oranda kayıp ses paketine sebep olurlar. Şu anki IP ağları bütün ses çerçevelerine veri çerçeveleriymiş gibi davranırlar. Bant genişliği yüklenmeleri ve tıkanıklık şartlarında ses çerçeveleri, veri çerçeveleriyle aynı oranda iptal edilirler. Fakat veri çerçeveleri zaman-duyarlı değildirler ve iptal edilen paketler yeniden transfer edilerek düzeltilebilirler. Kayıp ses paketleri ise bu şekilde düzeltilemez[20]. Bazı paket

üzerinden ses taşıma yazılımları kayıp paket sorununu çözmek için aşağıdaki gibi davranırlar:

- Kayıp ses paketinin bulunması gereken yerde son paketi tekrarlayarak kayıp paket için iç değerlendirme yapar. Bu yaklaşım sürekli olmayan konuşmalar içindeki boşlukları doldurmak için çok basit bir metottur, sık olmayan kayıp çerçeve oranları için iyi çalışır, fakat bir satırda birden fazla paket kaybı varsa ya da bir paket kayıpları çok fazlaysa işe yaramaz.
- Bant genişliği harcamasını arttırmak koşulu ile yedek bilgi yollanması; bu temel yaklaşım n'inci ses paketini (n+1)'inci ses paketi olarak da yollar. Bu metodun avantajı kayıp ses paketini tamamıyla düzeltmesidir, ancak bu yaklaşım daha fazla bant genişliği kullanır ve daha fazla gecikme yaratır.
- Melez bir yaklaşımla daha az bant genişliğinde bir ses kodlayıcısı kullanılarak yine (n+1)'inci yedekleme paketini yollamak; bu fazladan kullanılan bant genişliğini azaltır ama gecikme problemine çözüm olmaz.

3.8.6. Stres (Jitter)

Gecikme problemi, stresin, paketlerin geçtiği ağ yüzünden ortaya çıkan değişken iç paket zamanlaması, kaldırılması gereksinimiyle birleşir. Stresi kaldırmak için paketlerin biriktirilmesi ve bu paketlerin yeteri kadar süre tutularak yavaş paketlerin de gelip dinleyiciye doğru sırada çalınması gerekir. Bu ek gecikmeye sebep olur. İki zıt amaç olan gecikmeyi en aza indirme ve stresi kaldırma üzerine ağdaki stresin kaldırılması için stres tampon boyutunun, zaman değişimi gereksinimine uydurulması için çeşitli yaklaşımlar ortaya çıkmıştır. Bu adaptasyon stres tamponunun boyutunu ve gecikmesini en aza indirmek için açık bir amaçtır ve aynı zamanda stres yüzünden oluşan tamponun akışının düşük kalmasını engeller.

Stres tampon boyutunu adapte etmek için iki yaklaşım aşağıda anlatılmıştır. Seçilecek olan yaklaşım paketlerin geçtiği ağa göre olmalıdır. Birinci yaklaşım, stres tamponundaki paket seviyesi değişimi belirli bir zaman periyodunda ölçülerek, tampon boyutu yükseltilecek hesaplanan strese uydurulur. Bu yaklaşım en iyi ATM ağları gibi istikrarlı bir stres oluşturan ağlarda çalışır. İkinci yaklaşımda geç gelen paket sayılarını belirledikten sonra bu paketlerin başarıyla işlenmiş paketlere oranı oluşturulur. Bu oran

daha sonra stres tamponunu, daha önceden belirlenmiş, mazur görülebilecek geç gelen paket oranına uydurmak için kullanılır. Bu yaklaşım daha çok paket iç geliş değişkenliği yüksek olan IP ağlarında kullanılır. Anlatılan tekniklerin yanı sıra, tutarlı bir QoS kullanılarak da en az gecikme ve stres ile karşılaşılabilir.

3.9. Sistem ve QoS Kontrol

Sistem kontrolü H.323 protokolü için H.245 standardı ile tanımlanmıştır. H.245 standardı ile yayın ve senkronizasyon ve H.225.0 ile de paketleme standardı belirlenmiştir. Noktadan noktaya tüm kontrol işlemleri H.245 tarafından sağlanmaktadır. Farklı ortamlar arasında kanalların açılması, kapatılması kanalların tek yönlü veya çift yönlü kullanılması gibi işlemler H.245 kontrol protokolü tarafından sağlanır. Ayrıca H.245 ile PSTN şebekesi ile IP şebekesi arasında DTMF gibi sinyallerin dönüşümü ve kontrolü de sağlanmaktadır. H.245 kontrol protokolü hem H.323 hem de H.324 protokollerini desteklemekte ve bu protokoller arasındaki çalışma düzenini sağlamaktadır. H.323 protokolü QoS parametrelerini desteklememektedir. Ses ve video paketleri UDP üzerinden gönderilmesi durumunda paket kayıpları söz konusu olacağından ve UDP'nin özelliği gereği paketler tekrar gönderilmeyeceğinden QoS parametrelerini desteklememektedir. H.245 kontrol protokolü ise TCP protokolünün kullanımına izin vermektedir. Dolayısıyla kayıp paketler tekrar gönderilebilmektedir. Böylece TCP protokolünün kullanılmasıyla QoS parametreleri tanımlanabilmektedir. RTP protokolü H.225.0 protokolü ile ses ve video senkronizasyonunu mümkün kılmaktadır. RTCP ile H.225.0 ise QoS parametrelerini daha da gelişmiş bir halde sunmaktadır. Farklı ortamlardaki ve tiplerdeki paketler gönderileceği yerlere göre ayrılabilen ve transport edilebilmektedir.

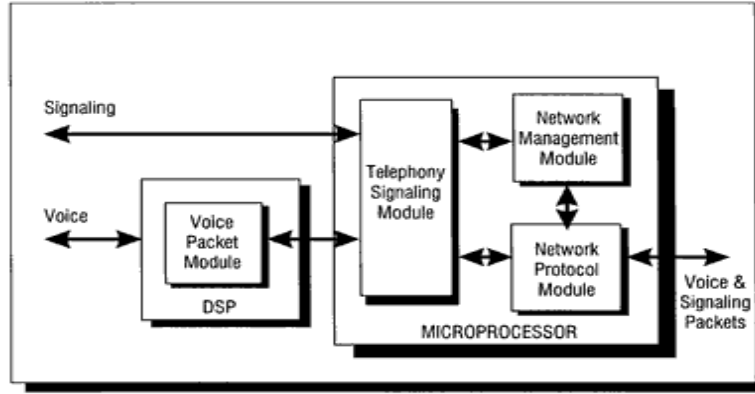
3.9.1. RTP ve RTCP

RTP IETF tarafından geliştirilmiş bir standarttır. H.323 ile beraber kullanılmaktadır. RTP uçtan uca bir işletim protokolüdür ve UDP üzerinde çalışır. RTP çoklu ortam uygulamalarında iki önemli görevi yerini getirir. RTP'nin en önemli görevi senkronizasyon mekanizmasını sağlamaktır. Diğer bir görevi ise verinin resim ve ses kodlamasını tanımlamaktır. RTCP ise RTP'nin bir parçası olup RTP de bulunan özelliklerin yanı sıra ISDN şebekelerinde video konferans ve video telefonu için gerekli

QoS parametrelerini de desteklemektedir. RTCP protokolü ile ses ve video bilgilerinin oturum kontrol fonksiyonları, data oranları ve diğer parametreleri ayarlanabilmektedir. Ayrıca RTCP ile ses ve video sinyalleri kontrol edilebilmektedir. Ses ve video sinyalleri RTP protokolünde farklı oturumlardan gönderilmektedir.

3.10. VoIP Yazılım Mimarisi

PSTN şebekesi cihazlarını paket ağlarıyla birleştirmek için ses ve sinyalleşme bilgisi ele alınır. Şekil 3.10'da da gösterildiği gibi, VoIP yazılımı, hem telefon ağlarından gelen bilgi akımlarıyla hem de bunları tek paket akımlarına çevirerek paket ağlarına geçirmesi gerekmektedir. Yazılım dört genel fonksiyona bölünmüştür.



Şekil 3.10. VoIP Yazılım Mimarisi

3.10.1. Ses Paketi Yazılım Modülü

Bu yazılım, ses-işletim modülü olarak da bilinir, genellikle bit sayısal sinyal işlemcisi (DSP – Digital Signal Processing) üzerinde çalışır, ses örneklerini, paket ağı üzerinden iletmek için hazırlar. Yankı iptali, ses sıkıştırması, ses-aktivasyon denetimi, stresin kaldırılması, saat senkronizasyonu ve ses paketlenmesi bu modülün bileşenleri tarafından yapılmaktadır.

3.10.2. Telefon-Sinyalleşme Ağ Geçidi Yazılım Modülü

Bu yazılım telefon cihazı ile iletişime geçip, bağlantı kurulabilmesi için paket kuralı modülü tarafından kullanılan durum değişikliklerini (açık, kapalı, trunk yakalama vb.) sinyallere çevirir. Kulak, ağız, yer ve manyeto (E&M) tip I, II, III, IV; döngü ya da

zemin başlangıcı dış merkez santral istasyonu (FXS); dış santral ofisi (FXO); ve Bütünleşik Servisler Sayısal Ağı (ISDN) temel sıra ara yüzü'nü (BRI) destekler.

3.10.3. Paket Kuralı Modülü

Bu modül sinyal bilgisini işler ve bunları telefon-sinyal kurallarından paket ağları üzerinden bağlantı kurulması için gereken özel paket-sinyal kuralına çevirir (örneğin; Q.933 ve frame relay üzerinden ses sinyali). Ayrıca paket ağlarına iletim yapılmadan ses ve sinyal paketlerine kural-başlıkları ekler.

3.10.4. Ağ-Yönetim Modülü

Bu modül, paket sistemleri üzerinden ses taşınmasında kullanılan diğer modüllerin konfigürasyonu ve bakımı için gereken ses yönetim modülü ara yüzünü oluşturur. Bütün yönetim bilgisi Amerikan Ulusal Standartları Enstitüsü (ANSI) tarafından tanımlanmıştır. Sinyalleşme ağ-yönetim kuralı (SNMP) V1 söz dizimi ile de uyumludur. Çoklu ses-paket kuralları ve uygulamaları kullanımı için DSP yazılımında iyi tanımlanmış bir ara yüz sağlamak için yazılım bölümlenmiştir. DSP ses verisini işler ve ses paketlerini genel ses başlıklarıyla mikroişlemciye gönderir.

Mikroişlemci, gerçek zaman kuralı (RTP), frame relay üzerinden ses taşınması (VoFR) ve ATM üzerinden ses iletimi (VToA) gibi uygulama tarafından istenilen özel ses-paket kurallarına uygun genel ses başlıklarının ve ses paketlerinin taşınmasından sorumludur. Ayrıca sinyal bilgisini işlemekten ve bunu destekleyen telefon-sinyalleşme kurallarını paket ağı sinyalleşme kuralına çevirir (örneğin: H.323 IP, frame relay ya da ATM sinyalleşmesi). Bu bölümlenme, sıkıştırma, yankı iptalleme ve ses-aktivitesi algılama gibi genel ses-işleme fonksiyonları ile uygulamalara özel sinyalleme arasında temiz bir ara yüz ve ses kuralı işlenmesini sağlar.

3.10.5. Ses Paket Modülü

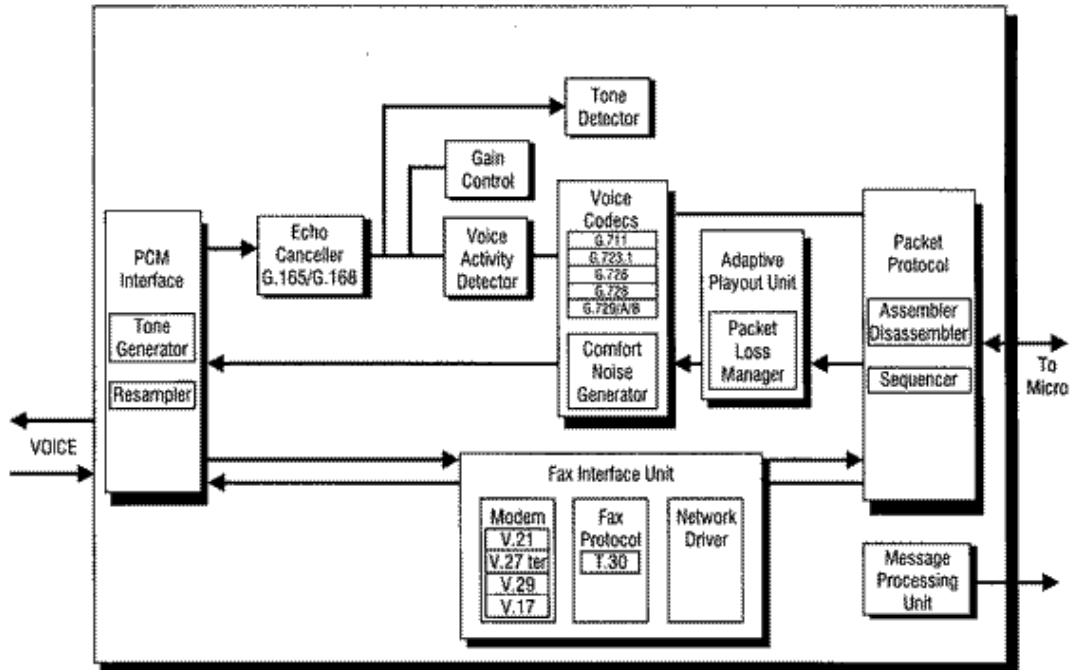
Bu bölüm, temel olarak ses verilerini işlemekten sorumlu ses paket modülünün, ses işleme modülü olarak da adlandırılır, yerine getirdiği fonksiyonları açıklar. Bu fonksiyon genellikle DSP içerisinde yapılır. Ses-işleme modülü aşağıdaki yazılımları içerir:

- **PCM ara yüzü:** Darbeli Kod Modülasyon (PCM) örneklerini sayısal ara yüzden alıp uygun DSP yazılım modülüne işlenmeleri için yönlendirir, çeşitli DSP yazılım modülünden aldığı PCM örneklerini sayısal ara yüze gönderir ve çıkan örnekleri sürekli faz örneklemesine tabi tutarak hatalardan kurtarır.
- **Ton oluşturucusu:** Sunucunun (örneğin: telefon, fax, modem, PBX, ya da telefon anahtarı) emriyle çift-tonlu çok frekans (DTMF) tonlarını ve arama gelişme tonlarını oluşturur.
- **Yankı İptalleyici:** Örneklenmiş, full-duplex ses portu sinyallerinde G.165 uyumlu yankı iptallemesi yapar. Kuyruk uzunluğunda programlanabilme oranına sahiptir.
- **Ses aktivasyon algılayıcısı/boş gürültü ölçümü:** Ses aktivitesi için alınan sinyalleri görüntüler. Eğer ayarlanan zaman periyodu içerisinde aktivasyon algılanmazsa paket ses kuralını konu hakkında haberdar eder. Bu, sessizlik anında ağ üzerinden gönderilen kodlayıcı çıktılarını engeller ve ek bant genişliği kazancı sağlar. Bu yazılım ayrıca telefon ara yüzünün boş gürültü karakteristiğini de ölçer ve bu bilgiyi ses olmadığı zaman uzak uca gürültü yaratımı için göndersin diye paket ses kuralına raporlar.
- **Ton algılayıcısı:** DTMF tonlarının algılar ve ses/fax ayırımını gerçekleştirir. Algılanan tonlar, uygun ses ve fax fonksiyonlarının çalıştırılması için sunuculara raporlanır.
- **Ses codec yazılımı:** Paket verileri üzerinden yollanabilmesi için ses verilerini sıkıştırır. Değişken mimarisi sayesinde sınırsız sıkıştırma oranlarına sahiptir. G.729 ses codec'i ile 8:1'lik bir sıkıştırma oranı ile ses sıkıştırılabilir. (Böylece 64kbps'lık bir PCM sinyali sadece 8kbps kullanılarak gönderilir).
- **Faks yazılımı:** PCM verisini demodüle edip, ilgili sıkıştırılmış bilgiyi açıp, faks hattının taradığı veriyi çerçevelere paketleyip paket ağı üzerinde iletimi sağlamak için faks-iletim fonksiyonunu yerine getirir.
- **Ses çalma birimi:** Paket ağı tarafından alınan ses paketlerini tamponlar ve ses codec'ine bunları çalması için gönderir.
- **Paket ses kuralı:** İki port arasında network altyapısı üzerinden sıkıştırılmış ses ve faks verisi için uçtan-uca enkapsülleme yapar.
- **Kontrol ara yüzü yazılımı:** Bir posta kutusu mekanizmasıyla DSP ve sunucu arasındaki görüntüleme ve kontrol bilgisi değişimini düzenler. Bilgi değişimi,

yazılım, düşük hat yüklenmesi, yapılandırma verisi ve durum raporlamasını içerir.

- **Gerçek-zaman taşınabilme ortamı:** DSP'de bulunan yazılım için çalışma ortamını sağlar. Senkronizasyon fonksiyonu, görev yönetimi, hafıza yönetimi ve zamanlayıcı yönetimini içerir.

Şekil 3.11'de, DSP yazılımının mimarisi gösterilmektedir. DSP yazılımı telefon ara yüzünden gelen PCM sinyallerini işler ve paket ağı üzerinden gönderebilmek için bunları sayısal biçime çevirir.



Şekil 3.11. Ses Paket Modülü

3.11. Sinyalleşme, Kural ve Yönetim Modülleri

VoIP yazılımı, yeni bir arama olup olmadığı kontrol ederek telefon sinyalleşmesini tamamlar ve aramayı gideceği yere yönlendirmek için adres bilgisini (çevrilen numara) elde eder. Çok çeşitli telefon-sinyalleşme kuralını destekler ve birçok ortama uyabilir. Yazılım, ses tonu belirlemek ve oluşturmak için DSP ile etkileşime girmesinin yanı sıra hat denetimine bağlı olan çalışma kontrol tarzını da belirler ve sinyalleşme fonksiyonları için telefon ara yüzüyle etkileşir. Yazılım, ağ yönetimi vasıtasıyla konfigürasyon verisini alır ve çalışma-sistemi servislerini değerlendirir.

3.11.1. Telefon-Sinyalleşmesi Ağ Geçidi Modülü

Sinyalleşme yazılımının bileşenleri aşağıda verilmiştir.

- **Telefon ara yüz birimi yazılımı:** Bu yazılım modülün sinyalleşme ara yüzlerini periyodik olarak gösterir ve arayüz için sıçrama (debounce) ve dönme (rotary) basamaklarını biriktirir.
- **Sinyalleşme kuralları birimi:** Bu makinelerin hangi telefon-sinyalleşme kurallarını kullanacağını belirler.
- **Ağ kontrol birimi:** Telefon sinyal bilgilerini, paket ses oturumu tesisi sinyalleşme kurallarına uyumlu bir biçime getirerek harita oluşturur.
- **Adres çeviri birimi:** E.164 çeviri adresini paket ağlarında kullanılabilecek hale getirir (örneğin: frame-relay ağı için bir IP adresi ya da veri hattı bağlantısı tanımlayıcısı (DLCI - Data Link Connection Identifier)).
- **DSP arayüzü sürücüsü:** Bu, kontrol bilgisini sunucu mikroişlemcisi ile DSP arasında naklen yayınlar.
- **DSP düşük hat yükleyicisi:** DSP'lerin başlangıçta, yapılandırma yenilemesinde ya da biçim değişikliğinde düşük hat yükünden sorumludur (Örneğin: Faks sinyali algılandığında, ses modundan faks moduna geçilmesi).

3.11.2. Ağ-Kuralı Modülü

- **IP sinyalleşme yığını:** H.323 arama kontrolü ihtiva eder ve H.225, H.224, RTP/gerçek zaman konferans kuralı (RTCP) taşıma kuralı, iletişim kontrol kuralı (TCP), IP ve kullanıcı datagram kuralı'nı (UDP) da içeren taşıma yazılımını içerir.
- **ATM sinyalleşme kuralı yığını:** ATM Forum VToA ses-enkapsülleme kuralı. ATM Forum-uyumlu, noktadan-noktaya ve noktadan-çok noktaya anahtarlanmış sanal devrelerin (SVCs) tesisi, bakımı ve temizlenmesi için kullanıcı-ağı ara yüzü (UNI) sinyalleşme kuralı yığındır.
- **Frame-relay kuralı yığını:** Kalıcı sanal devre (PVC) ve SVC destekli Frame Relay Forum VoFR ses-enkapsülleme kuralını, yerel yönetim ara yüzünü (LMI), tıkanıklık yönetimini, trafik görüntülemeyi ve atanmış bilgi sırası (CIR) zorlamasını içerir.

3.11.3. Ağ-Yönetim Modülü

Ağ-yönetim yazılımı MIB (Management Information Base- Yönetim Bilgi Tabanı)'de belirtilen 3 temel servise göre düzenlenmiştir:

- Telefon ucundaki fiziksel arayüz
- Aşağıdakiler için ses kanalı servisi:
- Ses kanalı üzerindeki süreç sinyalleşmesi
- PCM örnekleri ve sıkıştırılmış ses paketlerinin birbirine çevrilmesi
- Telefon uçları arasındaki arama-kontrol bilgisi ve arama tesisini gerçekleştirmek için arama-kontrol servisi.

VoIP yazılımının, konfigürasyonu ve bakımı tescilli ses servisi MIB'in kullanılmasıyla yapılır.

3.12. VoIP Senaryoları

İnternet Telefonu uygulamaları temel olarak üç şekilde gerçekleştirilmektedir.

- Geleneksel uluslar arası ve uzak mesafe telefon hizmetlerinde internet telefonunun kullanılması.
- Geleneksel telefon şebekesi (PSTN) ile bilgisayar ve internet tabanlı telefon hizmetlerinde internet telefonunun kullanılması.
- Tamamen bilgisayar ve internet tabanlı telefon uygulamaları.

Klasik PSTN telefon şebekesinde numaralandırma işlemi ITU-T Recommendation E.164' göre yapılmaktadır. E.164 numaralandırılmasında bir telefon numarası; ülke kodu, şehirlerarası kod ve telefon numarasından oluşmaktadır. Bir örnek verilirse; üniversitemize ait olan 4374901 numaralı telefon +90 352 437 49 01 olarak numaralandırılır.

Klasik telefon şebekesi ile İnternet şebekesi arasındaki adresleme ve numaralandırma yapıları birbirinden farklı olduğu için ve bir tarafta analog ses sinyalleri diğer tarafta ise sayısal verilere dönüştürülmüş veriler olduğu için bu iki sistemin uygun bir teknik altyapı ile birleştirilmesi gerekmektedir.

PSTN olarak isimlendirilen klasik bildiğimiz telefon ağında analog ses sinyalleri ve işaretleşme olarak ise CCSS kullanılmaktadır. İnternet tarafı ise IP tabanlı bir network olup IP datagram olarak adlandırılan sayısal veri protokolü kullanılmaktadır. Kullanılan verilerin ve protokollerin farklı olması dolayısıyla PSTN ile internet ağı arasında Gateway kullanılmaktadır. Gateway PSTN şebekesinden aldığı ses ve CCSS sinyalleşme bilgilerini IP protokolüne dönüştürmektedir. İnternet ağından aldığı IP paketlerini ise ses ve CCSS işaretleşme bilgilerine dönüştürmekte ve PSTN şebekesine göndermektedir. Bu esnada gerekli olan bilgiler (hedef IP adresi v.b. gibi) PSTN ve İnternet tarafında bulunan veritabanlarının (Gatekeeper) yardımıyla sağlanmaktadır.

IP Telefonu ya da diğer adı ile İnternet Telefonu İnternet tabanlı üst düzey bir uygulamadır. Bu servisin verilebilmesi için 3 farklı servis sağlayıcının olması gerekmektedir.

- İnternet Telefon Service Sağlayıcı (ITSS).
- İnternet Servis Sağlayıcı (ISS).
- Taşıyıcı/PSTN servis sağlayıcı.

Bir PSTN telefonunun İnternet üzerinde bir bilgisayar ile ses bağlantısı kurması için, aranacak bilgisayar için E.164 protokolüne uygun bir PSTN numarası verilmesi gerekmektedir. Bilgisayar, üzerindeki uygulama programları sayesinde bir nevi IP Telefonu gibi çalıştırılmaktadır. Bu durumda bilgisayarın sürekli çalışıyor olması gerekmektedir. Bu yapıda Gateway ile bilgisayar arası IP tabanlı çalışmakta Telefon ile Gateway arası E.164 protokolüne göre çalışmaktadır[1].

3.12.1. Telefonda Telefona İnternet Üzerinden Bağlantı

İlk senaryoda herhangi bir PSTN abonesinin başka bir PSTN abonesini İnternet üzerinden araması ele alınmıştır. Bu aboneler aynı PSTN şebekesinde olabileceği gibi farklı PSTN şebekelerinde de olabilir. Bu tip bağlantı uzun mesafe aramalarına ve milletlerarası aramalara uygun bir bağlantı örneğini oluşturmaktadır. Burada arayan PSTN abonesi PSTN şebekesi ile İnternet şebekesi arasında bulunan gateway' e yönlendirilmektedir. Buraya kadar E.164 protokolü çerçevesinde bildiğimiz geleneksel numaralandırma sistemi kullanılmaktadır. Gateway tarafından ses ve CCSS-7

işaretleşme sistemi IP protokolüne dönüştürülmekte ve aramanın gideceği PSTN şebekesi ile İnternet ağı arasında yer alan diğer gateway'in IP numarası IP Telefon Server' ı (yada gatekeeper) tarafından hedef IP olarak IP paketlerine eklenmektedir. Bu noktadan sonra tekrar aranan taraftaki gateway tarafından IP paketleri ses ve CCSS-7 işaretlerine dönüştürülmekte ve aranan taraf PSTN şebekesine E.164 protokolüne uygun numaralandırma sistemi ile hedef telefona ulaştırılmaktadır.

3.12.2. Telefonda Bilgisayara veya Bilgisayardan Telefona İnternet Üzerinden Bağlantı

Bu uygulamada bir PSTN telefonunun İnternet üzerinde bir bilgisayar ile ses bağlantısı kurması göz önüne alınmıştır. Bu duruma göre aranacak bilgisayar için E.164 protokolüne uygun bir PSTN numarası verilmesi gerekmektedir. Bilgisayar, üzerindeki uygulama programları sayesinde bir nevi IP Telefonu gibi çalıştırılmaktadır. Bu durumda bilgisayarın kesintisiz çalıştırılması gereği vardır. Bu yapıda Gateway ile bilgisayar arası IP tabanlı çalışmakta Telefon ile Gateway arası E.164 protokolüne göre çalışmaktadır.

Bunun tersini de yapmak mümkündür. Yani bir bilgisayardan bir PSTN telefonunu aramak mümkündür. Yine aynı mantıkla aranan bilgisayardan uygulama programları ile PSTN şebekesinin E.164 numarasının çevrilmesi gerekmektedir.

3.12.3. Bilgisayardan Bilgisayara İnternet Üzerinden Bağlantı

Bu yapıda her iki bilgisayarda internet üzerinden çalışmakta olduğu için çok büyük bir problemle karşılaşılmamaktadır. Aramalar genellikle IP numaraları girilmek suretiyle gerçekleştirilmektedir ve bu tip arama formunda en çok kullanılan yöntemdir. Bunun dışında domain name, e-mail gibi formlarda kullanılarak aramalar gerçekleştirilmektedir.

3.13. Ücretlendirme

VoIP konusunda genelde kullanılan farklı ücretlendirme yöntemleri vardır. Bunlardan bazıları;

- Zamana bağılı ücretlendirme: Ölçülen çağrı süresine, çağrı zamanına ve gününe göre ücretlendirme yapılabilir.
- Aranan taraf – mesafe bağımlı, taşıyıcı bağımlı ücretlendirme: Arayan ve aranan tarafların numaralarına, buldukları yere ve mesafeye bağılı olarak ücretlendirmeler yapılabilir.
- QoS temelli ücretlendirme: Hizmet verilirken kararlaştırılan öncelik, seçilen QoS seviyesi ve gecikme gibi QoS parametrelerine bağılı olarak ücretlendirme yapılabilir.
- Sabit ücretlendirme (flat-rate) : Belirli bir zaman diliminde sınırsız kullanım için belirlenen sabit bir ücret ya da belirli limitlere kadar uygulanan sabit bir ücret uygulaması yapılabilir.
- İletilen veri miktarına göre ücretlendirme yapılabilir.

Bir ücretlendirme sistemi içerisinde ücretlendirme tiplerinin hepsi uygulanabilir veya farklı senaryolar için farklı ücretlendirme politikaları izlenebilir.

3.14. Konuşma Kalitesinin Ölçümü

Konuşma kalitesinin ölçümünde sübjektif yöntemler kullanılmaktadır. ITU içinde bir çalışma grubu olarak yer alan SQEG (Speech Quality Expert Group) tarafından konuşma kalitesinin ölçümü için bir dizi test yöntemi geliştirilmektedir (ITU 96k ve ITU 961 gibi). ITU tarafından geliştirilen ve genellikle kullanılan test yöntemine ACR (Absolute Category Rating) adı verilmektedir. Bu yöntem ile test yapılacak standartlar gerçek test ortamında belirli bir süre teste alınmaktadır. Bu zaman içerisinde rastgele seçilen konuşmalar 8 ile 10 saniye arasında dinlemeye ve teste alınmakta ve konuşma kalitesi ölçülmektedir. Her ölçüm sonunda 1 ile 5 arasında konuşma kalitesi notu verilmektedir. Bu süreç belirli bir süre tekrarlandıktan sonra gerçek konuşma kalitesinin ortalama değeri hesaplanmaktadır. 1 ile 5 arasında verilen bu değere Mean Opinion Score (MOS) adı verilmektedir. Konuşma kalitesindeki 1 değeri en kötü durumu, 5 değeri ise en iyi durumu ifade etmektedir. MOS'un 3'ün üzerindeki değerleri ses kalitesi açısından kabul edilebilir bulunmaktadır. MOS'un 4'ün üzerinde olması ise kaliteli bir ses kodlamasını ve transferini ifade etmektedir. Yeni geliştirilen konuşma kodlama tekniklerinin MOS değerlerinin 4'ün üzerinde olmasına dikkat edilmekte ve çalışmalar

bu yönde sürdürülmektedir. Aşağıdaki tabloda bazı kodlama standartlarının MOS değerleri verilmektedir.

Bunun yanında gürültü (Noise) ve bozulma (Distortion) miktarını ölçmek amacıyla kullanılan standartlarda geliştirilmiştir. En çok kullanılan ölçme teknikleri MNRU (Modulated Noise Reference Unit) ve QDU (Quantization Distortion Unit) olarak bilinmektedir.

4. BÖLÜM

HABERLEŞME AĞLARINDA YÖNLENDİRME

4.1. Giriş

Bu bölümde bir haberleşme ağı üzerinde yönlendirme tablolarını oluştururken kullanılan klasik ve zeki algoritmalar/teknikler incelenecektir. Yönlendirme, ağın kaynaklarını verimli bir şekilde kullanımını etkileyen önemli faktörlerden biridir. Ağın kaynaklarını verimli bir şekilde kullanarak; maliyet, gecikme, güvenlik vb. faktörler istenilen seviyeye getirilebilir. Yönlendirme algoritmaları yönlendirme tablolarını kullanırlar. Yönlendirme tabloları temelde statik ve dinamik olmak üzere iki şekilde oluşturulmaktadır. Statik yönlendirme tabloları belli bir algoritmaya dayanarak önceden oluşturulur ve bir daha değiştirilmez. Bu durumda, bir düğümden diğer düğümlere ulaşmak için kullanılacak yollar önceden bellidir ve ağdaki trafiğin değişiminden etkilenmez. Dinamik yönlendirme tablolarında ise tabloların zaman içinde, ağ trafiğinde ya da bağlantılarda meydana gelen değişimlerle, güncellenmesi hedeflenir.

Her iki tip yönlendirme tablosu kullanımının da olumlu ve olumsuz yönleri vardır. Statik yönlendirme basittir. Güncelleme gerektirmez ancak zaman zaman belli noktalarda oluşan tıkanıklıklar, trafiği farklı yollara yönlendirme imkânı olmadığı için, başarımın düşmesine neden olur. Ya da bazı hatların kopması sonunda, önceden atanmış yolları değiştirmek mümkün olmadığı için bazı düğümler arasında bağlantı kurulamayabilir. Dinamik yönlendirmede ise düğümler üzerindeki trafik yükünün artması, tıkanmalar ya da bağlantıların kopması sonucunda alternatif yollar oluşturulur. Ancak, dinamik yönlendirme algoritmaları statik algoritmalarından daha karmaşıktır. Hataya dayanıklı olması beklenen ağlarda yönlendirme tablolarının dinamik teknikler kullanılarak oluşturulması gerekmektedir.

Paketlerin yönlendirilmesi (geçilecek düğümlerin belirlenmesi) iki şekilde gerçekleşir: kaynakta yönlendirme (source routing) ve sekerek yönlendirme (hop by hop routing). Kaynakta yönlendirmede kaynak düğüm, paketin sırası ile geçeceği düğümleri (yönlendiricileri) belirler ve bu bilgi pakete eklenir. Yönlendiriciler bu bilginin bulunduğu özel alana bakarak paketi sırası ile geçmesi gereken düğümlere aktarırlar. Bu yöntemde, yönlendirme işlemi kaynak düğümde yapılır. Diğer düğümler paketin belirlenen yol üzerinden geçmesini sağlar. Sekerek yönlendirmede ise paketin üzerindeki varış düğümü adresine bakarak paketin gönderileceği bir sonraki düğümün adresi belirlenir ve paket o düğüme aktarılır. Yol üzerindeki her sekmede (düğümde) bu işlem yapılır ve paket varış düğümüne kadar ulaştırılır.

4.1. Yönlendirme Teknikleri

Haberleşme ağlarında bir çok yönlendirme teknikleri kullanılmaktadır. Bu bölümde en temel yönlendirme teknikleri üzerinde durulacaktır.

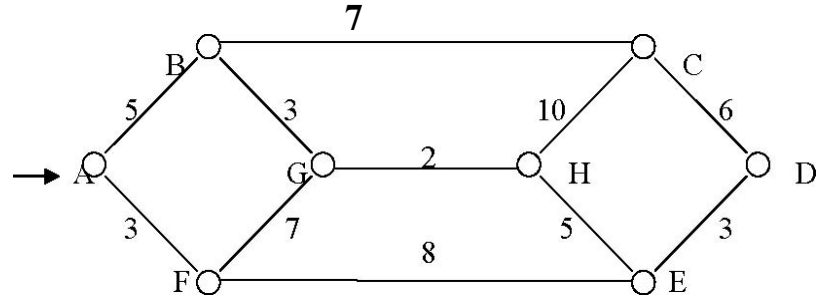
4.1.1. En Kısa Yolu Bulma Algoritması(Dijkstra's Shortest Path Algorithm)

Yönlendirme teknikleri incelendiğinde göze çarpan ilk teknik iki nokta arasındaki en kısa yolu bulmak ve paketleri o yol üzerinden aktarmak olacaktır. Bilgisayar ağlarında iki nokta arasındaki en kısa yol bulunurken ölçüt olarak:

- Bağlantı noktaları arasındaki coğrafi uzaklık,
- Geçilen düğüm (sekme) sayısı,
- Hatlar üzerinde ortaya çıkan aktarım süreleri, düğümlerdeki kuyruklarda bekleme süreleri (gecikme değerleri) kullanılabilir.

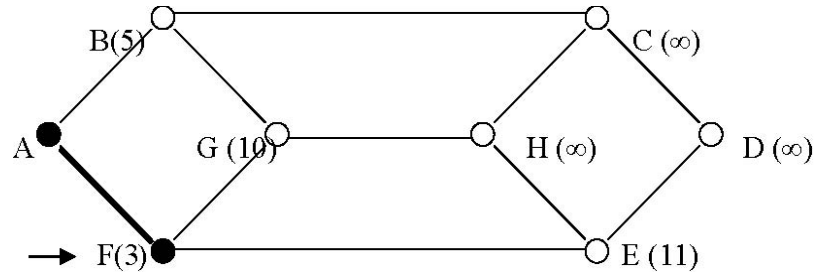
Sonuçta amaç, kullanılan ölçüte bağlı olarak kaynak noktasından varış noktasına en kısa yolun bulunmasıdır.

Dijkstra algoritması Şekil 4.1'de verilen ağ üzerinde daha iyi açıklanabilir. Şekilde kullanılan ölçütün gecikme değerleri olduğu düşünölsün. Tabii burada kullanılacak ölçütler coğrafi uzaklık, maliyet, gecikme, hat kalitesi, en kısa yol, vb. olabilmektedir. Amaç A noktasından B,C,D,E,F,G ve H düğümlerine en kısa yolu bulmak olsun.

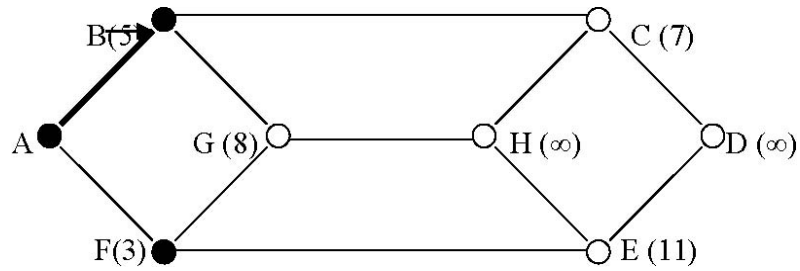


Şekil 4.1 Örnek ağ yapısı

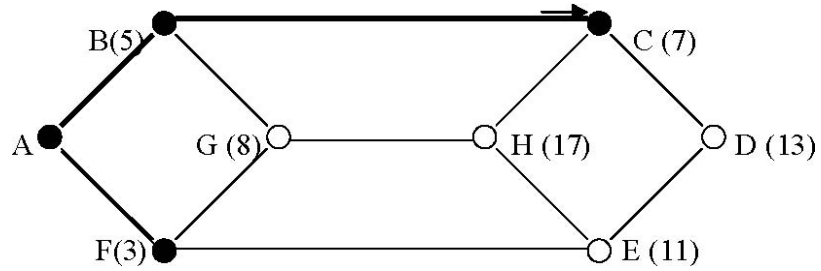
Bu durumda önce A düğümünden başlanır ve ona komşu olan düğümleri inceleyip onlara geçici uzaklık değerleri atanır. Şekil 4.2(a)'da B ve F düğümleri için belirlenmiş geçici uzaklık değerleri bulunabilir. Diğer düğümler henüz incelenmediği için onların geçici uzaklık değerleri sonsuz işareti ile gösterilmiştir.



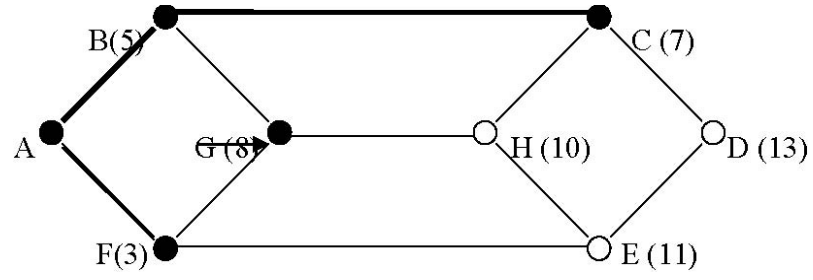
a)



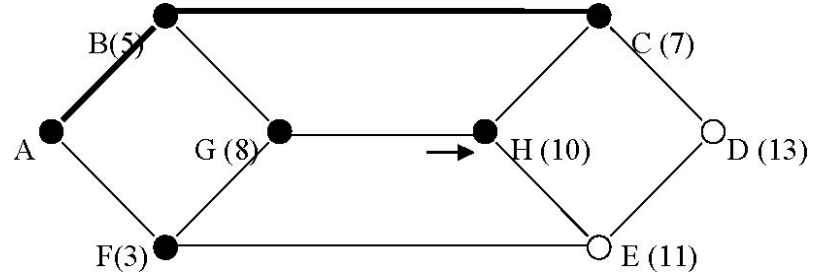
b)



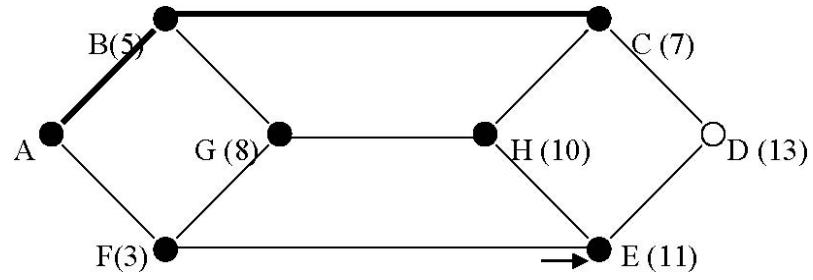
c)



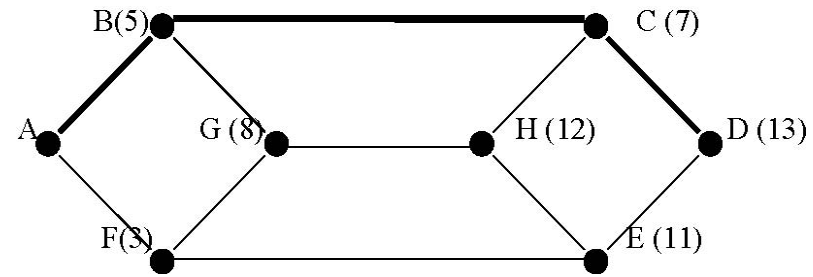
d)



e)



f)



g)

Şekil 4.2. Geçici uzaklık değerlerinin belirlenmesi

Daha sonra sırasıyla A'dan ulaşılan en yakın düğümden (bu örnekte F) başlayarak uzaklık belirlemeye devam edilir. F'nin seçiminden sonraki uzaklık değerleri şekil 4.2(b)'de verilmiştir. B, C, G, H ve E'nin seçiminden sonraki uzaklık değerleri 4.2(c-g)'de gösterilmiştir.

Örnekten de anlaşılacağı gibi bu yöntemde son düğüm dışında tüm düğümler bir kez işlenmiştir. Yukarıdaki örnekte A düğümüne olan en kısa yollar hesaplanmıştır. Yani kaynak düğüm A'dır. Aynı yöntem kullanılarak diğer kaynak düğümler için de hesaplama yapılır.

Dijkstra'nın en kısa yol algoritması aşağıda verilmiştir. Bu algoritmada iki boyutlu L matrisi düğümler arasındaki uzaklıkları (ya da gecikme değerlerini) verir. $L[i,j]$, i ve j düğümleri arasındaki uzaklığı (veya gecikmeyi) verir. Matriste sonsuz işareti ile gösterilmiş alanlar ilgili iki düğüm arasında bağlantı olmadığını gösterir. Yukarıdaki ağ topolojisindeki kenarlar çift yönlü bağlantıları göstermektedir. Yani hat üzerinde verilen değer hem i'den j'ye ulaşmak için hem de j'den i'ye ulaşmak için kullanılır. Bu nedenle $L[i,j]=L[j,i]$ ve matris simetriktir. Bu özellik her ağ yapısında olmayabilir. Aşağıda, örnekteki topoloji için L matrisi verilmiştir. Bu matris Şekil 6.1'e bakarak hazırlanır.

Tablo 4.1. Düğümler arasındaki uzaklık tablosu

A	B	C	D	E	F	G	H	
0	5	∞	∞	∞	3	∞	∞	A
5	0	2	∞	∞	∞	3	∞	B
∞	2	0	6	∞	∞	∞	10	C
∞	∞	6	0	3	∞	∞	∞	D
∞	∞	∞	3	0	8	∞	5	E
3	∞	∞	∞	8	0	7	∞	F
∞	3	∞	∞	∞	7	0	2	G
∞	∞	10	∞	5	∞	2	0	H

Aşağıdaki algoritmada tek boyutlu D matrisi kaynak düğümden diğer düğümlere olan en kısa yolların değerini hesaplar (geçici uzaklık değerlerini saklamak için) kullanılmıştır.

Matrislerde indeks değeri olarak kullanılan 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 sırası ile A, B, C, D, E, F, G, H düğümlerini ifade etmektedir. n ağdaki düğüm sayısını gösterir. Bu örnekte 8'dir.

function Dijkstra (L[1..n, 1..n]): **array**[2..n]
array D[2..n]

```

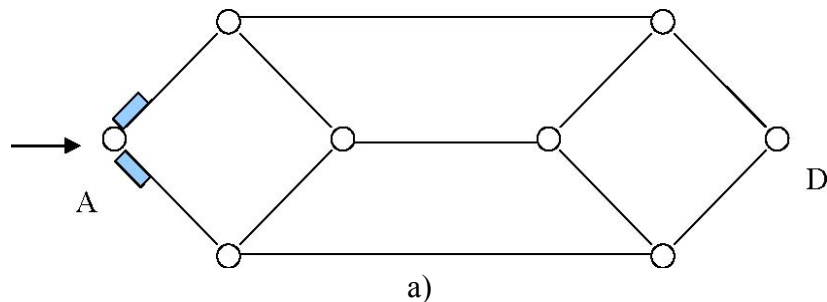
set C          {İncelenecek düğümleri saklar}
C ← {2,3,4,5,6,...,n}
for i ← 2 to n
    D[i] ← L[1,i]
repeat n-2 times
    v ← C'den en küçük D[v] değerini sağlayan bir eleman
    v ← C \ {v}          {bu eleman C setinden çıkarılır}
for each w ∈ C do
    D[w] ← min(D[w], D[v] + L[v,w])
return D

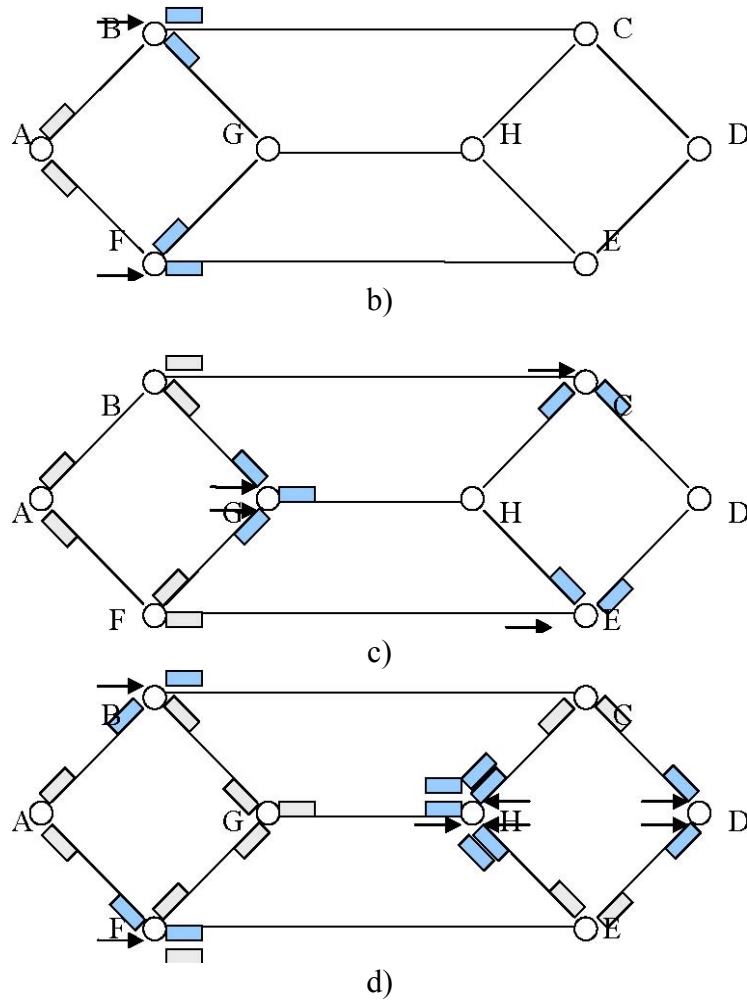
```

Dijkstra algoritması ağda oluşacak değişimlere duyarlı değildir. Bundan dolayı bir bağlantının kopması veya bir bağlantı üzerindeki trafik yükünün artması bazı düğümler arasındaki haberleşmeyi imkânsız ya da çok güç hale getirebilir.

4.1.2. Taşkın (Flooding)

Bu yöntemde bir düğüme ulaşan paketin kopyaları çıkarılır ve bu kopyalar paketin geldiği bağlantı (hat) dışındaki tüm bağlantılardan gönderilir. Doğal olarak bu yöntem aynı paketin pek çok kopyasının oluşturulması ve bu kopyaların ağdaki trafiği aşırı derecede yoğunlaştırmasına sebep olacaktır. Bu dezavantaja karşın, taşkın yönteminde seçilecek hat için özel hesaplamalar yapılmasına gerek kalmaz. Paket, doğal olarak, en kısa yol üzerinden varış noktasına erişir. Ancak bu sırada aynı paketin pek çok kopyası oluşturulur. Hatta aynı kopyalar pek çok kez aynı düğümlere ulaşır. Şekil 4.3 (a-d), A düğümünden D düğümüne gönderilen bir paketin üç sekme içindeki çoğalmasını ve eriştiği düğümleri gösterir.





Şekil 4.3 Taşkın tekniğinde paketlerin ağ içinde yayılması

Tekniğin dezavantajlarını önlemek için paketlere sekme sayacı eklenmektedir. Sekme sayacına, paket oluşturulduğunda, kaynak düğüm tarafından kaynak ve varış düğümleri arasındaki sekme sayısını gösteren bir değer atanır. Sekme sayacının değeri geçilen her düğümde bir azaltılır. Sekme sayacı sıfır değerine ulaştığında, paket varış noktasına ulaşmamışsa yok edilir. Paketlerin aynı düğüm tarafından tekrar tekrar kopyalanmasını engellemek için önerilen bir diğer yöntem ise her düğümün oluşturduğu/kopyaladığı paketlerin kaydını tutmasıdır. Yeni gelen bir paketin kopyalarının oluşturulmasından önce bu kayıtlar kontrol edilir ve paket daha önce çoğaltılmadıysa işleme devam edilir aksi halde paket yok edilir.

4.1.3. Hat Durumu Yönlendirmesi (Link State Routing)

Hat durumu yönlendirmesi de dinamik bir yönlendirme tekniğidir. Amacı, topolojideki değişimlere kolayca uyum sağlamak ve trafikteki değişimlere göre gerektiğinde alternatif yollar bulmaktır. Hat durumu yönlendirmesini, en kısa yol bulma (Dijkstra) algoritmasının uygulaması olarak da düşünebilir. Burada, yönlendiriciler bağlı oldukları hatlar (komşuları ile aralarındaki) üzerindeki gecikmeleri gösteren verileri ağdaki tüm yönlendiricilere ulaşması için gönderilir. Bu verileri alan yönlendiriciler ağ topolojisini oluşturur ve diğer yönlendiricilere en kısa yoldan ulaşmak için bu topoloji üzerinde en kısa yol algoritmasını çalıştırılır. Uygun yolları belirlenir. Hat durumunu gösteren paketler, en kolay taşkın yöntemi ile yayılabilir. Bu durumda paketlerin gereksiz yere ağ içinde dolaşmasını önlemek için hat durumu paketlerinin üzerine yaş (sekme sayacı) alanı koymak gerekmektedir.

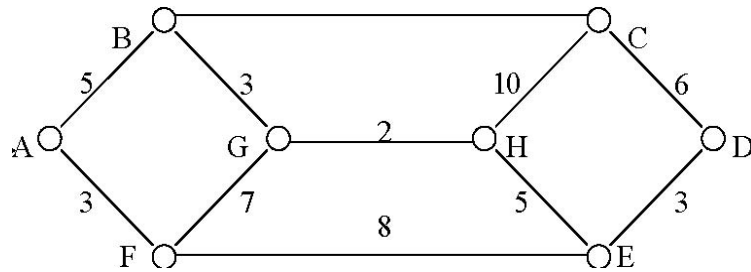
Ağ üzerindeki trafik zamana bağımlı olarak değişim gösterebilir, yönlendiriciler bu değişimleri yansıtmak için yeni hat durumunu gösteren paketleri oluşturur ve gönderirler. Bu durumda yeni paketlerin eskilerinden ayırt edilmesini sağlamak için paketlere sıra numarası verilir. Bir yönlendiriciye ait daha güncel (daha büyük sıra numarasına sahip) bir paket geldiğinde eski paket yok edilir. Sıra numarası ile ilgili olarak karşılaşılabilecek bir problem sıra numarası bozulmasıdır. Örneğin iletimdeki bir hata sonucu sıra numarası bozulur ve 1 sıra numarası 65'e dönüşürse, aynı düğüm tarafından gönderilen, 2 ile 65 sıra numarası arasındaki tüm hat durumu paketleri geçersiz sayılır. Bu tekniğe ait bir diğer sorun ise: yönlendiricilerden bir bozulup tekrar düzeltildiğinde oluşturduğu hat durumu paketleri 0 sıra numarası ile başlar. Ne yazık ki, bu hat durumu paketi daha önce aynı yönlendirici tarafından oluşturmuş hat durumu paketlerinden daha düşük (veya eşit) sıra numarasına sahip olduğu için diğer yönlendiriciler tarafından yok edilecektir.

4.1.4. Uzaklık Vektörü Yönlendirmesi (Distance Vector Routing)

Uzaklık vektörü yönlendirmesi dinamik bir yönlendirme algoritmasıdır. Bu teknikte her yönlendirici bir yönlendirme tablosu tutar bu tabloda ağdaki her yönlendirici için bir satır bulunur. Her satırda ilgili yönlendiricinin tablonun bulunduğu yönlendiriciye olan uzaklığı ve ilgili yönlendiriciye hangi çıkış hattı üzerinden ulaşılacağı bilgisi saklanır.

Kullanılan ölçütün uzaklık olması gerekmez. Bu ölçüt gecikme, sekme sayısı, vb. olabilir. Gecikmenin ölçüt olarak kullanıldığı durumlarda, her yönlendirici kendisi ile komşu yönlendiriciler arasındaki gecikmeyi doğrudan bulabilmektedir.

Uzaklık vektörü yönlendirmesinde, her yönlendirici (periyodik olarak) her T milisaniyede bir kendi tablosunda bulunan ölçüt değerlerini komşularına gönderir ve benzer bir tabloyu da komşusundan alır. Gelen tablolardaki verilere bakarak her yönlendirici doğrudan bağlı olmadığı yönlendiriciler ile arasındaki gecikme değerlerini ve o yönlendiricilere nasıl ulaşacağını bulabilir. Şekil 4.1'deki topoloji üzerindeki değerlerin bir anlık gecikme değerleri olduğu ve ağın çok çok kısa bir süre önce aktif hale geldiği varsayalım. Bu durumda her yönlendirici sadece komşusuna olan gecikmeyi bilsin ve diğer yönlendiricilere nasıl ulaşılacağı konusunda bilgi sahibi olmasın. Yönlendiricilerin tabloları Şekil 4.4'deki gibi olacaktır.



A Yönlendiricisi			B Yönlendiricisi			C Yönlendiricisi			D Yönlendiricisi		
	gecikme	Bir-sonraki düğüm		gecikme	Bir-sonraki düğüm		gecikme	Bir-sonraki düğüm		gecikme	Bir-sonraki düğüm
A	0	-	A	5	A	A	∞	-	A	∞	-
B	5	B	B	0	-	B	2	B	B	∞	-
C	∞	-	C	2	C	C	0	-	C	6	C
D	∞	-	D	∞	-	D	6	D	D	0	-
E	∞	-	E	∞	-	E	∞	-	E	3	E
F	3	F	F	∞	-	F	∞	-	F	∞	-
G	∞	-	G	3	G	G	∞	-	G	∞	-
H	∞	-	H	∞	-	H	10	H	H	∞	-

E Yönlendiricisi			F Yönlendiricisi			G Yönlendiricisi			H Yönlendiricisi		
	gecikme	Bir-sonraki düğüm		gecikme	Bir-sonraki düğüm		gecikme	Bir-sonraki düğüm		gecikme	Bir-sonraki düğüm
A	∞	-	A	3	A	A	∞	-	A	∞	-
B	∞	-	B	∞	-	B	3	B	B	∞	-
C	∞	-	C	∞	-	C	∞	-	C	10	C
D	3	D	D	∞	-	D	∞	-	D	∞	-
E	0	-	E	8	E	E	∞	-	E	5	E
F	8	F	F	0	-	F	7	F	F	∞	-
G	∞	-	G	7	G	G	0	-	G	2	G
H	5	H	H	∞	-	H	2	H	H	0	-

Şekil 4.4 Uzaklık vektörü yönlendirmesinde tabloların ilk durumu

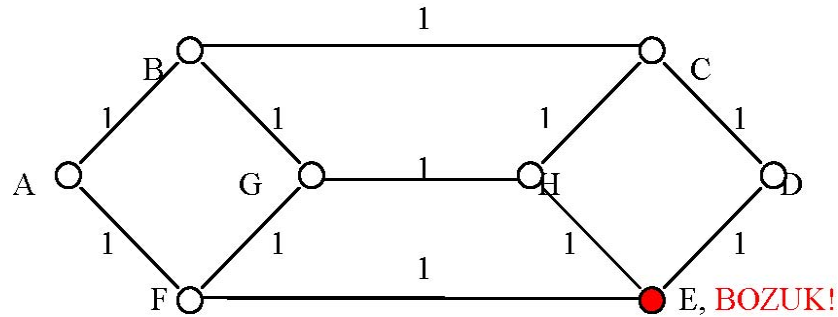
Bu andan sonra B, F ve H yönlendiricilerinden gelen tablolara göre G yönlendiricisinin kendi yönlendirme tablosunu güncelleyişi Şekil 6.6'da verilmiştir. G yönlendiricisi B, F ve H'den kendisine ulaşan vektörlere göre yönlendirme tablosundaki değerleri günceller ve doğrudan bağlı olmadığı yönlendiricilere olan gecikmeyi hesaplar. Güncelleme sırasında amaç en kısa gecikmeye sahip çıkış hattını bulmaktır. Bir yönlendiriciye ulaşmak için alternatif yollar olabilir ancak bu yolların en kısası seçilmelidir. Örneğin, G yönlendiricisi, A'ya F (7+3) ya da B (3+5) üzerinden ulaşabilir. Ancak B üzerinden gidilen yol daha kısa olduğu için onu tercih eder.

Uzaklık vektörlerinin aktarılmasından sonra G'nin doğrudan bağlı olmadığı A, C ve E yönlendiricilerine olan gecikme değerlerine sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 4.2. G yönlendiricisindeki tablonun güncellenmesi

B Yönlendiricisi			F Yönlendiricisi			H Yönlendiricisi			G Yönlendiricisi		
	gecikme	Bir-sonraki düğüm		gecikme	Bir-sonraki düğüm		gecikme	Bir-sonraki düğüm		gecikme	Bir-sonraki düğüm
A	5	A	A	3	A	A	∞	-	A	3+5	B
B	0	-	B	∞	-	B	∞	-	B	3	B
C	2	C	C	∞	-	C	10	C	C	3+2	B
D	∞	-	D	∞	-	D	∞	-	D	-	-
E	∞	-	E	8	E	E	5	E	E	2+5	H
F	∞	-	F	0	-	F	∞	-	F	7	F
G	3	G	G	7	G	G	2	G	G	0	-
H	∞	-	H	∞	-	H	0	-	H	2	H

Bu teknikte, uzaklık vektörleri T milisaniyede bir komşulara gönderildiği için ağ topolojisindeki bir değişikliğin (bir yönlendiricinin bozulması ya da bir hattın kopması) diğer yönlendiricilere ulaşması, bozukluğun olduğu noktanın diğer noktalara olan uzaklığı ile orantılı olarak değişim gösterir. Bilginin tüm düğümlere aynı anda ulaşma imkânı yoktur. Bu da sonsuza sayma denilen problemi ortaya çıkarır. Örneğin, ölçüt olan sekme sayısı ve ağdaki E yönlendiricisi bozuldu (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Ağ üzerindeki E yönlendiricisinin bozulması ve sekme sayısının ölçüt olarak kullanılması durumu

Bu bilgi ilk aşamada H, D ve F yönlendiricilerine ulaşacaktır. Bu yönlendiriciler tablolarında ilgili alanı sonsuz yaparken G yönlendiricisi H'ye 'E'ye 2 sekmede ulaşıyorum' bilgisini içeren vektörünü gönderecektir (doğrudur, ölçüt sekme sayısı olduğu için F üzerinden ulaşıyordur). H bu bilgiye güvenip tablosunu E'ye G üzerinden 3 sekmede ulaşacak şekilde değiştirir.

Bir sonraki aktarımda F'den E'nin çöktüğü bilgisi G'ye ulaşır. Ancak H, G'nin gönderdiği eski vektöre dayanarak E'ye 3 sekmede ulaşabileceğini bildirecektir. Bu durumda G, H'den gelen vektöre güvenerek tablosunu E'ye 4 sekme ile ulaşacak şekilde günceller. Gecikme değeri hatalı olarak bu şekilde artmaya devam eder[21].

4.1.5. Zeki Yönlendirme Algoritması AntNET

Karıncalar her ağ noktasından trafik örneklerini karşılaştırmak için rastgele seçilen hedef noktalara dağıtılmaktadır. Her karıncanın bir kaynak noktası s ve bir hedef noktası d vardır ve her karınca d noktasına ulaşana kadar bir noktadan bir sonrakine hareket ederek s ' den d ' ye ulaşır. k karıncası i noktasında iken hareket etmek için sonraki j noktasını, karıncanın hafızası M^k ve bölgesel karınca yönlendirme tablosu A_i ' nin bir fonksiyonu olan bir raslantısal karar kuralına göre seçer.

Feromon yolları yine hatlarla birleştirilir fakat hat hedef çiftleri ile ilgili olan değişkenlerle tanımlanır. Yani yönlenmiş her (i,j) hattının değerleri $\tau_{ijd} \in [0, 1]$ olan $N_C - 1$ tane yolu vardır. Ayrıca her hat hedeften bağımsız olan sezgisel η_{ij} değeri ile bağlantılıdır. η_{ij} ' nin değeri (4.1) denklemi ile verilmektedir.

$$\eta_{ij} = 1 - \frac{q_{ij}}{\sum_{l \in N_i} q_{il}} \quad (4.1)$$

Burada q_{ij} , i noktası ile komşusu olan j noktasını birleştiren hattın sıra uzunluğu (gönderilmeyi bekleyen bit sayısı) dur.

Bölgesel karınca- yönlendirme tablosu A_i , bölgesel feromon yolları ve sezgisel değerler η_{ij} ' nin birleşik fonksiyonu ile elde edilir. Hedefe doğru yolu oluştururlarken karıncalar

datalara aynı hat sırasını kullanarak hareket ederler. Bu yolla, karıncaların yaşadıkları s noktasından d noktasına hareketleri esnasında geçen T_{sd} zamanı ve veri paketleri ile aynı gecikmeleri yolun kalitesinin bir ölçümü olarak kullanılabilir. Baştan sona bir yolun iyiliği hedefe varış süresi T_{sd} ile ve her nokta için belirlenen bölgesel adaptif istatistiksel modelin sezgisel bir fonksiyonu ile değerlendirilebilir. Gerçekte yollar ağ durumuna bağlı olarak değerlendirilebilir. k karıncası, bir yolu tamamladıktan hemen sonra, oluşturduğu yolun iyiliğiyle orantılı olan feromon miktarını geçtiği noktalara bırakır. Bu amaç için hedef noktasına ulaştıktan sonra karınca aynı yol boyunca tersine kaynak noktalara doğru hareket eder (toplanan bilgilerin hızlı yayılımını sağlamak için öncelik sırasını belirler).

Bu tersine yol boyunca (d' den s' e doğru) k karıncası s' den d' ye doğru hareketi sırasında daha önceden kullandığı her l_{ij} bağlantısının $\tau_{ijd}(t)$ feromon yolu değerini artırır. Feromon yolu yoğunluğu aşağıdaki kural uygulanarak artırılır.

$$\tau_{ijd}(t) \leftarrow \tau_{ijd}(t) + \Delta\tau^k(t) \quad (4.2)$$

Karıncanın geriye yolculuğu boyunca feromon yollarını güncellemesinin sebebi şudur: karınca geçtiği yollar üzerine bırakmak için $\Delta\tau^k(t)$ feromon miktarını hesaplamadan önce bunun değerini tayin etmek için kaynaktan hedefe olan bir yolu tamamlamalıdır.

Ziyaret edilen köprüler üzerindeki feromon izleri güncellendikten sonra aynı i noktasının çıkan bütün bağlantılarının feromon değerleri buharlaşır.

$$\tau_{ijd}(t) \leftarrow \frac{\tau_{ijd}(t)}{(1 + \Delta\tau^k(t))}, \quad \forall j \in N_i \quad (4.3)$$

Burada N_i , i noktasının komşularının kümesidir. Söylendiği gibi i noktasının AntNet karınca- yönlendirme tablosu $A_i = [a_{ijd}(t)]$, feromon yolu değerleri ve bölgesel sezgisel değerlerin birleşiminden bulunur:

$$a_{ijd}(t) = \frac{w\tau_{ijd}(t) + (1-w)\eta_{ij}}{w + (1-w)(|N_i| - 1)} \quad (4.4)$$

Burada $j \in N_i$, d hedef nokta, $w \in [0, 1]$ ağırlık faktörü ve payda normalizasyon terimidir.

Karınca karar kuralı şu şekilde tarif edilmektedir, t zamanında k karıncası i noktasına yerleştirilmiş ve d noktasına doğru yönlendirilmiş olsun. Eğer $N_i \not\subset M^k$ yani eğer k karıncasının bulunduğu bölgedeki komşuluklarının içinde henüz ziyaret etmediği en azından bir şehir varsa, karınca bu $j \in N_i$ noktasını şu olasılıkla seçer.

$$P_{ijd}^k(t) = \begin{cases} a_{ijd}(t) & , j \notin M^k \\ 0 & , j \in M^k \end{cases} \quad (4.5)$$

Diğer yandan, karınca bir $j \in N_i$ şehrini düzgün olasılıkla seçer: $P_{ijd}^k(t) = 1/(|N_i|)$. Başka bir deyişle, karıncalar tekrarlardan kaçınmaya çalışır fakat i 'nin komşuluğundaki bütün noktaların karınca tarafından ziyaret edilmiş olması durumunda karıncanın seçeneği kalmaz ve bir noktayı döngü meydana getirerek tekrar ziyaret etmek zorunda kalır. Bu durumda meydana getirilen döngü karınca hafızasından silinir [22].

En iyi-başarılı kablosuz veri ağlarında adaptif yönlendirme için Di Caro ve Dorigo tarafından AntNet' in birçok sürümü geliştirilmiştir [23-27]. Bunlardan ikisi AntNet-CL ve AntNet-FA (AntNet with Flying Ant, ilk çalışmalarında AntNet-CO olarak adlandırılmaktadır)'dır. AntNet-FA iki özelliği dışında AntNet ile tamamen aynıdır. Birincisi, ileri giden karıncalar bu çalışmada "uçan karıncalar" adını almaktadırlar. Kaynaktan hedefe bir yol oluşturulurken uçan karıncalar seyahat süresi T 'yi depolamaz ve yüksek öncelikli dizilerin kullanımını mümkün kılarlar. İkincisi, her nokta bölgesel hat dizisi azaltma işleminin basit bir modelini muhafaza eder. Bu model kullanılarak ileriye giden karıncanın kayıp (eksik) seyahat zamanının kabaca tahmini yapılır. Geriye giden karınca bu tahminleri online olarak okur ve bunları yol kalitesini belirlemek ve bırakılacak feromon miktarını hesaplamak için kullanır. AntNet-FA diğer algoritmalara göre daha reaktiftir; karıncalar tarafından toplanan bilgi orijinal AntNet' dekinden daha

günceldir ve daha hızlı yayılır. AntNet-FA' nın en iyi-başarılımlı kablosuz ağlardaki performansının orijinal AntNet' den çok daha iyi olduğu gözlenmiştir [28].

Dorigo ve Di Caro tarafından geliştirilen bir diğer sürüm ise AntNet-CL' dir. AntNet-CL aslında referans [29]' de verilen algoritmanın aynısıdır fakat orada sadece AntNet olarak adlandırılmıştır ve AntNet' in ilk uygulamasıdır. AntNet-CL en iyi-başarılımlı kablosuz ağlarda yönlendirme için geliştirilmiştir. AntNet-FA ise AntNet-CL' nin daha reaktif bir sürümdür. Servis kalitesi ile birlikte iyi-başarılımlı servislerin sağlandığı yüksek hızlı kablolu ağlarda yönlendirmenin gereksinimlerini daha iyi karşılamaktadır. Bu her iki algoritmada ileriye giden karıncalar mümkün olan iyi bir yol bulabilmek için tahmini strateji izlerler: AntNet-CL' de ileriye giden karıncalar aynen veri paketleri gibi davranırlar ve tecrübe ettikleri gecikmeler, geriye giden karıncalar tarafından geçtikleri yolların kalitesini değerlendirmek için kullanılır. AntNet-FA' da ise ileriye giden karınca çabucak bir yol bulur ve bu yol geriye giden karınca tarafından bölgesel olarak tahmin edilen seyahat süresini kullanarak değerlendirilir [24]. Di Caro ve Dorigo her iki algoritmayı da ağ yönlendirme algoritmaları olan OSPF (Open Shortest Path First), SPF (Shortest Path First), BF, Q-R, PQ-R ile deneysel olarak karşılaştırmışlardır. Bunun sonucunda her iki AntNet algoritması diğer algoritmalarla karşılaştırıldıklarında paket gecikmelerinin dağıtımında gerçekten en iyi sonucu vermişlerdir. Bu iki algoritma kendi aralarında kıyaslandığında ise AntNet-FA' nın performansı AntNet-CL' ninkinden çok daha iyidir: özellikle ağ boyutları büyüdükçe iki algoritma arasındaki fark daha da artmaktadır. Ayrıca bu deneylerde bu iki algoritmanın farklı trafik durumları altında çok kararlı olduğu ve sabit bir davranışa çok daha çabuk ulaşabildikleri gözlenmiştir.

AntNet-FS ise yine Di Caro ve Dorigo tarafından AntNet-FA' dan yola çıkılarak geliştirilmiştir AntNet-FS kablolu yüksek hızlı ağlarda çok-yollu adaptif eş-paylaşım (fair-share) yönlendirme için akış kontrol sistemidir. AntNet-FS' de bazı karıncalar, kurulan her yeni kullanıcı oturumu için çoklu yolların araştırılmasını ve tahsisini desteklemek amacıyla ekstra bazı fonksiyonlara sahiptir. İleri kurucu (setup) karıncalar oturumu kurmak için uygun çoklu yolları (gerçekleşmemiş devreleri) araştırmak için ayrılırlar. Kabul edilen gerçekleşmemiş devreler geriye giden kurucu karıncalar tarafından tahsis edilirler. Aynı zamanda oturumun bant genişliği devre noktaları üzerinde eş-paylaşım uygulamasına göre ihtiyaten saklanır. Yeni bir oturum ulaştıktan

sonra ya da eski oturumun ayrılmasından sonra tahsis edilen bant genişliği dinamik olarak tekrar dağıtılır.

AntNet'in T1-NSFNET ağı ve düzensiz 6×6'lık ızgara ağa bir simülatör aracılığı ile uygulanması ve AntNet' in paket anahtarlamalı haberleşme ağlarında diğer algoritmalarından daha iyi performans gösterdiğini kanıtlamıştır [26].

Adaptif-SDR (Adaptive- Swarm-based Distributed Routing) olarak adlandırılan böcek-tabanlı yeni bir algoritma geliştirilmiş ve bu algoritma AntNet ve benzeri yönlendirme algoritmaları ile kıyaslanmıştır. Deneyler sonucunda bu yeni algoritmanın AntNet ve diğer algoritmalarından daha iyi ayarlanabilir olduğu, yoğun ağ trafiği durumunda daha kararlı ve uygun olduğu ayrıca gecikmelerin ve paket kayıplarının daha az olduğu gösterilmiştir [30].

AntNet' in değişik bir sürümü kablosuz haberleşme ağlarına uygulanmış ve temelde AntNet' e çok benzeyen KTK (Karıncı-Tabanlı Kontrol) algoritmasının kablosuz haberleşme ağlarına uygulaması gerçekleştirilmiştir [4].

Haberleşme ağlarında mesaj yönlendirme esnasında, yönlendiriciler üzerinde meydana gelebilecek çakışmaların, üstesinden gelebilecek karınca tabanlı bir algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritmada, farklı mesaj paketlerinin aynı anda aynı yönlendirici üzerinden geçmesi gerektiği durumlarda, feromon bırakma işleminin farklı bir yöntem kullanılarak gerçekleştirilmesi ile öncelikli yönlendirme yapılabilmektedir [3, 31].

5. BÖLÜM

VoIP Haberleşme Ağının Optimizasyonu

5.1. Giriş

Bu bölümde önceki bölümde bahsedilen Dijkstra ve AntNET algoritmalarının VoIP haberleşme ağlarında optimizasyon uygulaması anlatılmaktadır. İlk olarak C# dilinde yazılan programın özellikleri tanıtılmıştır. Daha sonra Dijkstra ve AntNET yönlendirme algoritmalarının uygulamaya yönelik özelliklerinden bahsedilmiştir. Son olarak da bu iki algoritmanın karşılaştırılması yapılmıştır.

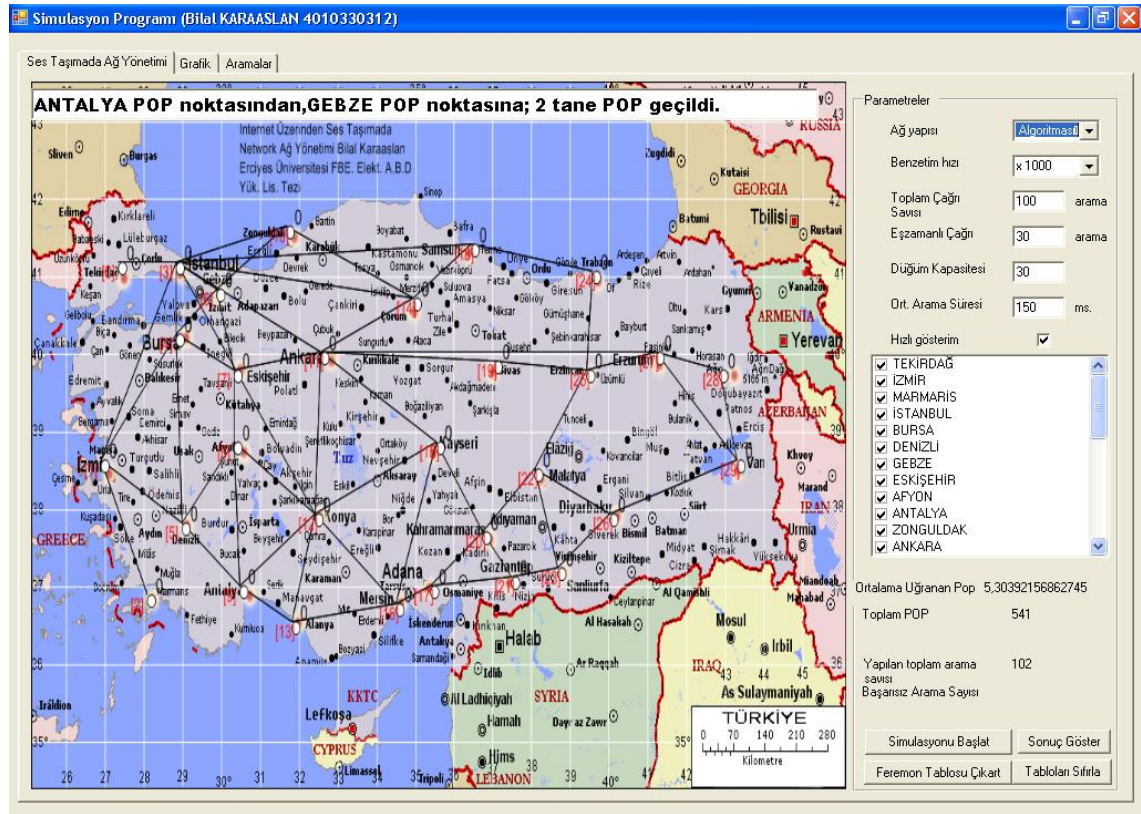
5.2. Ağın Optimizasyon Yazılımı

Ağ optimizasyon yazılımı C# dilinde yazılmıştır. C# Programlama Dili, Microsoft'un geliştirmiş olduğu yeni nesil dildir. Yine Microsoft tarafından geliştirilmiş .NET teknolojisinin sunduğu dillerden biridir. Microsoft tarafından geliştirilmiş olsa da ECMA standartlarındadır. İsteyen herkes bildirimlere uymak koşuluyla kendi C# derleyicisini yazabilir.

Birçok alanda Java'yı kendisine örnek alır. Bunlardan birisi de derlenen değil yorumlanan bir dil olmasıdır. .NET kütüphanelerini kullanmak amacıyla yazılan programların çalıştığı bilgisayarlarda uyumlu bir kütüphanenin bulunması gereklidir. Bu, Microsoft'un .Net Framework'u olabileceği gibi ECMA standartlarına uygun herhangi bir kütüphane de olabilir. Yaygın diğer kütüphanelere örnek olarak Portable.Net ve Mono verilebilir. Ayrıca C# bir nesne yönelimli programlama dilidir.

Ağ optimizasyon yazılımı içinde yönlendirme algoritması, simülasyon hızı, haberleşme ağında oluşturulacak telefon trafiği sayısı, eş zamanlı çağrı miktarı, POP noktalarının üzerinden geçebilecek telefon trafik sayısı ve ortalama çağrı süresi seçilebilmektedir.

Ağ optimizasyon yazılımıyla seçilen kriterlere göre simülasyon yapılabilmektedir. Simülasyon sonuçları, haberleşme ağında oluşan her telefon görüşmesinin yönü ile her görüşme için geçilen POP noktaları sayısı ve her iterasyonda oluşan feromon miktarlarının değişimi görülebilmektedir.



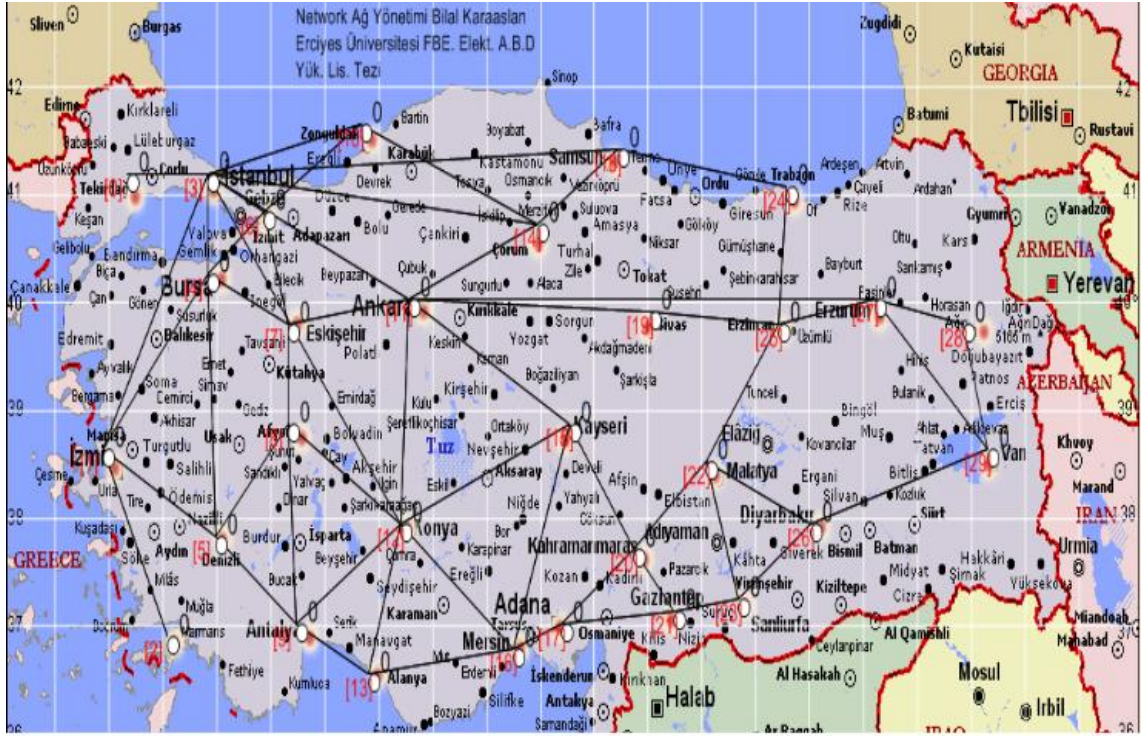
Şekil 5.1. Ağ Yönetim Simülasyon Programı

5.3. POP Noktaları

Ağ optimizasyon yazılımında simülasyonu yapılan haberleşme ağında 30 adet POP (Point of Presence – Varlık Noktası) noktası mevcuttur. POP noktası, VoIP teknolojisini kullanan telekom operatörlerinin internet omurgasına doğrudan erişim sağladıkları ana bağlantı noktalarıdır.

POP noktaları arasında rastgele telefon trafiği oluşturulmaktadır. Bu telefon trafiğinin belirli bir kısmı veya hepsi aynı anda oluşturulabilmektedir. Ayrıca POP noktaları üzerinden geçebilecek maksimum telefon trafik miktarı ve oluşacak telefon trafiğinin süresi belirlenebilmektedir.

Her POP noktası genelde kendisine yakın diğer POP noktaları ile bağlantılıdır. POP noktaları arasında yönlendirme göz önüne alındığında, ağ içerisindeki POP noktaları arasında en kısa yolu bulmak ve ses paketlerini bu yoldan iletmek hedeflenmektedir. En kısa yolu bulmada kullanılacak ölçütler; maliyet, hat kalitesi, coğrafi uzaklık, gecikme vb. olabilmektedir.



Şekil 5.2. Haberleşme Ağındaki POP Noktaları

5.4. Dijkstra Algoritması Kullanılarak Ağ Yönetimi

Dijkstra Algoritması, istenilen bir POP noktasından, ağdaki diğer tüm POP noktalarına giden minimum maliyetli yolları (shortest path) bulmak için kullanılan bir algoritmadır.

Başlangıçta kullanıcının verdiği kaynak POP noktası sadece kendisinden haberdardır. İlk iş olarak, bu POP noktasından doğrudan ulaşılabilen en az maliyetli POP noktasını araştırır. Bu POP noktası, bağlantı kurulan (kaynaktan minimum uzaklığı bilinen) POP noktaları kümesine eklenir. Bağlantı kurulan POP noktalarından doğrudan ulaşılabilen POP noktaları içinde en az maliyetli (kaynağa uzaklık bakımından en yakın) olan yeni bir POP noktasını araştırır. Bu POP noktası da bağlantı kurulan POP noktaları kümesine

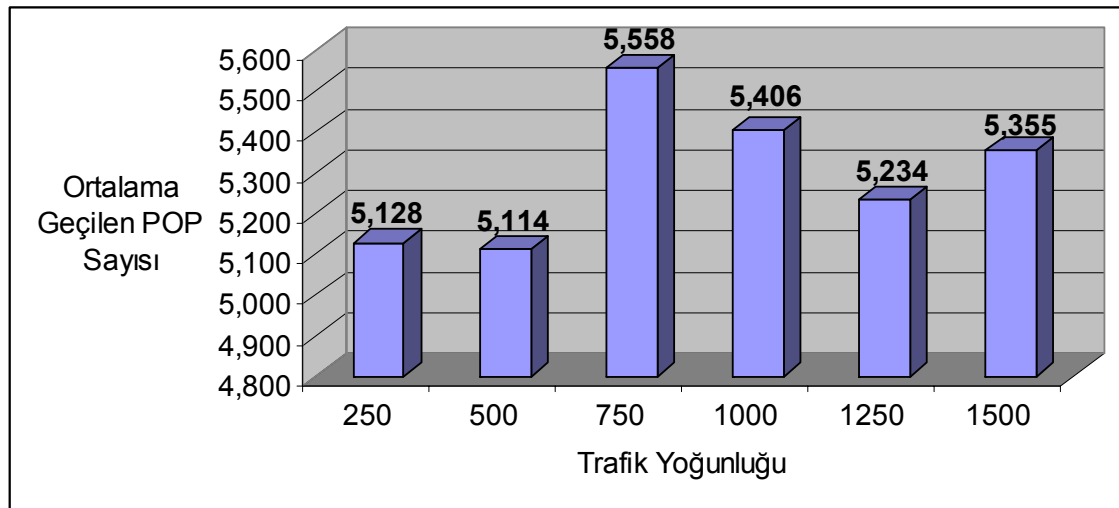
eklenir. Böylece en sonunda, ulaşılması mümkün olan tüm POP noktaları ile bağlantı kurulur. Yeni POP noktaları bulunduğu sürece bu işleme devam edilir.

Dijkstra algoritmasının örnek ağımızda telefon trafiğini en kısa yoldan yönlendirme problemine uygulanması sonucunda trafik yoğunluklarına karşın, ortalama geçilen POP noktası ve başarısız arama sayıları Tablo 5.1’de ve Şekil 5.3’de verilmiştir.

Ağ yapısında değişiklik yapılarak telefon trafiğinin en kısa yoldan yönlendirilmesine ait ortalama geçilen POP ve başarısız arama sayısı Tablo 5.2’de ve Şekil 5.4’de verilmiştir.

Tablo 5.1. Dijkstra Algoritmasının 30 adet POP noktasına uygulanması

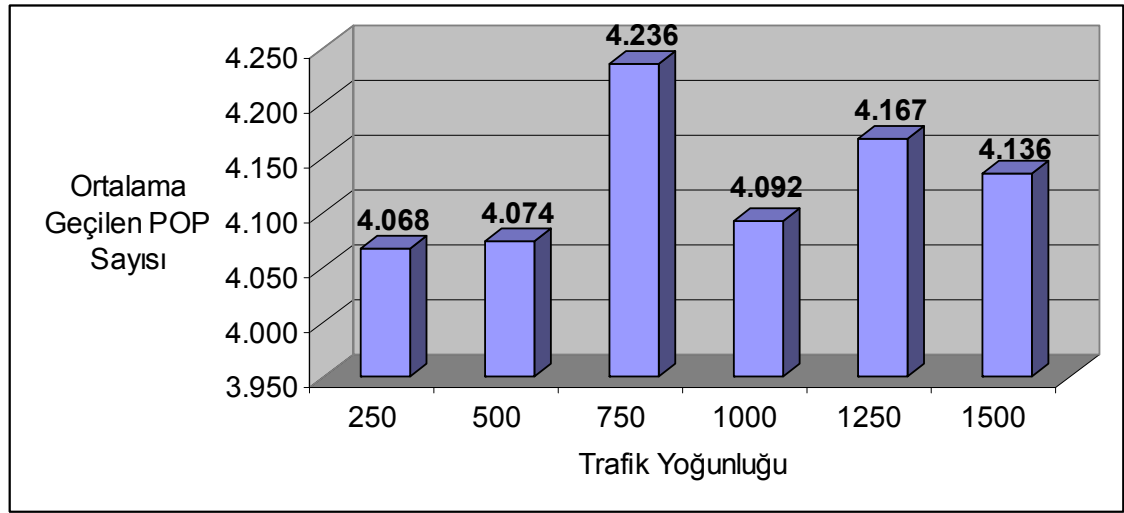
Toplam Çağrı Sayısı	Eş Zamanlı Çağrı Sayısı	Düğüm Kapasitesi	Arama Süresi (ms)	Başarısız Çağrı Sayısı	(Dijkstra)
					Ortalama Geçilen POP Sayısı
250	50	30	150	0	5.128
500	50	30	150	0	5.114
750	50	30	150	0	5.558
1000	50	30	150	1	5.406
1250	50	30	150	2	5.234
1500	50	30	150	2	5.355



Şekil 5.3. Dijkstra Algoritmasının 30 adet POP noktasına uygulanması

Tablo 5.2. Dijkstra Algoritmasının 27 adet POP noktasına uygulanması

Toplam Çağrı Sayısı	Eş Zamanlı Çağrı Sayısı	Düğüm Kapasitesi	Arama Süresi (ms)	Başarısız Çağrı Sayısı	(Dijkstra)
					Ortalama Geçilen POP Sayısı
250	50	30	150	17	4.068
500	50	30	150	69	4.074
750	50	30	150	102	4.236
1000	50	30	150	144	4.092
1250	50	30	150	180	4.167
1500	50	30	150	220	4.136



Şekil 5.4. Dijkstra Algoritmasının 27 adet POP noktasına uygulanması

Tablo 5.1 ve Tablo 5.2 incelendiğinde Dijkstra algoritmasının haberleşme ağının yapısı değiştirildiğinde bu değişikliğe uyum sağlayamadığı ve başarısız arama sayısının trafik miktarının artması ile arttığı görülmektedir.

5.5. AntNet Algoritması Kullanılarak Ağ Yönetimi

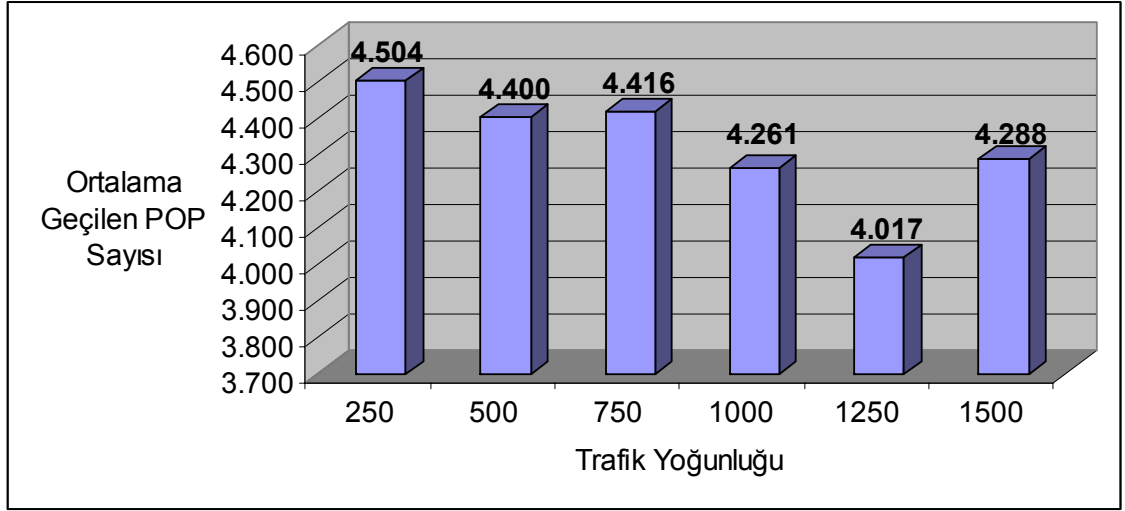
Bu kısımda AntNet algoritması örnek ağımızda POP noktaları arasındaki en kısa yolu bulma problemine uygulanmıştır. Telefon trafiği, AntNet algoritması tarafından bulunan yollardan daha önce kısım 4.1.5' te anlatılan prensiple hedef noktaya yönlendirilirler.

AntNet algoritmasının örnek ağda telefon trafiğini en kısa yoldan yönlendirme problemine uygulanması sonucunda trafik yoğunluklarına karşın, ortalama geçilen POP noktası ve başarısız arama sayıları Tablo 5.3'de ve Şekil 5.5'de verilmiştir.

Ağ yapısında değişiklik yapılarak telefon trafiğinin en kısa yoldan yönlendirilmesine ait ortalama geçilen POP ve başarısız arama sayısı Tablo 5.4’de ve Şekil 5.6’de verilmiştir.

Tablo 5.3. AntNet Algoritmasının 30 adet POP noktasına uygulanması

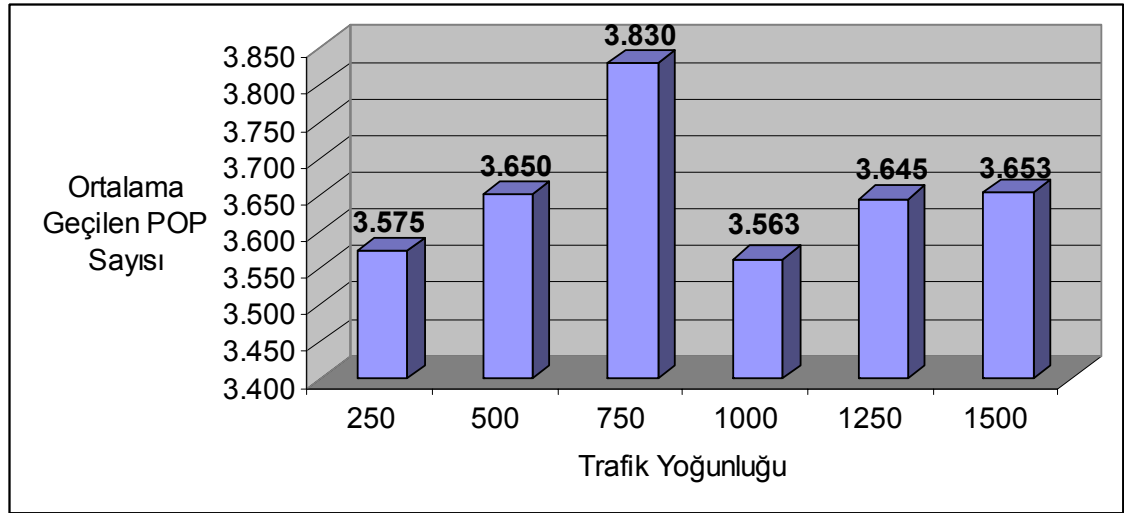
Toplam Çağrı Sayısı	Eş Zamanlı Çağrı Sayısı	Düğüm Kapasitesi	Arama Süresi (ms)	Başarısız Çağrı Sayısı	(AntNet)
					Ortalama Geçilen POP Sayısı
250	50	30	150	0	4.504
500	50	30	150	1	4.400
750	50	30	150	0	4.416
1000	50	30	150	0	4.261
1250	50	30	150	0	4.017
1500	50	30	150	0	4.288



Şekil 5.5. AntNet Algoritmasının 30 adet POP noktasına uygulanması

Tablo 5.4. AntNet Algoritmasının 27 adet POP noktasına uygulanması

Toplam Çağrı Sayısı	Eş Zamanlı Çağrı Sayısı	Düğüm Kapasitesi	Arama Süresi (ms)	Başarısız Çağrı Sayısı	(AntNet)
					Ortalama Geçilen POP Sayısı
250	50	30	150	10	3.575
500	50	30	150	34	3.650
750	50	30	150	41	3.830
1000	50	30	150	75	3.563
1250	50	30	150	96	3.645
1500	50	30	150	113	3.653



Şekil 5.6. AntNet Algoritmasının 27 adet POP noktasına uygulanması

Tablo 5.3 ve Tablo 5.4 incelendiğinde AntNET algoritmasının ilk iterasyonda Dijkstra algoritması ile hemen hemen aynı sonuçları verdiği fakat sonraki her iterasyonda AntNet algoritmasının haberleşme ağına daha iyi hakim olduğu ve daha başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir.

5.6. AntNet ve Dijkstra Algoritmasının Karşılaştırılması

Her iki algoritmada örnek haberleşme ağımda başarılı bir şekilde uygulanmışlardır. Öncelikle ağdaki telefon trafiği miktarı artırılarak bu değişikliğe karşın her iki algoritmanın performanslarındaki değişiklik gözlenmiştir.

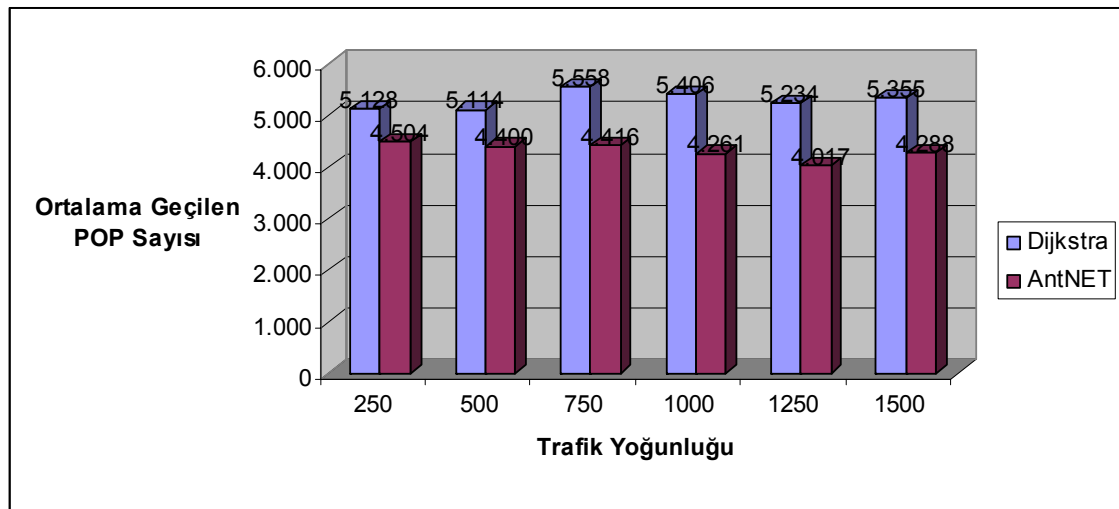
30 adet POP noktalı ağa her iki algoritma uygulandığında, Dijkstra algoritmasında 5 adet başarısız arama ve ortalama 5.299 POP noktasından geçiş gözlenmiştir. AntNet

algoritmasında ise, 1 adet başarısız arama ve ortalama 4.314 POP noktasından geçiş gözlenmiştir.

Ağ yapısında değişiklik yapılarak POP noktalarının 27'ye düşürülmesi sonucu, Dijkstra algoritmasında 732 adet başarısız arama ve ortalama 4.128 POP noktasından geçiş gözlenmiştir. AntNet algoritmasında ise, 369 başarısız arama ve ortalama 3.653 POP noktasından geçiş gözlenmiştir. Tablo 5.5'de ve Şekil 5.7'de bu algoritmaların ortalama geçilen POP sayısına göre, Tablo 5.6'de ve Şekil 5.8'de başarısız arama sayısına göre, Tablo 5.7'de Eş zamanlı arama sayısına göre ve Tablo 5.8'de düğüm kapasitelerine göre karşılaştırılması verilmiştir.

Tablo 5.5. Dijkstra ve AntNet Algoritmasının Ortalama Geçilen POP Noktasına Göre Karşılaştırılması

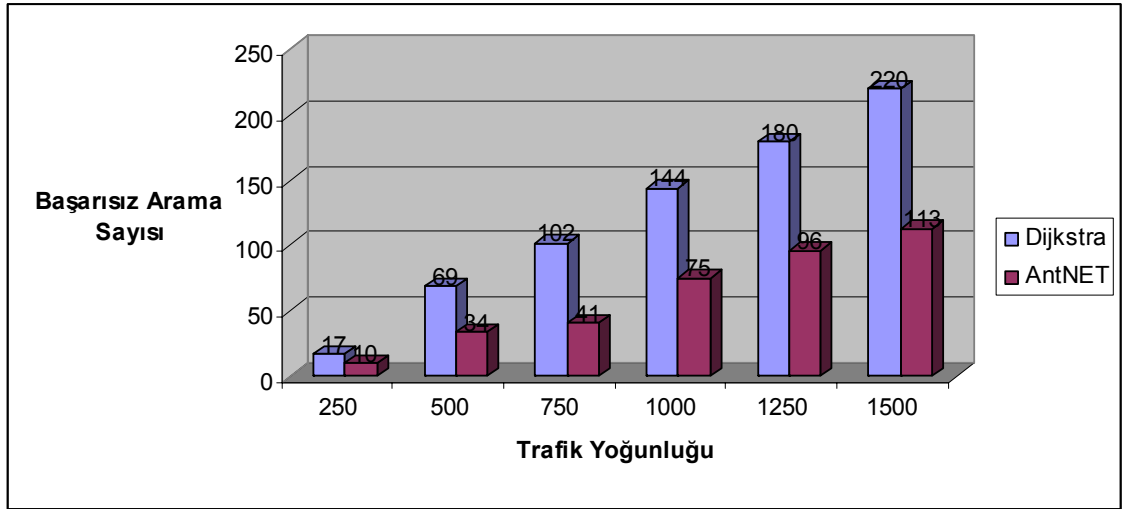
Toplam Çağrı Sayısı	Eş Zamanlı Çağrı	Düğüm Kapasitesi	Arama Süresi (sn)	(Dijkstra)	(AntNET)
				Ortalama Geçilen POP Sayısı	Ortalama Geçilen POP Sayısı
250	50	30	150	5.128	4.504
500	50	30	150	5.114	4.400
750	50	30	150	5.558	4.416
1000	50	30	150	5.406	4.261
1250	50	30	150	5.234	4.017
1500	50	30	150	5.355	4.288



Şekil 5.7. Dijkstra ve AntNet Algoritmasının Ortalama Geçilen POP Noktasına Göre Karşılaştırılması

Tablo 5.6. Dijkstra ve AntNet Algoritmasının Başarısız Arama Sayısına Göre Karşılaştırılması

Toplam Çağrı Sayısı	Eş Zamanlı Çağrı	Düğüm Kapasitesi	Arama Süresi (sn)	(Dijkstra)	(AntNET)
				Başarısız Arama Sayısı	Başarısız Arama Sayısı
250	50	30	150	17	10
500	50	30	150	69	34
750	50	30	150	102	41
1000	50	30	150	144	75
1250	50	30	150	180	96
1500	50	30	150	220	113



Şekil 5.8. Dijkstra ve AntNet Algoritmasının Başarısız Arama Sayısına Göre Karşılaştırılması

Tablo 5.7. Dijkstra ve AntNet Algoritmasının Eş Zamanlı Çağrı Sayısına Göre Karşılaştırılması

Toplam Çağrı Sayısı	Eş Zamanlı Çağrı	Düğüm Kapasitesi	Arama Süresi (sn)	(Dijkstra)	(AntNET)
				Ortalama Geçilen POP Sayısı	Ortalama Geçilen POP Sayısı
250	50	30	150	5,548	5,408
250	40	30	150	5,580	4,650
250	50	30	150	5,430	4,852
250	60	30	150	5,564	4,224
250	70	30	150	5,920	4,572

Tablo 5.8. Dijkstra ve AntNet Algoritmasının Düğüm Kapasitesine Göre Karşılaştırılması

Toplam Çağrı Sayısı	Eş Zamanlı Çağrı	Düğüm Kapasitesi	Arama Süresi (sn)	(Dijkstra)	(AntNET)
				Ortalama Geçilen POP Sayısı	Ortalama Geçilen POP Sayısı
250	30	50	150	5,692	5,720
250	30	40	150	5,605	4,852
250	30	30	150	5,872	4,652
250	30	20	150	5,123	4,360
250	30	100	150	5,110	4,320
				7 Başarısız Arama	

Tablo 5.6’da her iki algoritmanın başarısız arama sayısına göre karşılaştırılması verilmiştir. Bu karşılaştırmaya göre AntNET’in %50 daha başarılı olduğu görülmektedir.

Tablo 5.7 ve Tablo 5.8’de Eş zamanlı arama sayısına göre ve düğüm kapasitelerine göre her iki algoritmanın karşılaştırılması verilmiştir. Burada da AntNET algoritması Dijkstra algoritmasına göre daha başarılı sonuçlar vermiştir.

Yukarıda incelenen bütün kriterlerde, zeki yönlendirme algoritması AntNET, klasik yönlendirme algoritması olan Dijkstra’ dan daha iyi sonuçlar vermiştir.

6. BÖLÜM

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

İnternetin doğuşundan sonra tanıdığımız ve gelişimi ile daha sık kullanmaya başladığımız VoIP teknolojisi, QoS garantisi verildiği sürece en ucuz haberleşme aracı olmaktadır. Her geçen gün gelişen teknoloji ve bunun neticesinde doğan daha büyük bant genişlikleri, IP protokolü üzerinden ses taşımadaki kaliteyi artıracak ve kullanıcıları her geçen gün daha fazla kendine çekecektir.

Tüm dünyada uzun zamandan beri kullanılan bu teknoloji Türk Telekom A.Ş.'nin tekel oluşu ve gerekli yatırımların yapılmamasından dolayı ülkemizde daha sonraları kullanılmaya başlanmıştır. Dünya'da ise, VoIP teknolojisi o kadar yaygınlaşmıştır ki, bir çok ülkede (Almanya, Avustralya vb.) internet abonelerine İnternet Telefon Numarası verilmeye başlanmıştır. Bu şekilde bir kişi dünyanın her yerinde bulunduğu ortamda internet olduğu sürece sürekli aynı numaraya sahip olup, hem ucuz hem de güvenli bir şekilde telefon hizmeti alabilecektir.

İnternetin gelişmesiyle beraber kullanım oranı günden güne artacak olan VoIP teknolojisi ile ilerleyen yıllarda ücretsiz telefon hizmeti alma imkanı doğacaktır. Dünyada bu çalışma büyük bir hızla devam etmektedir. Abonelere verilecek İnternet Telefon Numarası ile bu tür numaralara sahip abonelerin kendi aralarında görüşmeleri ücretsiz olacaktır.

Bu tez çalışmasında Dijkstra ve AntNet algoritmalarının haberleşme ağında en kısa yolu olarak telefon trafiğinin bulunan yoldan yapılması başarı ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan uygulamadan anlaşılmıştır ki; en kısa yol algoritması olan Dijkstra algoritmasından, sezgisel olan AntNet algoritması, haberleşme ağında en kısa yolun bulunmasında daha başarılı olmuştur. Özellikle ağ yapısındaki değişiklikler de(yeni bağlantıların eklenmesi, çıkarılması, ağ trafiğinin yoğunluğunun artması vb.) AntNet ağ

yapısındaki değişikliğe adapte olarak Dijkstra algoritmasına göre oldukça başarılı sonuçlar üretmiştir.

1 Ocak 2004 tarihinde Türk Telekom'un tekelinin kalkması ile ülkemizde özel Telekom firmaları da hizmet vermeye başlamışlardır. Özel Telekom firmaları da, Türk Telekom A.Ş gibi kendi haberleş ağlarını yani POP noktalarını kurmaktadır. Bu şekilde müşterilerinin telefon trafiğini en kısa zamanda internet ortamına taşıyarak maliyeti minimize etmektedirler. Bundan dolayı müşterilerine uzak mesafe telefon görüşmelerinde büyük oranda indirim sağlamaktadırlar.

Bu tez çalışmasında gerçekleştirilen uygulamalar daha da geliştirilerek hem Türk Telekom A.Ş.'nin hem de VoIP hizmeti veren Telekom firmalarının kendi ağlarında kullanılabilir. Her haberleşme ağının farklı özellikleri olduğundan bu yazılıma şebekelerin ihtiyaçları doğrultusunda eklemeler (her POP noktasına istenilen kapasitenin atanması, farklı yerlerde POP noktalarının oluşturulması, POP noktaları arasında farklı bağlantıların yapılması vb.) kolaylıkla yapılabilir. Bu şekilde haberleşme ağı maksimum verimle kullanılabilir.

KAYNAKLAR

1. Kartal, B., Voice over IP, Bitirme ödevi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 2005
2. Çölkesen, R., Örencik, B., Bilgisayar Haberleşmesi ve Ağ Teknolojileri, Papatya Yayıncılık, İstanbul, 2002.
3. Mamur, S., Haberleşme Ağlarında Mesaj Yönlendirme Probleminde Karınca Koloni Algoritması'nın Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2004.
4. Arabshahi, P., et al., Adaptive Routing in Wireless Communication Networks using Swarm Intelligence, 9th AIAA Int. Communications Satellite Systems Conf., 2001.
5. Öner, D., Bilgisayar Ağları, Papatya Yayıncılık, İstanbul, 2003.
6. Thomsen G, Jani Y. Internet telephony: going like crazy. IEEE Spectrum, May 52-58, 2000.
7. Andreas E. Papadakis, Emmanuel S. Chaniotakis, Prokopis E. Giannakakis, Nikolaos D. Tselikas, Iakovos S. Venieris, Parlay-based service provision in circuit- and packet-switched telecommunications networks, International Journal of Communication Systems, Issue 1, Date:, 63-83, February 2004.
8. Tyagi A, Muppala JK, de Meer H. VoIP support on differentiated services using expedited forwarding Performance, Computing, and Communications Conference, 2000, IPCC'00. Conference Proceedings of the IEEE International 574-580, 2000.
9. Muppala JK, Bancherdvanich T, Tyagi A., VoIP Performance on differentiated services enabled network, Networks 2000 (ICON 2000), Proceedings, IEEE International Conference 419-423,2000.
10. David J. Houck, Eunyoung Kim, Huseyin Uzunalioglu, Larry A. Wehr, A measurement-based admission control algorithm for VoIP, Bell Labs Technical Journal, Issue 2, Date: ,97-110, 2003.
11. Abdur Rahim Choudhary, Policy-based network management, Bell Labs Technical Journal, Issue 1, 19-29, Date: 2004.
12. Bharat T. Doshi, Dominik Eggenschwiler, Aswath Rao, Behrokh Samadi, Y. T. Wang, James Wolfson., VoIP network architectures and QoS strategy, Bell Labs Technical Journal, Issue 4, 41-59, Date: 2003.
13. K. G. Ramakrishnan, Manoel A. Rodrigues, Optimal routing in shortest-path data networks, Bell Labs Technical Journal , Issue 1, 117-138, Date: January/June 2001.

14. Erzurumlu K., Voice over IP üzerinde Ses, Laboratuvar Föyü , Hacettepe Üniversitesi, 2002
15. Jeong-Soo Han, Seong-Jin Ahn, Jin-Wook Chung, Study of delay patterns of weighted voice traffic of end-to-end users on the VoIP network, International Journal of Network Management Volume 12, Issue 5, Pages: 271-280 Jeong-Soo Han, Seong-Jin Ahn, Jin-Wook Chung, Date: September/October 2002.
16. M.Handley, H. Schulzrinne, and E. Schooler, SIP: session initiation protocol, Internet Draft, Internet Engineering Task Force, Work in progress, May 1998.
17. R. Fielding, J. Gettys, J.Mogul, H.Nielsen, and T. BernersLee, Hypertext transfer protocol- http/1.1, Request for Comments (Proposed Standard) 2068, Internet Engineering Task Force, Jan. 1997
18. Robert JW, France Telecom R&D. Traffic theory and the Internet. IEEE Communications Magazine, 94-99, January 2002;
19. Hong Liu, Mouchtaris P. Voice over IP signaling: H.323 and beyond, IEEE Communications Magazine, 142-148, Oct. 2000;
20. Pauline P. Francis-Coble, Adrian D. Coward, Voice over IP versus voice over frame relay, International Journal of Network Management Volume 14, Issue 4, Pages: 223-230, Date: July/August 2004.
21. Oktuğ, S., Bilgisayar Haberleşmesi Ders Notları, İTÜ,2006
22. Dorigo, M., Di Caro, G., Ant Colony Optimization: A New Meta-Heuristic, Proc. of the Congress on Evolutionary Computation, 1999.
23. Di Caro, G., Dorigo, M., AntNet: A Mobile Agents Approach to Adaptive Routing, Tech. Rep. IRIDIA/97-12, Universite Libre de Bruxelles, Belgium, 1997.
24. Di Caro, G., Dorigo, M., Two ant colony algorithms for best-effort routing in datagram Networks, Proc. of the Tenth IASTED International Conference on Parallel and Distributed Computing and Systems, 1998.
25. Di Caro, G., Dorigo, M., An adaptive multi-agent routing algorithm inspired by ants behavior, Proc. of PART98- Fifth Annual Australasian Conference on Parallel and Real-Time Systems. 1998.
26. Di Caro, G., Dorigo, M., Ant colonies for adaptive routing in packet-switched communications Networks, Proc. PPSN V- 5 th Intl. Conf on Parallel Problem Solving from Nature,1998.

27. Di Caro, G., Dorigo, M., Mobile agents for adaptive routing, Thirty-First Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 1998.
28. Dorigo, M., Di Caro, G., Ant Algorithms for Discrete Optimization, Artificial Life, Vol.5, No.2, 137-172, 1999.
29. Di Caro, G., Dorigo, M., AntNet: Distributed stigmergetic control for communication Networks, Journal of Artificial Intelligence Research, 317-365, 1998.
30. Kassabalidis, I., et al., Adaptive-SDR: Adaptive Swarm-based Distributed Routing, IEEE World Congress on Computational Intelligence, 2002.
31. White, T., Pagurek, B., Deugo, D., Collective Intelligence and Priority Routing in Networks, IEA/AIE, 2002.

ÖZGEÇMİŞ

Bilal KARAASLAN, 1979 yılında Kahramanmaraş'ta doğdu. İlk ve orta öğrenimini Mersinde, lise öğrenimini ise Kahramanmaraş'ta çeşitli okullarda tamamladı. 1997 yılında girdiği Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik Mühendisliği Bölümü'nden 2003 yılında mezun olarak mühendis unvanını kazandı. Aynı yıl Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı.

E-posta : bilalkaraaslan@hotmail.com

Adres : Duraklı M. 9. S. No: 2 K.MARAŞ