

İnternet Telefonu Sisteminde Gerçek Zamanlı Yazılım Uygulamaları

Hakan BURDURLU, Hasan DİNÇER

Kocaeli Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Sistemleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (EHSAM)

E-mail : hburdurlu@kou.edu.tr , hdincer@kou.edu.tr

Anahtar Kelimeler : Çağrı Merkezi, Uygulama programcılığı, RTOS, ADPCM, SCTP, VOIP Proxy

Abstract :

The convergence of the traditional communications world and internet has sparked the rapid evolution of the IP Telephony. As a result of this, the creation of a large variety new services has become available.

In this study IP Telephone system is aimed to design using low cost microcontrollers and IP Phone operating & control software programs which run these microcontroller systems.

This article firstly describes IP Telephony system scheme, IP Phone hardware design requirements and real time control software algorithm considerations for IP Phone system application tasks. Then it describes voice data packet format which prevents transmission failures and deals with new voice packet transmission methods in local area networks.

Giriş :

İnternet teknolojilerinin son yıllardaki gelişimi, internetin hayatımızdaki kullanım alanlarını da arttırmıştır. Bu artış beraberinde yüksek band genişliği taleplerinde getirmiştir. İletişim teknolojileri üreten şirketler, bu talepler doğrultusunda internet omurgasını güçlendirmek ve internet üzerinden diğer haberleşme servislerinin (ses, veri) iletiminde yapılabileceği teknolojiler üzerinde yoğunlaşmaktadırlar.

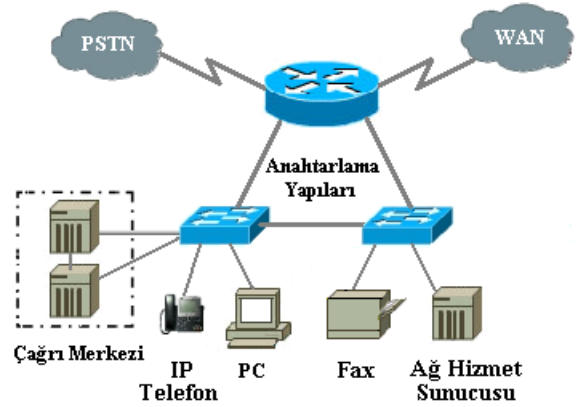
Bu yeni teknoloji arayışları arkasında, mevcut iletişim servislerinin kullandıkları iletim teknolojilerine yapılacak yatırım harcamalarının internet iletim teknolojilerine yapılması ve bu servislerin internet üzerinden sağlanabilmesi yatmaktadır. IP Telefon bu konuda geliştirilen yeni teknolojilerden bir tanesidir. [1]

IP Telefon Sistemi :

Multimedya uygulamalarının bütünleşmesi ile ses, fax ve video işaretleri artık IP (Internet Protocol) şebekleri üzerinden taşınabilmektedir. Bunun en önemli sebebi İnternet Protokol'ünün paket haberleşme protokolleri içerisinde uygulama teknolojileri ve yeni protokol mimarileri geliştirmesi yönünde en fazla çalışma yapılan alan olmasıdır.

IP Telefon mevcut internet omurgasını kullanacağından bu omurga üzerindeki işaretleme protollerini de desteklemelidir.[2] Bundan dolayı her bir IP Telefon içerisinde ethernet (ağ) kontrol modülü bulunmaktadır. Bu modülün kontrolü yanında IP Telefon sistemindeki diğer uygulama modüllerinin (LCD Ekran, Tuş Takımı v.b.) kontrolünü de birlikte sağlayacak özelliklerdeki yazılımları üzerinde işletebilen mikrodenetleyici veya DSP'li bir donanımı da bulunmaktadır.

Veri iletimi omurgasını güçlü anahtarlama elemanlarıyla gerçekleştiren kurumlar, şirket merkezleri içerisinde ve internet ile birbirlerine bağlı uzak mesafedeki şubeleri arasında IP Telefonu kullanarak, telefon haberleşmesi için ayrı şebeke tahsis, sistem kurulumu (telefon santralleri ve bağlantı elemanları) ve ödedikleri ücretlendirmeleri ortadan kaldıracaklardır. IP Telefon sisteminin mimarisi şekil 1'de verilmiştir. [3,4]



Şekil 1 IP Telefon Sistemi Mimarisi

Sistemin Çalışması :

IP Telefon, çalışması için gerekli olan besleme gerilimini, özel yazılımlar yardımı ile bağlı olduğu anahtarlama elemanlarından veya dışarıdan (harici olarak) almaktadır. Kullanıcı IP Telefonu açtığında, IP Telefon'un içerisinde bulunan yazılım, bağlı bulunduğu iletim hattına broadcast paketleri gönderir. Bu broadcast paketlerine, kullandıkları ek protokollerden dolayı, sadece Çağrı Merkezi (Call Center) sunucuları cevap verebilir.

Çağrı merkezi, içersinde bulunan veri tabanını sorgulayabilen sunucu düzeyindeki bilgisayardır. Hatta eklenme isteğinde bulunan IP Telefonun gönderdiği bilgileri, içersinde bulunan veritabanında sorgular. Bu gönderilen bilgiler daha önceden girilmişse yani IP Telefon bu veritabanında kayıtlı ise, Çağrı Merkezi IP Telefonun istediği ağ bilgilerini (IP adresi, ağ geçidi adresi v.b.) gönderir ve veritabanında bu IP Telefonun pasif konumdan aktif konuma geçtiğini belirtir. Çağrı Merkezi yazılımında, hatta eklenme isteğinde bulunan IP Telefona sabit IP adresleri verilebileceği gibi yazılımla belirlenmiş IP havuzundan uygun IP adresi de verilebilir.

IP Telefon başka bir telefona çağrı yapmak isterse, hatta vereceği IP paketinin hedef bölümüne Çağrı Merkezi'nin IP adresini, kaynak bölümüne kendi IP adresini ve veri kısmına da çağrı yapmağı istediği telefon numarasını ekleyerek gönderir.

Çağrı Merkezi bu isteği karşılayıp girilen değeri kendi abone veritabanında sorgular. Eğer çağrı yapılmak istenen IP Telefon veri tabanında kayıtlı ve aktif durumda ise bu telefonun MAC ve IP adreslerini, çağrı isteğinde bulunan IP Telefona gönderir. IP Telefon, yapacağı çağrı işleminde aldığı bu adresleri hedef gösterip iletim kurma işlemlerine başlar.

Eğer çağrı yapılan IP Telefon aynı yerel ağ'ın içersinde ise local anahtarlama elemanları (hub,switch) üzerinden iletim kurulur. Çağrı yapılmak istenen IP Telefon başka bir yerel ağ içersinde ise gönderilecek paket, ağ geçidi arabirimine (router) yönlendirilir.

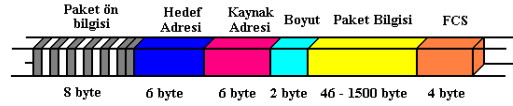
İletim kurulduktan sonraki işaretleşme işlemleri (zil çalması, ahize açma-kapama kontrolü) telefonlara yüklenmiş yazılımlar sayesinde olur. İşaretleşme işlemleri bittikten sonra iki telefon arasında, kullanılan iletim protokolü değişir. TCP/IP yerine UDP protokolünün ses ve resim gibi gerçek zamanlı (sistem tarafından işlenim süresi ile iletim zamanı arasındaki farkı az olan) işaretler için özelleşmiş bir türü olarak tanımlayabileceğimiz RTP/IP protokolü kullanılmaktadır.

Verici tarafta ses, telekom tümdevrelerinin kullanıldığı sayısallaştırma (PCM) ve sıkıştırma işlemlerinden sonra RTP/IP paketleri haline dönüştürülür. Bu paketler çağrı isteğinde bulunup iletimin kurulduğu IP Telefona gönderilir.

Alıcı tarafta ise IP Telefon, alınan paketlerin sıralanması (jitter compansation) ve denetiminden sonra paketlerin içersinden ses bilgisini ayırır. Bu bilgi üzerinde açma (decompress) ve sayısal-analog dönüşümünü yaptıktan sonra telekom tümdevreleri üzerinden ahizeye iletir. [3,4]

IP Telefon Tasarımı :

LAN ağlarında yapılan haberleşme OSI'nin belirlediği 7 katmanlı protokole göre yapılır. Bu protokollerin en alt katmanında bulunan fiziksel katman ve bir üstünde bulunan Veri iletim (Data Link) katmanları, ethernet kartlarının fiziksel LAN ortamında birbirleri arasındaki iletim ve işaretleşme standartlarını belirler. Bu standartlardan IEEE 802.3, LAN'da dolaşacak paketlerin standartlarını belirler.



Şekil 2. IEEE 802.3 Paket Standardı

IP Telefon mevcut internet ortamını kullandığından kendisini hatta bir bilgisayar gibi tanıtmaktadır. Bundan dolayı tasarlanacak IP Telefonda fiziksel ağ ortamının işlevlerini gerçekleştirecek bir donanım bulunmalıdır. Bu donanımın işletilmesi ve kontrolü yanında, IP Telefon sisteminde bulunan uygulama modüllerinin de işletilmesi ve kontrolünün yapılacağı güçlü bir MCU (Denetleyici birimi) de bulunmalıdır.

MCU üzerinde bu işlemleri yürüten yazılım, gerçek zamanlı medya işaretleri ile uğraşıldığından, farklı uygulama ve kontrol işlemlerinin aynı ortamda yapılmasına olanak sağlayan bir yapıda (Real Time Operating System, RTOS) olması gerekmektedir. Bu yapıdaki yazılım üzerinde ahize kontrolü, lcd ekran kontrolü, iletim kurulduktan sonraki işaretleşme işlemlerini yürütecek programcılar gibi aynı anda benzer sistem kaynaklarını (mikroişlemci giriş-çıkış portları ve geçici veri alanları) ortak kullanabilen uygulama programcıları (task) çalışmaktadır. Bunun en büyük sebebi IP Telefonun, hat kontrolü , sayısal ses işleme işlemlerinin yanında işaretleşme sinyallerini (çevir sesi, meşgul tonu, zil sesi v.b.) kendi içersinde üretmesi gerektiğindendir.

Bu uygulama programcıları arasındaki koordinasyon, program parçacıklarının merkezi kontrol yazılımı ile aralarında yaptıkları mesajlaşma yoluyla sağlanmaktadır. (driver based – message control)

Merkezimizde tasarlanan IP telefonda ethernet ortamının işlevlerini gerçekleştirmek için Ağ Bağdaştırıcısı (Network Interface) NIC tümdevresi kullanılmıştır. Kullanılan NIC tümdevresi, mikrodnetleyici tabanlı sistemler için uygun giriş-çıkış ve kesme arabirimleri içermektedir. Kullanılan NIC tümdevresinin içersinde bulunan PacketPage mimarisi ile paket denetimi ve hata ayıklama işlemleri daha kısa sürede yapılabilir.

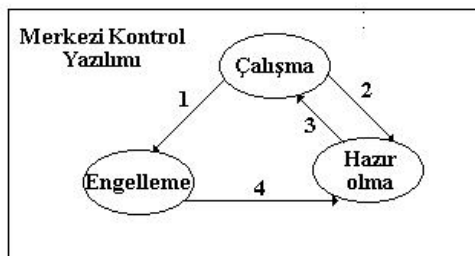
Mikrodnetleyici olarak sistem ve işaretleşme denetimi için gerekli olacak gerçek zamanlı işletim sistemi (RTOS) yazılımını üzerinde çalıştırılabilen bir mikrodnetleyici kullanılmıştır.

Figure 1 illustrates the block diagram of the proposed system architecture. The central component is the MCU (Microcontroller Unit), which is connected to various peripheral devices and control modules.

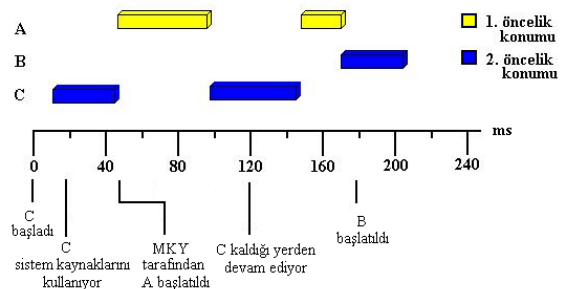
- Input/Output and Communication:**
 - The MCU is connected to an **ADPCM** block, which in turn is connected to a **CODEC** block. The CODEC is linked to the **Analog Ses Giriş-Cıkışı** (Analog Sound Input-Output).
 - The MCU is connected to an **LCD EKRAN** (LCD Screen) and a **3x3 keypad** (containing buttons 1-9, *, 0, #).
 - The MCU is connected to a **NIC** (Network Interface Card), which is further connected to a **Hat Erişim ve Uygulama** (Hat Access and Application) block and an **RJ-45** port.
- Control and Signaling:**
 - The MCU is connected to an **RTOS** (Real-Time Operating System) block, which contains a **Merkez Kontrol Yazılımı** (Central Control Software) and several control algorithms: **Hat Kontrol Algoritması**, **Klavye Kontrol Algoritması**, **NIC Kontrol Algoritması**, **PCM Kontrol Algoritması**, and **Jitter Kontrol Algoritması**.
 - A legend indicates that solid lines represent **Konuşma** (Speech) and dashed lines represent **İşaretleme** (Signaling).

İşletim Sistemi (RTOS) Yazılımı

İşletim sistemi içerisindeki merkezi kontrol yazılımı, uygulama programcılarının kontrolünü, bu programcılara gönderdiği çalışmaya başlama, çalışmaya hazır durumda olma, çalışmayı durdurma ve sistem kaynaklarını kullanmayı yasaklama (bloklama) komutlarının bulunduğu mesajlar ile yapar. Bu sayede sistemdeki uygulama programcıları bu komutların oluşturdukları programcık grupları içerisinde bulunurlar.



Çalışma durumunda bulunan programcığın kullandığı sistem kaynakları, bazı durumlarda çalışma durumundan hazır durumda bekleme konumuna çekilmiş başka bir programcık tarafından kullanılmak istebilir. Bu durumda merkezi kontrol programı istekte bulunan uygulama programcığının öncelik konumuna bakar. Eğer öncelik konumu daha yüksek ise çalışır durumdaki programcık hazır durumda bekleme konumuna çekilir, istekte bulunan programcık çalıştırılır ve bu programcığının sistem kaynaklarını kullanmasının bitmesi beklenir. [5]



Şekil 5 RTOS algoritmasındaki kaynak paylaşımı ve öncelik seviye değişimi

Şekil5 'de bu uygulama için bir örnek verilmiştir. Örnekde uygulama programcıkları olan A,B,C yazılımları arasındaki geçişler gösterilmiştir. Normal durumda C programcığı çalışır durumda iken öncelik konumu daha yüksek olan A programcığı aynı sistem kaynaklarını kullanmak istediğinde, C programcığı hazırda bekleme konumuna alınıp A programcığı çalıştırılır. A programcığı aynı sistem kaynaklarına olan ihtiyacı sona erdiğinde C programcığı tekrar çalıştırılmaya başlanır.

Yazılım aşamasında en önemli olan yürütme programcıkları işaretleşme ve paket denetim programcıklarıdır. Bu aşamada, mikrodnetleyici üzerinde yazılacak uygulama program parçalarında IP Telefon standartlarının dünyada tam olarak belirlenmemiş olmasından dolayı bazı sıkıntılar mevcuttur. Bu sıkıntılara örnek olarak gönderilecek paketlerin uzunluk, örnekleme frekansı, band genişliği hesapları yapılırken karşılaşılan bir problem verilebilir.

IETF 'un 1998 yılında belirlediği ses sıkıştırma standardına göre IP Telefonda ses, 6,3 kbit/s'lik bir band genişliğinde iletilir. Kullanılan telekom codec (coder-decoder) tümdevrelerinde 3KHz bandındaki ses işareti 64 kbit/s'lik bir band genişliği ile örneklenmekte ve bu işlemden sonra ADPCM mantığı kullanan sıkıştırma arabirimlerinde, tümdevre bazında 16Kbit/s'lik band genişliğine kadar indirilebilmektedir. Bundan sonraki sıkıştırma işlemleri mikrodnetleyici üzerinde RTCP altında çalışacak özel programcıklarla çözümlenmeye çalışılmaktadır.[7,8] Bu da güçlü mikrodnetleyici sistemleri gerektirmekte ve sistem maliyetini artırmaktadır. Bu aşamada IP Telefonun önündeki en büyük engel yüksek üretim maliyetinin aşağı çekilememesidir.

Merkezimizde tasarlanan IP Telefonda, ADPCM tümdevresinden gelen 16 kbit/s 'lık band genişliğindeki örneklenmiş ses bilgisi 80 byte'lık bölümler halinde gruplanır. [6] Bu gruplara ethernet paketi oluşumu için gerekli önekler de eklenerek hatta gönderilir. Şekil 4'de, tasarlanan paket oluşum modelinde gösterildiği gibi bu ses gruplarına eklenen başlık bilgisi önekleri (Eth./IP/UDP/RTP) 62 byte uzunluğundadır. Bundan dolayı toplam paket boyutu 142 byte uzunluğuna çıkmaktadır. Oluşturulan paketin hatta meydana getireceği bandgenişliği,

$$BG = \frac{\text{Codec örnekleme oranı} * \text{Ses paketi boyutu}}{\text{Konuşma grubu boyutu}}$$

formülünden ;

$$BG = \frac{16.10^3 * (142 * 8)}{(80 * 8)} = 28.4 \text{ kbit / s}$$

çıkarmaktadır. [6]

Bu noktada paketin sistemde oluşturacağı band genişliği açısından 80 byte'lık bir ses bilgisine 62 byte başlık bilgisi eklemenin verimsiz olduğu görülmektedir.

Yapılan çalışmalarda 62 byte'lık başlık bilgisi, sıkıştırma teknikleri kullanılarak 24 byte uzunluğuna indirilmiştir. Fakat bu durumda bu sıkıştırma işlemleri IP Telefon içerisinde yapılacağı için mikrodnetleyici üzerine ek bir yük getirmektedir. Bundan dolayı güçlü mikrodnetleyici sistemlerin (DSP) kullanılmasını gerektirmekte ve sistem maliyetini artırmaktadır.

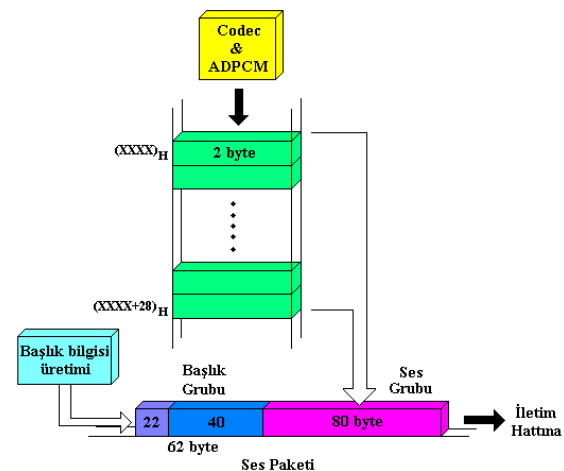
Aynı zamanda, yerel ağ dışında ses paketini yönlendirirken paketin başlık bilgisini kullanan anahtarlama elemanlarının (router) da bu sıkıştırılmış formatı bilmesi ve işleyebilmesi gerekmektedir.

Önerilen yöntemde; yapılan IP Telefon çağrılarının büyük ölçüde yerel ağ (LAN) içerisinde olacağı düşünülmüştür. Eğer çağrı yapılan IP Telefon aynı yerel ağ içerisinde ise paketin yönlendirilebilmesi için, oluşturulan ses gruplarına sadece yerel anahtarlama elemanlarının (Switch,hub) kullandığı veri iletim katmanı (Data Link, OSI Layer 2) başlık bilgisi eklenmesi yeterlidir. Bu durumda band genişliği,

$$BG = \frac{16.10^3 * ((80 + 22) * 8)}{(80 * 8)} = 20,4 \text{ kbit / s}$$

olmaktadır.

IP Telefon içerisindeki yazılımda, ARP (Address Resolution Protokol) kullanılmadığı için IP Telefon, çağrı yapmak isteği IP Telefon'un aynı yerel ağda olup olmadığını anlayamamaktadır. Önerilen yöntemde çağrı merkezindeki abone veritabanına konum bilgisi'nin (hangi yerel ağ'da bulunduğu) girilmesi ve çağrı isteği sırasında bu bilginin de istekte bulunan IP Telefona gönderilmesi sorunun çözümünde yeterli olacaktır.



Şekil 6 Paket oluşum yöntemi

Şu anda yaygın olarak kullanılan LAN ağlarının iletim kapasitesi 100 Mbit/s'dir. Böyle bir LAN'da IP telefon ile aynı anda ortalama 100 kişinin konuşması durumunda, iletim hattında sistemin anahtarlama elemanları üzerinde yaklaşık 2,04 Mbit/s'lik bir band genişliği gerekir. Bu sonuçlar IP Telefonun, iletim hattında ve anahtarlama elemanları üzerinde ek olarak oluşturacağı yükün iletim hızı açısından fazla olmadığını göstermektedir.

Fakat, İnternet ortamında WAN üzerindeki gecikmenin değişken ve büyük değerlerde olmasından dolayı oluşturulan ses paketlerini sıkıştırarak boyutları mümkün olduğunca azaltmak ve paket geçikmelerini hissettirmeyecek karmaşık jitter süzgeci algoritmaları kullanmak tek çıkış yolu olarak gözükmektedir. [10,11]

Bu işlemler IP Telefon üzerinde yapıldığında güçlü mikrodnetleyicili sistemler gerektirdiğinden maliyeti arttırmaktadır. Önerilen yöntemde, WAN çıkışlarında VOIP bilgisi taşıyan paketlerin farklı bir çıkış ağgeçidine aktarılıp bu ağgeçidi üzerinde jitter ve sıkıştırma algoritmalarına tabii tutulması bir çözüm yolu olarak sunulmaktadır.

Sonuç :

IP Telefon sisteminin PSTN şebekesinin yerini alması, internet teknolojisinin altyapı, kullanılan protokoller ve standartlar bazında gelişmesine bağlıdır.[12] İnternet Telefonu sisteminin ses ve sistem kalitesinin (QoS) artırılması için yapılan çalışmalar IP Telefon cihazı üzerinde yoğunlaşmış ve güçlü mikrodnetleyicili sistemler kullanarak çözümlenmeye çalışılmıştır. Bunun sonucunda IP Telefon cihazının maliyeti, pazarlama alanında sorun oluşturabilecek yüksek değerlere ulaşmıştır.

Önerilen yöntemde, ses ve servis kalitesinin yanında pazarlama alanında bir problem oluşturmayacak, uygun maliyetle IP Telefon cihazı tasarımı düşüncesinden yola çıkılarak Şekil 3'deki model oluşturulmuştur. Bu modelde sistemin mikrodnetleyici üzerindeki etkisi mümkün olduğunca düşük tutulmaya çalışılmıştır.

Bu düzenekle elde edilen sonuçlarda IP Telefon görüşmelerinin, güçlü anahtarlama elemanları üzerinde fazla bir yük meydana getirmeyeceği görülmüştür.

IP Telefonun ulusal çapta kullanılması, Akıllı Ev Projesinin büyük oranda hayata geçirilmesine bağlıdır. Bu alandaki önemli bir çalışma olarak Amerika ve Avrupa'da pilot bölgelerin seçilerek Akıllı Ev'lerin kullanılmaya başlanmış olması gösterilebilir. [12]

Fakat şu anki standartların bu teknolojiye alt yapı oluşturması konusunda sıkıntılar mevcuttur. IP Telefonda şu aşamada ITU'nün belirlediği H.323 protokolü ve IETF'in belirlediği SIP protokolleri kullanılmaktadır. Bunların yanında paket gönderim protokolleri üzerinde de çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalara bir örnek olarak IETF'in kısa bir süre önce paket haberleşmesinde VOIP imkanlarını arttıran yeni özellikleri (multihoming, multiple delivery mode, new congestion control) destekleyen bir OSI 4 katmanlı standardı (STCP) yayımlamasını gösterebiliriz.[13]

Bundan dolayı önümüzdeki bir kaç yıl içerisinde VOIP paketlerini tanıyıp bu paketlere öncelik verebilecek anahtarlama elemanları ile VOIP Proxy [15] uygulamalarının artması ve VOIP paketlerine özel iletim protokollerin çıkması beklenmektedir.

Kaynaklar :

- 1) H. Burdurlu, İ.Hacıvelioğlu, H. Dinçer, "IP Telefon Sistemi ve Yerel Uygulamaları" , Kayseri IV. Havacılık Elektroniği Sempozyumu, Mayıs- 2002
- 2) N. Kara – A. Oktay "Telekom Eğitim Semineri" , ftp.ttarge.gov.tr
- 3) G. Thomsen "IP Telephony" IEEE Spectrum May 2000
- 4) Cisco Systems Inc, "Cisco IP Telephony Network Desing Guide" 2001 www.cisco.com
- 5) F. Mohammed, "Real Time Systems", EE33A Microprocessors -Applications and Systems, Nov 2000
- 6) Cisco White Paper, "Voice over IP-Per Call Bandwith Consumption" May 2000
- 7) T. J. Kostas, M. S. Borella, "Real-Time Voice Over Packet-Switched Networks", IEEE Network, February 1998
- 8) J. Janssen, Maarten Buchli, "Assessing Voice Quality in packet-based telephony", IEEE Internet Computing magazine, May 2002
- 9) H. Melvin, L. Murphy "Time Synchronization for VOIP Quality of Service", IEEE Internet Computing magazine, May 2002
- 10) International Engineering Consortium, "Internet Telephony Tutorial", www.iec.org
- 11) D. Rizzetto, C. Cantana, "A Voice over IP Service Architecture for Integrated Communications", IEEE Network, May 1999
- 12) P. Carden , "Building Voice over IP", Network Computing, networkcomputing.com
- 13) R. Stewart, C. Metz, "SCTP New Tranpprt Protocol for TCP/IP", IEEE Internet Computing, December 2001