

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TIBBİ GÖRÜNTÜ ARŞİVLEME VE İLETİM SİSTEMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YASİN KAYA

TEMMUZ 2006
TRABZON

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TIBBİ GÖRÜNTÜ ARŞİVLEME VE İLETİM SİSTEMİ

Yasin KAYA

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“Yüksek Lisans (Bilgisayar Mühendisliği)”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 30.06.2006
Tezin Savunma Tarihi : 28.07.2006**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Hüseyin PEHLİVAN
Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Cemal KÖSE
Jüri Üyesi : Doç. Dr. Temel KAYIKÇIOĞLU**

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT

Trabzon 2006

ÖNSÖZ

Böylesi güncel ve faydalı, önu açık bir tez konusu seçiminde bana yol gösteren ve ihtiyacım olduğunda beni yönlendiren, her zaman desteğini gördüğüm Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Hüseyin PEHLİVAN'a, zorlandığım zamanlarda gösterdiği yakın anlayışından ve bana verdiği destekten dolayı sonsuz teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmalarımnda desteklerini esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Cemal KÖSE ve Doç. Dr. Temel KAYIKÇIOĞLU'na teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Tezdeki zorlu çalışma günlerinde benzer konularda paralel çalıştığımız ve bir çok zamanı paylaştığımız Araştırma Görevlisi Rıza KUŞ'a teşekkürlerimi sunarım. Bana verdiği destekten dolayı Enformatik Bölüm Başkanı Doç. Dr. Ahmet ÇOLAK'a ve altı yıl boyunca beraber çalıştığım mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Trabzon'daki yaşamımda bana her türlü desteklerini esirgemeyen Özkan BİNGÖL, Aytakin GAFAROĞLU, Uğur ŞEVİK ve Öncü ŞEN'e şükranlarımı sunarım.

Her şeyden önce beni bu günlere getiren, her türlü fedakârlığı yaparak benim yetişmemi isteyen ve gereken her şeyi yapan çok sevgili Annem, Babam ve diğer aile fertlerime saygı ve sevgilerimi sunarım.

Bu çalışmanın hazırlanması esnasında bana desteği olan adını sayamadığım nice insana, Karadeniz Teknik Üniversitesi'ne teşekkür ederim.

Yasin KAYA

Trabzon, 2006

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

İÇİNDEKİLER	IV
ÖZET	VIII
SUMMARY.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLolar DİZİNİ	XII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Tıbbi Görüntüleme İlkeleri	1
1.2. PACS Hakkında Bazı Bilgiler ve Kavramlar	3
1.2.1. Kavram ve Konferanslar	3
1.2.2. ABD Tarafından İlk Kurulan Araştırma Projeleri.....	4
1.2.3. PACS Gelişimi	4
1.2.3.1. Başlangıçta	4
1.2.3.2. Geniş Ölçekli Projeler.....	6
1.2.4. Standartlar	6
1.3. PACS Nedir?	7
1.3.1. PACS Tasarım Kavramları	7
1.3.2. PACS Altyapı Tasarımı	8
1.4. PACS İmplementasyon Stratejileri.....	10
1.4.1. Arka Plan.....	10
1.4.2. PACS İmplementasyon Modelleri.....	10
1.4.2.1. Yurt İçinde Üretilen Model (The Home-Grown Model)	10
1.4.2.2. İki Takım Çaba Modeli (The Two-Team Effort Model)	11
1.4.2.3. Turnkey Modeli (The Turnkey Model).....	11
1.4.2.4. Ortaklık Modeli (The Partnership Model)	12
1.4.2.5. Uygulama Servis Sağlayıcı Modeli	12
1.5. PACS Gelişimine Küresel Bir Bakış	13
1.5.1. A.B.D.	13
1.5.2. Avrupa.....	14

1.5.3.	Asya	15
1.6.	PACS Sisteminin Bileşenleri ve İş Akışı.....	16
1.6.1.	PACS Bileşenleri.....	16
1.6.1.1.	Veri ve Görüntü Alma Ağ geçidi	16
1.6.1.2.	PACS Denetleyicisi ve Arşiv Sunucu.....	18
1.6.1.3.	Görüntüleme İş İstasyonları	18
1.6.1.4.	Uygulama Sunucular.....	19
1.6.1.5.	Sistem Ağı.....	20
1.6.2.	PACS Altyapısı Tasarım Kavramları	21
1.6.2.1.	Endüstri Standartları	21
1.6.2.2.	Bağlanabilirlik ve Açık Mimari.....	22
1.6.2.3.	Güvenirlilik	23
1.6.2.4.	Güvenlik.....	23
1.6.2.5.	Dijital Radyografi	24
1.6.2.5.1.	Geleneksel Projeksiyon Radyografinin Temelleri.....	24
1.6.2.5.2.	Radyoloji İş Akışı.....	24
1.6.3.	Genel Bir PACS'in İş Akışı	26
1.6.4.	Güncel PACS Mimarileri.....	28
1.6.4.1.	Bağımsız PACS Modeli	28
1.6.4.2.	İstemci/Sunucu Modeli	30
1.6.4.3.	Web-Tabanlı Model.....	33
1.6.5.	PACS ve Tele radyoloji	33
1.6.5.1.	Saf Tele radyoloji Modeli	33
1.6.5.2.	PACS ve Tele radyoloji Birleşik Modeli	35
1.6.6.	Enterprise PACS ve Görüntülü ePR.....	36
1.7.	Endüstri Standartları ve İş Akışı Protokolleri	39
1.7.1.	Health Level 7 Standardı.....	39
1.7.2.	ACR-NEMA ve DICOM	42
1.7.2.1.	DICOM'un Amaçları	43
1.7.2.2.	DICOM Veri Biçimi	43
1.7.2.3.	Gerçek Dünya DICOM Modeli	44
1.7.2.4.	DICOM Dosya Biçimi	44
1.7.2.5.	Nesne Sınıfı	46

1.7.2.6.	DICOM Servisleri.....	47
1.7.2.7.	DICOM İletişimi.....	48
1.7.2.8.	DICOM Uygunluk	50
1.7.3.	IHE(Integrating The Healthcare Enterprise) Nedir?.....	50
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR, BULGULAR VE İRDELEME.....	52
2.1.	Sistemin Yapısı.....	52
2.1.1.	PACS Sunucu	53
2.1.1.1.	Görüntünün JPG'ten DICOM'a Dönüştürülmesi	55
2.1.2.	Veritabanı Sunucu	55
2.1.3.	Dosya Sunucu.....	56
2.1.3.1.	Dosya Sunucu Transfer Protokolü ve İş Akışı	56
2.1.3.1.1.	Dosya Sunucu Transfer Protokolü.....	56
2.1.3.1.2.	Dosya Sunucu İş Akışı.....	57
2.1.3.2	Dosya Gönderme ve Alma İşlemi	60
2.1.3.2.1	Dosya Gönderme	60
2.1.3.2.2.	Dosya Alma.....	61
2.1.3.3.	Dosya Sunucunun Sisteme Yüklenmesi	62
2.1.4.	Web Sunucu	63
2.1.5.	Masaüstü İstemciler	63
2.1.5.1.	Masaüstü İstemcilerin PACS Mimarisindeki Yeri ve İş Akışı	63
2.1.5.2.	Masaüstü İstemcilerde Teşhis ve Tanıda Yardımcı Olacak Araçlar	64
2.1.5.2.1.	Görüntünün Yakınlaştırılması	65
2.1.5.2.2.	Parlaklık ve Karşıtlık Değerlerinin Değiştirilmesi	65
2.1.5.2.3.	Seçilen Bölgedeki İstatistik Değerlere Göre İşlem	67
2.1.5.2.4.	Dosya İçin Önerilen ve Otomatik Parlaklık/Karşıtlık.....	68
2.1.5.2.5.	Renk Arama Tablolarını Kullanılması (Color Lookup Tables)	68
2.1.5.2.6.	Ölçü Araçları	69
2.1.5.2.7.	Döndürme Araçları	74
2.1.5.2.8.	Büyüteç Aracı.....	75
2.1.5.2.9.	Video Oynatma ve Çoklu Görüntü Araçları	75
2.1.5.2.10.	Notlarla Açıklama Aracı	76
2.1.5.2.11.	Diğer Araçlar	77
2.1.6.	Web İstemcileri	78

2.2.	Sistemin Çalışması ve İş Akışı.....	78
3.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	81
3.1.	Bilgisayar Donanımı ve Yerel Ağın Performansa Etkisi	81
3.1.1.	Bilgisayar Donanımının Performansa Etkisi.....	81
3.1.2.	Uzaklığın Performansa Etkisi.....	84
3.2.	Yazılım Dilinin Başarım Üzerindeki Etkiler.....	85
4.	KAYNAKLAR.....	87
	ÖZGEÇMİŞ.....	90

ÖZET

Tezde Tıbbi Görüntü Arşivleme ve İletim Sistemi (PACS) hedef olarak seçilmiş, tıpta PACS'in tarihi gelişimi, kullanılan teknolojiler, gerekli olan altyapı ve teknolojik yeterlilikler, tasarım kavramları, birleştirme stratejileri ve modelleri incelenmiştir. PACS'in mimarisi için gerekli olan çalışmalar yapılmış, bu esnada karşılaşılan problemleri aşmak için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir.

Çalışmalarda ağırlıklı olarak DICOM dosya biçiminin okunması, görüntülenmesi, ve görüntü işleme işlemlerinin yapılması üzerinde yoğunlaşmıştır. PACS'in mimarisinde bulunan bir modül olan arşiv sunucu yazılımının geliştirilmesinde açık kaynaklı INDY bileşenlerinden faydalanılmıştır. Dosyaların ağ üzerinde iletimi için TCP istemci/sunucu mimarisi kullanılmıştır.

Test materyali olarak internetten ve Karadeniz Teknik Üniversitesi Farabi Hastanesi'nden alınan DICOM biçimli dosyalardan faydalanılmıştır. Bu test dataları vücudun çeşitli bölgelerine ait olan, farklı türdeki DICOM dosyalarıdır. Bu dosyalarda tek inceleme görüntüsü olabildiği gibi birden fazla inceleme görüntüsünün de bulunduğu örnek veriler üzerinde testler yapılmıştır.

Nihayetinde görüntüleri donanımlardan alarak sisteme aktaran, arşivleme yapan, sorgulama ve geri çağırma yöntemleri ile verileri inceleyen gelişmiş bir uygulama oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: PACS, DICOM, HIS, RIS, Tıbbi Görüntü, Radyoloji, Görüntü İşleme, TCP/IP, Arşiv Sunucu

SUMMARY

Picture Archiving and Communication System

The main concern of the thesis is Picture Archiving and Communication System (PACS). As being related to PACS, the historical improvement, implementation strategies, and models have been reviewed, as well as current technologies, infrastructure and technological capabilities. Some work has been done on PACS architecture and some methods have been developed to overcome the problems encountered during PACS design progress.

The work focuses mainly on reading, viewing and image processing over DICOM file format. The archive server, which is module in the PACS architecture, is developed using open source INDY components. To transfer the files through the network TCP client/server architecture is used.

DICOM-formatted files provided by Karadeniz Technical University Farabi Hospital are used as an experimental material. These files correspond to DICOM images that are captured from the different parts of a human body and contain either single-frame images or multi-frame images.

As a result for hospital environments we developed a sophisticated application that takes the images from modalities, put them in archives, and examine them using query/retrieve methods.

Keywords: PACS, DICOM, HIS, RIS, Medical Imaging, Radiology, Image Processing, TCP/IP, Archive Server

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	Temel PACS bileşenleri ve Veri Akışı.....	9
Şekil 2.	Genel Radyoloji İş Akışı.....	25
Şekil 3:	Genel PACS İş Akışı	27
Şekil 4.	Bağımsız mimarinin genel veri akışı	29
Şekil 5.	İstemci/Sunucu mimarisi genel veri akışı.	32
Şekil 6.	Saf Tele radyoloji Modeli	34
Şekil 7.	PACS ve Tele radyoloji Birleşik Modeli.....	36
Şekil 8.	Enterprise (Girişim) PACS ve görüntülü ePR.....	1
Şekil 9.	Implicit VR little-endian Yöntemi İle Kodlanmış bir CT DICOM dosyası ...	45
Şekil 10.	CT görüntünün tarayıcıdan iş istasyonuna taşınması	49
Şekil 11.	PACS tasarım modeli ve PACS bileşenleri	53
Şekil 12.	PACS sunucu iş akışı.....	54
Şekil 13.	JPG'ten DICOM'a dönüştürücü arayüz.....	55
Şekil 14.	Dosya sunucu kayıt dosyası	56
Şekil 15.	Dosya kaydetme iş akışı.....	58
Şekil 16.	Dosya geri çağırma iş akışı	59
Şekil 17.	Masaüstü istemcilerin PACS mimarisindeki yeri ve iş akışı	64
Şekil 18.	Pencere Merkezi ve Pencere Genişliği	66
Şekil 19.	Seçilen bölgedeki istatistiki değerlerin hesaplanması	67
Şekil 20.	Farklı renk modelleri uygulanmış görüntü.....	69
Şekil 21.	İki nokta arasındaki uzaklığın hesaplanması.....	70
Şekil 22.	İki doğrunun kesişim noktası	70
Şekil 23.	İki doğru arasındaki açı.....	71
Şekil 24.	Görüntü üzerinde açı ölçme işlemi.....	73
Şekil 25.	Çeşitli açılarla döndürme yansıtma uygulanmış görüntü.....	74
Şekil 26.	Yakınlaştırma işlemi	75
Şekil 27.	Çoklu görüntü içeren DICOM dosyasının görüntülenmesi	76
Şekil 28.	Not alma nesnesi ve yapılabilecek işlemler.	77
Şekil 29.	Sistemin genel yapısı ve iş akışı.....	79

Şekil 30. Dosya transfer süreleri	82
Şekil 31. Tablo 13'te verilen donanım özelliklerine göre transfer süreleri.....	83
Şekil 32. Uzaklıklara göre transfer süresi.....	84

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.	Beş PACS Implementasyon Modelinin Avantaj ve Dezavantajları	13
Tablo 2.	PACS implementasyonundaki dokuz pozitif faktör (A.B.D. için) ve engelleyici Faktör (Avrupa için)	15
Tablo 3.	PACS denetleyici ve Arşiv sunucunun ana işlevleri	18
Tablo 4.	PACS iş istasyonunun ana işlevleri	19
Tablo 5.	DICOM Bilgi Nesnesi Sınıfları	46
Tablo 6.	Normalleştirilmiş DICOM Mesaj Servis Elemanları (DIMSE)	47
Tablo 7.	Bileşik DICOM Mesaj Servis Elemanı (DIMSE)	48
Tablo 8.	Sistemi oluşturan modüller	53
Tablo 9.	Dosya sunucu transfer protokolü	57
Tablo 10.	Önceden tanımlı pencere merkez ve genişlik değerleri	67
Tablo 11.	Cizgi yapısı	73
Tablo 12.	Çeşitli dosya uzunluklarında transfer süreleri	81
Tablo 13.	Çeşitli donanım özelliklerine göre transfer süreleri (Aynı Bina)	83
Tablo 14.	8 MB dosyanın çeşitli donanım ve mesafelerde transfer süreleri	84

1. GENEL BİLGİLER

Görüntü Arşivleme ve İletişim Sistemi (Picture Archiving and Communication System – PACS) Radyoloji Toplumu (radiology community) tarafından uygulamalı radyoloji dalında gelecek çalışma olarak 1980’lerin başında ortaya atılan bir kavramdır. PACS görüntü alma aygıtları, bilgi depolama üniteleri, görüntüleme iş istasyonları, bilgisayar işlemcileri ve veritabanı sistemlerinden meydana gelir. Bu bileşenler bir iletişim ağı ve veri yönetim sistemi tarafından birleştirilmiştir. Geçen on yıllık süre zarfında bu bileşenlerle ilişkili teknolojiler olgunlaşmış ve bunların uygulamaları radyolojinin ötesine, sağlık bakım dağıtım sistemine geçmiştir. Sonuç olarak, özel klinik uygulamalar için PACS, büyük çapta, hastane bütününe kapsayan PACS’ler kadar, Amerika ve dünyanın bütününde kurulmuştur.

Özellikle 1996’dan bu yana PACS ile ilgili önemli olaylar meydana gelmiştir. İlk olarak birçok büyük ve küçük çapta PACS sistemlerinin kurulmasının olumlu sonuçlar verdiği belgelenmiştir. İkinci, sağlık bilimleri yöneticileri, birçok yıldır devam eden PACS eğitimi sayesinde, operasyonlarının gerçekleştirilmesinde PACS sistemlerinin kullanılmasının önemini farkına varmışlardır. Üçüncüsü, Amerikan Askeri Birimleri MDIS projesindeki başarısından dolayı, beş yıl için 800 milyon dolar ayırarak DIN/PACS II projesine başlamışlardır. Yeni fonun da, PACS’e eklenmesi bu alanda büyümeyi teşvik etmiştir. Dördüncüsü, Tıpta dijital görüntüleme ve iletişim (Digital Imaging and Communication in Medicine – DICOM) standart hale gelmiş ve bütün üreticiler tarafından kabul edilmiştir.

1.1. Tıbbi Görüntüleme İlkeleri

PACS (Picture Archiving and Communication System) dijital bazda, iletişim, görüntüleme ve bilişim teknolojileri (BT), tıbbın son on yılında radyolojideki uygulamalarda bir anlamda devrim niteliğinde değişiklikler yapmıştır. Tıp veya radyolojideki geleneksel kâğıt veya film bazlı operasyonların dijital, iletişim, görüntüleme ve BT ile tanıtılmasının birçok avantajı vardır. Örneğin, dijital

görüntüleme tabakası ve algılama teknolojisi ve görüntüleme modalitelerinde farklı enerji kaynakları, hastaya uygulanan radyasyon miktarında azalmanın yanı sıra teşhis ve tanı değerleri artırılması mümkündür, tanıda kullanılan dijital görüntü üzerinde görüntü işleme teknikleri kullanılarak teşhis ve tanı değerlerini arttırmak mümkündür. Bir de dijital görüntüleme, iletişim ve BT teknolojileri sağlık sistemlerindeki iş akışının hızlandırılması ve operasyon ücretlerinin düşürülmesi olarak anlaşılabilir.

Tüm bu yararlarıyla, dijital görüntüleme, iletişim ve BT teknolojileri, tıbbi görüntülerin ve sağlık bilimlerindeki ilgili verilerin alınması, kaydedilmesi, görüntülenmesi ve iletiminde artan bir değişim göstermektedir. Dijital radyoloji birimlerinin iki bileşeni vardır: Radyoloji bilgi yönetim sistemi (Radiology information management system – RIS) ve Dijital görüntüleme sistemi. RIS Hastane bilgi sistemi (Hospital information system – HIS) veya klinik yönetim sistemi (Clinical management system – CMS)'nin bir alt birimi olabilir. Bu sistemler hastanın seçilmiş verilerini yöneten elektronik hasta (tıbbi) kaydı (Electronic patient record – ePR or Electronic medical record – eMR) sistemi ile birlikte kullanıldığından, tamamen filmsiz ve kağıtsız sağlık bilimleri sistemine ulaşmayı planlanmaktadır. Dijital görüntüleme sistemi bazen, görüntünün alınması, arşivlenmesi, iletimi, bulup getirilmesi, işlenmesi, dağıtılması ve görüntülenmesini içeren görüntü arşivleme ve iletişim sistemi (PACS) veya görüntü yönetim ve iletim sistemi (image management and communication system - IMAC) olarak bahsedilir. Bir dijital sağlık çevre birimleri HIS/CMS, ePR, PACS ve diğer klinik sistemlerin birleşiminden oluşur. HIS ve PACS'in birleşiminden bazen Hastane Entegre PACS (Hospital integrated - HI-PACS) olarak bahsedilir. Sağlık bilimleri sistemiyle ilişkili olarak PACS ve BT teknolojileri yılda bir milyon dolara (Görüntü modaliteleri dışında) ulaşmaktadır ve artmaktadır.

Bu başlıklarda farklı disiplinlerde makalelere, üniversite hastanelerinin laboratuvarları tarafından araştırılan raporlara, tıbbi görüntü üreticilerinden güncel bilgilere düzenli olmayan yollardan ulaşılabilir. Bu nedenle, radyolojistler, hastane yöneticileri, tıbbi görüntü araştırmacıları, radyoloji teknisyenleri, tanı radyolojisi uzmanı veya mühendislik ve bilgisayar bilimleri öğrencileri için bu bilgileri toplamak ve birleştirmek çok zordur[16].

1.2. PACS Hakkında Bazı Bilgiler ve Kavramlar

1.2.1. Kavram ve Konferanslar

Dijital görüntü iletişimi ve dijital radyoloji kavramlarından 1970'lerin sonu ve 1980'lerin başında bahsedilmiştir. Profesör Heinz U. Lemke dijital görüntü iletimi ve görüntülenmesi kavramından 1979'daki kendi orijinal makalesinde bahsetmiştir[20]. SPIE (International Society for Optical Engineering)'nin sponsorluğunda Standford Üniversitesi Tıp merkezinde, Dr. William R. Brody başkanlığında Dijital radyoloji konferansı düzenlenmiştir. Dr. M. Paul Capp ve meslektaşları "Fotoelektronik Radyoloji Bölümü" fikrini duyurmuşlar ve Arizona üniversitesi sağlık bilimleri merkezinin demonstrasyon biriminin sistem blok diyagramını göstermişlerdir [2]. Teknolojinin tam olgunlaşmamasına ve PACS alanında ilk uluslar arası konferans ve seminer olmasına rağmen, Newport Beach, CA'da 1982 Ocak ayında SPIE sponsorluğunda düzenlenen konferansta bu kavramlar tanınmaya başlanmıştır[9]. Bu toplantı süresince PACS terimi ortaya çıkmıştır. Sonra ve bu güne kadar, PACS ve tıbbi görüntü konferansları ve SPIE toplantıları birleştirilerek güney California'da her şubatta yapılmaktadır.

Asya ve Avrupa'da benzer takvim meydana gelmektedir. PACS ve PHD (personel health data) üzerine ilk uluslar arası sempozyum Japon tıbbi görüntü teknolojisinin (Japan Association of Medical Imaging Technology – JAMIT) sponsorluğu ile Temmuz 1982'de yapılmıştır[18]. Bu konferans tıbbi görüntüleme teknolojisi toplantısıyla birleştirilmiş ve yılda bir yapılan bir olay haline gelmiştir. Avrupa'da EuroPACS (Picture Archiving and Communication System in Europa) 1983'ten bu yana yılda bir olarak yapılmakta ve Avrupalı PACS bilgi paylaşımı için zorlayıcı bir güç olmaktadır[24].

PACS için düzenlenmiş ve NATO ASI (Advanced Study Institute) tarafından sponsor olunan Tıpta PACS adında Evian, Fransa'da 12-24 Ekim 1990 tarihinde bir toplantı düzenlenmiştir. 17 ülkeden yaklaşık 100 bilim adamı katılmış ve ASI uluslar arası PACS araştırma ve geliştirme ilerleyişini özetlemiştir. Bu toplantı kritik PACS projesi olan: Amerika Askeri birimi tarafından desteklenen ve Amerika Birleşik Devletlerindeki geniş ölçekli askeri PACS kurulumu olan "Tıbbi tanısal görüntüleme destek sisteminin" (the Medical Diagnostic Imaging Support System – MDIS) biçimlendirilmesinde merkezi rol oynamıştır[23].

Kuzey Amerika Radyoloji Topluluğu (Radiological Society of North America – RSNA) Bilimsel kongresinin InfoRad bölümü PACS teknolojisinin geliştirilmesinin devam ettirilmesinde ve klinik kabulünün artırılmasında etkili olmuştur. İlk olarak 1993 yılında Dr. Laurens V. Ackerman (ve sonra da Dr. C. Carl Jaffe) tarafından organize edilmiş ve DICOM (Digital imaging and communication in medicine) ara yüzünün canlı sunumu gösterilmiştir. InfoRAD endüstriyel PACS’in gelişimine sürekli destek vermiştir.

1.2.2. ABD Tarafından İlk Kurulan Araştırma Projeleri

ABD’de PACS ile ilişkili araştırma projelerinden ilki 1983’te ABD ordusu tarafından desteklenen TeleRadyoloji projesiydi. Sonraki proje 1986’da ABD ordusu ve MITRE şirketi tarafından kurulan “Installation Site fo Digital Imaging and Picture Archiving and Communication System (DIN/PACS)” projesiydi. Yürürlüğe koyma için Philips Medical System ve AT&T’nin katılımıyla iki üniversite seçildi, Seattle’daki Washington Üniversitesi ve Washington’daki Georgetown Üniversitesi – George Washington Üniversitesi konsorsiyumu[22]. ABD ulusal sağlık enstitüsünün (National Institutes of Health – NIH) ulusal kanser enstitüsü 1985 yılında Tanısal radyolojide çoklu görüntüleme istasyonu araştırma projesi başlığı altında ilk PACS araştırma projesi UCLA’yı kurdu.

1.2.3. PACS Gelişimi

1.2.3.1. Başlangıçta

Bir PACS, klinik uygulama için tıbbi görüntülemeyle ilişkili birçok bileşeni içerir. Uygulamaya bağlı olarak, PACS birkaç bileşenden meydana gelecek şekilde basit olabilir veya hastane ile bütünleşik karmaşık bir sistem de olabilir. Örneğin, Acil servisler (Intensive Care Unit – ICU) için bir PACS, Tıbbi görüntü alan cihazın yanında filmleri taramak için bir tarayıcı, veri iletimi için basit bir iletişim sistemi ve resimleri alıp görüntüleyecek bir tane ekrandan meydana gelebilir. Böyle basit bir sistem Dr. Richard

J.Steckel tarafından 1972'nin başlarında uygulamaya sokulmuştur. Diğer yandan, hastane sistemiyle bütünleşen kapsamlı bir PACS için iyi bir planlama ve milyon dolarlık yatırım yapmayı göze almak gerekir.

Farklı operasyon şartları ve çevre birimleri olmasından dolayı, PACS'in Kuzey Amerika, Avrupa ve Asya'da gelişimi farklılıklar göstermektedir. Başlangıçta, Kuzey Amerika'daki PACS araştırma ve geliştirme çalışmaları devlet daireleri ve üreticiler tarafından büyük ölçüde desteklenmiştir. Avrupa ülkelerinde gelişim uluslar arası konsorsiyumlar, bir ülke veya yerel kaynaklar tarafından desteklenmiştir. Avrupalı araştırma takımları tek ve büyük bir üretici ile çalışmayı yeğlediler çünkü birçok PACS bileşeni Amerika veya Japonya'da geliştiriliyordu ve Avrupalılar için kolaylıkla ulaşılabilir değillerdi. Avrupalı araştırma takımları PACS'in modellenmesi ve simülasyonu kadar ulusal bir proje olarak görüntü işleme bileşenlerinin araştırılmasını da vurguladılar. Asya'da ilk olarak Japonya PACS araştırma ve geliştirmesine öncülük etti ve PACS'e Ulusal bir proje olarak baktı. Ulusal kaynaklar birçok üretici firma ve üniversite hastanelerine dağıtıldı. Tek bir üretici firma veya birçok firmadan meydana gelen teşebbüsler PACS sistemine entegre oldular ve klinik denemeler için hastanelere kurulum yaptılar. Üretici firmaların PACS şartnameleri katıydı ve hastane araştırma takımlarının teknik özellikleri düzenlemeleri için küçük bir oda bırakılmıyordu.

1997 yılının Ekim ayında Seul, Güney Kore'de düzenlenen beşinci IMAC toplantısı esnasında davet edilen üç konuşmacı Avrupa, Amerika ve Japonya'daki PACS gelişimini anlattılar. Dünya çapında birçok başarılı PACS yürürlüğe koyulmasına yol açan, konuşmacıların bölgelerindeki PACS araştırma ve geliştirme çalışmalarının gittikçe birleşmesini vurguladıkları açıkça görülüyordu. Bu uluslar arası başarıda dört ana faktörün katkısı olmuştur:

- 1- Adı geçen konferanslardaki bilgi alışverişi (SPIE, CAR, IMAC, RSNA)
- 2- Görüntü ve veri biçimlerinin (DICOM) tanıtımı ve bunun özel endüstri tarafından artan bir şekilde kabul görmesi
- 3- Görüntü üretici firmaların küreselleşmesi
- 4- PACS'teki birkaç çözümü zor teknik ve klinik problemlerin çözümünün geliştirilmesi ve paylaşılması

1.2.3.2. Geniş Ölçekli Projeler

Roger Bouman, 1996 yılında “Journal of Digital Imaging” dergisinde yayınlanan iki makalesinde, geniş ölçekli PACS’lerde aşağıdaki dört durumun memnun edici olduğunu belirtmiştir:

- 1- Günlük klinik operasyonlarda
- 2- En azından üç veya dört görüntü alma birimin sisteme bağlı olması
- 3- Radyoloji bölümünün içinde ve dışında iş istasyonlarının bulundurulması
- 4- En azından yılda 20.000 işlem yapabilme yeteneğinin olması

Böyle bir tanımlamada küçük ve büyük PACS tanımlamaları kolayca ayrılabilir. Aslında bu günlerde birçok PACS kurulumu bu gereksinimleri karşılamaktadır.

Colonel Fred Georinger birçok geniş ölçekli PACS kurulumuyla (bu kurulumlar PACS endüstrisinde ana uyarıcıdır.) sonuçlanan ordunun MDIS projesinin cihazlarını sağlamıştır. Dr. W. Hruby Vienna’daki Danube Hastanesinde 1990 yılında tamamen dijital radyoloji bölümünü açmıştır[16].

1.2.4. Standartlar

ACR – NEMA (The American College of Radiology – National Electrical Manufacturers’ Association) ve sonrada DICOM standartları PACS sistem bütünleşmesinin zorunlu gereksinimlerindedir. Bu standartların oluşturulmasında ve tıbbi görüntüleme toplulukları tarafından kabulü akademi ve endüstriden birçok insanın katkısını gerektirmiştir. Akademik katkıların içinde özellikle Profesör Steve Horii’nin katkısı çok büyük olmuştur. Onun kendi çıkarını düşünmeyen ve kamu eğitiminde yorulmak bilmeyen çabaları olmuştur. PACS’in başarısı için bu standartların hayati önem taşıdığını vurgulamıştır.

PACS’in başarısında etkili olan Son 20 yıl süresince birçok yapı taşı denebilecek teknoloji geliştirilmiştir. Aşağıda bu başlıklardan bazıları listelenmektedir. [12,13,14]

- İlk lazer film dijitalizerler klinik kullanım için Konica ve Lumisys tarafından geliştirilmiştir ve Konica tarafından CR göğüs ünitesi olarak düzenlenmiştir.

- Computed Radyoloji (CT) Japon Fuji tarafından geliştirildi ve “Philips Medical System” (PMS) çalışması Dr. William Angus tarafından ABD’ye tanıtıldı.
- DR11-W kullanarak CR görüntüleri dışarı aktaran ilk dijital ara yüz UCLA PACS takımı tarafından geliştirildi ve bütünleştirildi.
- Hiyerarşik Depolama: Büyük kapasiteli ve AMASS yazılımlı RAID (The redundant array of inexpensive disks) diskler kullanan Kodak CD değiştiricilerin (Jukebox) entegrasyonları UCLA PACS takımı tarafından geliştirilmiştir.
- Sistemin entegrasyon yöntemi MDIS projesindeki geniş ölçekli PACS için Siemens Gammosonics ve Loral tarafından geliştirilmiştir.
- Asenkron Transfer Modu (ATM) teknolojisi, Radyoloji Enformatiği Laboratuvarının PACS uygulamasının iletişimi için LAN ile yüksek hızlı WAN’ı birleştiren Pacific Bell tarafından geliştirilmiştir.

1.3. PACS Nedir?

1.3.1. PACS Tasarım Kavramları

Görüntü arşivleme ve iletim sistemi (PACS) görüntü ve veri alımı, depolama ve görüntülemeyi sağlayan dijital ağ ve uygulama yazılımının birleşmesinden meydana gelir. Küçük bir görüntü veritabanı olan bir iş istasyonu ile birbirine bağlı bir görüntü alma cihazı kadar basit veya çok büyük görüntü yönetim sistemleri kadar karmaşık olabilir. PACS 1980’lerde geliştirildi, bir radyoloji bölümünün tüm işlemlerini yapacak, modül olarak adlandırılan küçük alt birimler halinde temel işlemleri yapacak şekilde tasarlandı. Bu PACS modüllerinin her biri diğer birimlerle iletişim kuramayan birer bağımsız ada olarak görevlendirildi. PACS kavramı olarak gösterilmelerine ve her bir radyoloji ve klinik servislerde layıkıyla çalışmalarına rağmen, modüller arasındaki bağlanabilirlik ve işbirliğinin karmaşıklığı adım adım yaklaşımla ifade edilemedi. Bu zaaf daha çok PACS modülünün hastane ağına bağlanmasıyla ortaya çıktı. Bakım, kararların yönlendirilmesi, makinelerin koordine edilmesi, hata toleransı ve sistemin genişletilebilirliği artarak büyük problemler haline gelmiştir. İlk tasarım kavramlarındaki bu yetersizliği, büyük

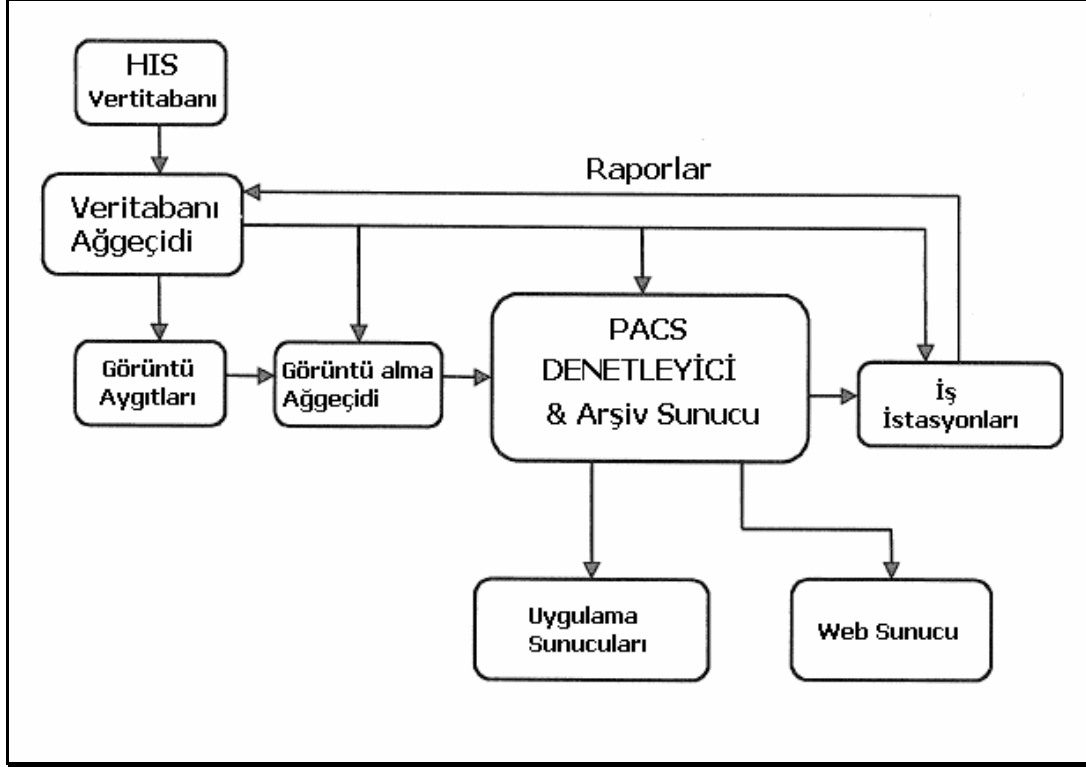
ölçekli PACS implementasyonunun karmaşıklığının kısmen anlaşılabilmesi ve o zaman ki PACS'le ilişkili birçok teknolojiye ulaşılabilmesinden kaynaklanmaktadır.

PACS tasarımı, sistemin bağlanabilirliğini vurgulamaktadır. Kolayca genişletilebilen, esnetilebilen ve hastane bilgi sistemi (HIS) ve PACS alt yapısı içerisinde birçok işe uygun, genel bir çoklu ortam veri yönetim sistemidir. Yönetim açısından, yöneticiler için hastane çapında veya büyük ölçekli bir PACS caziptir, çünkü sistemin implementasyonu ekonomik olanaklar sağlamaktadır. Sadece radyoloji bölümlerindeki kaynakların değişiminin dengesi olarak maliyet – yarar oranındaki iyilik değerlendirilmemelidir. Ama bütün hastane ve bütün operasyonlara genişletilerek PACS'i tarafları ikna edilebilir. Bu kavram hareket gücü kazandırmıştır. Dünya çapında birçok hastane ve büyük çapta sağlık birimleri büyük ölçekli PACS sistemleri kurmuşlardır ve PACS'in sağlık birimlerinin etkinliğini arttırdığının ve hastane masraflarını azalttığına somut kanıtlarını sunmuşlardır. Mühendislik açısından, PACS alt yapısının temel kavramlarını sağlayan, standartlaştırma, açık mimari, gelecek büyümeler için genişletilebilirlik, bağlanabilirlik, güvenilirlik, hata toleransı ve maliyet-verimlilik gibi PACS'in özelliklerini içerir. Bu tasarım felsefesi bir sonraki bölümde bahsedilecek altyapı tasarımı ile inşa edilebilir.

1.3.2. PACS Altyapı Tasarımı

PACS altyapı tasarımı, dağınık ve heterojen görüntü aygıtlarının zorunlu yapısını sağlar ve hastayla ilgili tüm bilgilerin uygun bir veri tabanı yönetimi tarafından yapılmasını mümkün kılar. Ayrıca, çalışma sonuçlarının görüntülenmesi, analizi ve belgelenmesi bakımından ve çalışma sonuçlarının ilgili doktora hızlı bir yöntemle iletilme bakımından hızlı ve verimli çalışan bir sistemdir. PACS altyapısı standardize edilmiş, iletişim için esnek yazılım sistemi, veritabanı yönetimi, iş tarifeleme, hata yakalama ve ağ izleme gibi birimlerin birleşiminden oluşan donanım bileşenlerinin (Görüntü aygıt arayüzleri, depolama aygıtları, Bilgisayarlar, İletişim ağı, Görüntüleme sistemleri) temel iskeletinden meydana gelir. Altyapı bütünüyle birçok işi yapabilen, sadece temel PACS işlemlerini yürütmekle kalmayıp aynı zamanda daha karmaşık araştırmaları, klinik servisleri ve eğitim ihtiyaçlarını güvenle karşılayabilecek kuralları da içermektedir. Altyapının yazılım birimleri yeterli anlayışı ve işbirliğini sadece kişisel

ağla birleştirilmiş bilgisayarlardan farklı olarak beraber çalışan bileşenlerin sistem yetki seviyesini de sağlar.



Şekil 1. Temel PACS bileşenleri ve Veri Akışı

HIS: Hastane Bilgi Sistemi (Hospital Information System)

RIS: Radyoloji Bilgi Sistemi (Radilogy Information System)

Sistem fiziksel olarak bağlandıktan sonra sistemlerin birleştirilmesi sırasında sistem entegrasyonu ve klinik birleşme diğer iki zorunlu bileşendir. PACS DENETLEYİCİ genişletilerek PACS altyapısına araştırma, eğitim ve diğer klinik uygulamalar için, uygulama sunucuları bağlanmıştır.

Donanım bileşenleri hasta veri sunucuları, görüntüleme aletlerini, veri arayüzlerini, veritabanı ve arşivli PACS denetleyicilerini (PACS CONTROLLER) ve PACS sisteminden veri ve görüntüleri almak için ağla birleştirilmiş görüntüleme iş istasyonlarını içerir. PACS içerisinde depolanan veri ve görüntü arşive atılabilir veya çeşitli kullanımlar için uygulama sunucuya gönderilebilir. Şekil 1. PACS'in temel bileşenlerini ve Veri akışını göstermektedir. Bu diyagram kullanım amaçlarına göre genişletilebilir.

1.4. PACS İmplementasyon Stratejileri

1.4.1. Arka Plan

Bir PACS klinik uygulama için tıbbi görüntü ile ilgili birçok bileşeni içerir. Geçen 20 yıl boyunca Amerika ve diğer ülkelerdeki birçok hastane ve tıbbi görüntüleme araçları üretici firmaları PACS'in birçok zorluklarını araştırdı ve geliştirdi. Bu sistemlerden çoğu günlük klinik işlemlerinde kullanılmaktadır. Bu sistemler imlementasyon şekillerine göre kabaca beş ayrı model olarak kategorize edilebilir.

1.4.2. PACS İmplementasyon Modelleri

Bu bölümde PACS imlementasyon modeli olarak beş model incelenecektir. Bu modellerin aralarındaki avantaj ve dezavantajları vurgulanacaktır.

1.4.2.1. Yurt İçinde Üretilen Model (The Home-Grown Model)

Üniversite hastaneleri ve akademik bölümler ve tıbbi görüntü alma donanım üretici firmalarının laboratuvarlarında kurulan ilk PACS imlementasyonlarındandır. Bu modelde, hastanelerde ve radyoloji bölümleri tarafından farklı disiplinlerden bir teknik uzman takım toplanmaktadır. Bu takım sistem birleştiricisi olarak çalışır ve birçok üretici tarafından üretilmiş olan PACS bileşenlerini seçer. Takım sistemin arayüzünü tasarlar ve hastanenin klinik ihtiyaçlarına göre PACS yazılımını geliştirir.

Bu model araştırma takımlarına güncel bileşenlerle sistemi sürekli güncelleme imkânı verir. Sistem bu yüzden çevre birimlerine uygun hale getirilerek ve donanım üretici firmaların belirlediği takvime bağlı kalmadan güncellenebilir. Diğer taraftan, farklı disiplinlerden bir takım oluşturulması için hastanenin desteğine çok ihtiyaç vardır. Buna ek olarak sistemin kendi türünde tek olduğu, yani bileşenleri farklı üretici firmalardan elde edilerek birleştirildiği için servis ve bakımı zor olacaktır. Şimdiye kadar

bu PACS teknolojisi olgunlaştı, çok az kurum PACS implementasyonu için artık bu modeli seçmektedir.

1.4.2.2. İki Takım Çaba Modeli (The Two-Team Effort Model)

Belirli bir kliniğin PACS sisteminin detaylı şartnamesini yazmak için birinci takımın uzmanları hastanenin içinden ve dışından olmak üzere bir araya getirilir. Sistemin implementasyonu için bir üretici firma ile kontrat yapılır. Bu ikinci model üretici firma ve hastane arasındaki bir takımın çabasıdır. Bu sistem ABD askeri servisinin 1980'lerin sonunda MDIS projesine başladığında seçilen modeldir. MDIS askeri hastane ve klinikler için PACS sistemi almak için askeri sağlama yöntemi olarak benimsendi.

Bu modelin en önemli avantajı PACS şartnamelerinin kliniğin çevre birimlerine göre uygun hale getirilmesi ve sistemin implementasyon sorumluluğunun üretici firmaya devrediliyor olmasıdır. Şartname hastane takımı tarafından büyük bir isteklilikle ve özveri ile yapılır çünkü klinik fonksiyonlara implementasyonun teknik veya operasyonel zorluklarını tam olarak tahmin etmemiş olabilirler. Öte yandan anlaşılan üretici firma belki klinik tecrübeleri yetersiz olabilir ve her bileşenin performansını olduğundan fazla düşünebilir. Sonuç olarak, tamamlanan PACS sistemi şartnameye tam olarak uymayabilir. PACS sistemini geliştirmesi için anlaşılan üretici firma ile imzalanan kontratın maliyeti mutlaka yüksek olacaktır çünkü sadece bir tane sistem inşa edilecektir. Bu model yavaş yavaş ortaklık (PartnerShip) modeline dönüşmektedir.

1.4.2.3. Turnkey Modeli (The Turnkey Model)

Üretici firma Turnkey PACS'ini geliştirir ve klinik kullanım için bir bölüme kurulumunu gerçekleştirir. Bu model piyasa tarafından belirlenen bir modeldir. Bazı üretici firmalar olası kazancı görür ve kendi görüntüleme donanımlarını satmak için kendi Turnkey PACS sistemini geliştirir ve reklâmını yapar.

Bu modelin avantajı genel bir sistemden maliyetinin daha az olmasının beklenmesidir. Bir dezavantajı ise eğer üretici firmanın üretimi tamamlaması için birkaç yıla ihtiyacı varsa hızlı gelişen bilgisayar ve iletişim teknolojisi sistemi modası geçmiş

duruma düşürebilir. Bir de genelleştirilmiş bir PACS sisteminin bir bölümdeki her bir ihtisas alanında ve her radyoloji bölümünde kullanılıp kullanılmayacağı şüphelidir.

1.4.2.4. Ortaklık Modeli (The Partnership Model)

Ortaklık modelinde hastane ve bir üretici firma sorumlulukları paylaşmak için ortaklık oluştururlar. Geniş ölçekli PACS sistemlerinin implementasyonu için çok uygundur. Geçen beş yıl boyunca PACS klinik verilerinin ulaşılabilir olması nedeni ile sağlık merkezleri iyi olmanın avantaj sağladığını öğrendiler ve kendi klinik çevrelerindeki PACS'in kötü olan birimlerini attılar. Sonuç olarak adı geçen bu üç implementasyon modeli arasındaki sınırlar ortaklık modelinin sonucu olarak sigortalanmış oldu. Bu modelde sağlık merkezi ile PACS sisteminin implementasyon, bakımın, servis, eğitim ve güncellemesinden sorumlu olan seçilmiş bir üretici firma veya sistem birleştirici arasında kontrat imzalanır. Anlaşma uzun vadeli bakım anlaşmasıyla satın alma veya sistemi kiralama şeklinde olabilir. Sıkı bağlı ortaklıklarla üretici firma tarafından sağlanan, mühendislikte hastane, bakım ve sistem güncellemesi eğitimi içermeli ve finansal sorumluluklar paylaşılmalıdır.

1.4.2.5. Uygulama Servis Sağlayıcı Modeli

(The Application Service Provider – ASP)

Bir sistem birleştirici, bütün bir hastane veya bir uygulama grubu olabilecek istemcilere tüm PACS ilişkili servisleri sağlar. İstemciler için herhangi bir BT gereksinimlerine ihtiyaç yoktur. ASP modeli, PACS implementasyonunun daha küçük bir alt birimi için, örneğin; kapalı devre arşiv, uzun vadeli arşiv/geri çağırma veya ikinci kopya arşivi, DICOM-Web Sunucu geliştirilmesi ve Web-tabanlı görüntü veritabanı için bu model caziptir. Genişletirsek çok amaçlı bir PACS implementasyonu için, ASP modeli çok detaylı araştırma ve uygun bir sistem birleştiricinin tanımlanmasını gerektirir.

Her model kendi avantaj ve dezavantajlarına sahiptir. Tablo 1. bu beş modelin avantaj ve dezavantajlarını özetlemektedir.

Tablo 1. Beş PACS Implementasyon modelinin avantaj ve dezavantajları

Model	Avantajları	Dezavantajları
Yurt içinde üretilen	<ul style="list-style-type: none"> • Şartnameler oluşturulur • En yeni Teknoloji • Sürekli güncelleme • Tek bir üretici firmaya bağlı kalmama 	<ul style="list-style-type: none"> • Takımı bir araya getirmek zordur • Türünün tek örneğidir • Servis ve bakımı zordur
İki takım çaba	<ul style="list-style-type: none"> • Şartname kliniğin özel çevre birimlerine göre hazırlanır • İmplementasyon üretici firmaya devredilmiştir 	<ul style="list-style-type: none"> • Şartnamenin hazırlanması zor • Tahmin edilenden fazla teknik ve operasyonel zorluklar • Üretici firmanın klinik tecrübe azlığı • Pahalı
Turnkey Modeli	<ul style="list-style-type: none"> • Daha az maliyet • Bakımı daha kolay 	<ul style="list-style-type: none"> • Çok genel • En Güncel teknoloji değil
Ortaklık	<ul style="list-style-type: none"> • Sistem teknolojik ilerlemeye ayak uydurur • Sağlık merkezi sistemin modası geçecek diye dert etmez • Üretici firma ile peşin olarak uzun vadeli kontrat yapılır 	<ul style="list-style-type: none"> • Sağlık merkezleri için pahalıdır • Üretici firmalar küçük sağlık merkezleri ile ortaklık kontratı imzalamak istemeyebilirler
ASP	<ul style="list-style-type: none"> • Başlangıç sermayesi düşüktür • Olası yatırımlarla hızlandırılabilir • Teknolojinin eskime riski yoktur • Esnek büyüme sağlar • Veri merkezinde yer gerektirmez 	<ul style="list-style-type: none"> • Verilen sermaye 2 ve 4 yıllık zaman aralığında karşılaştırıldığında daha pahalıdır • Müşterinin donanımlarda sahipliği yoktur

1.5. PACS Gelişimine Küresel Bir Bakış

1.5.1. A.B.D.

A.B.D.’deki PACS gelişimi aşağıdaki dört faktörle açıklanabilir:

- 1- Üniversite ve özel endüstrideki küçük ölçekli şirketlerde bulunan birçok araştırma laboratuvarları bu alana 1982’de girmişlerdir. Onlar çeşitli kamu kuruluşlarından, teşebbüs sermayelerinden ve BT endüstrisinden destek görmüşlerdir

- 2- PACS implementasyonu iki ana devlet kuruluğu tarafından desteklenmekteydi; ABD Savunma Bakanlığı Hastaneleri ve Veterans Affairs (VA) Sağlık Merkezi Bólümü. [23]
- 3- Býyúk górutú donanım üretici firmaları ve PACS üretici firmaları ABD'de bulunuyor.
- 4- Hızlı büyüyen ve başarılı küçük BT şirketleri PACS teknolojisinin gelişmesinde değişikliklerle katkıda bulunmuşlardır.

Şu anda aşığı yukarı 200 küçük ve büyük ölçekli PACS sistemi kullanılmaktadır. Hemen hemen yeni tasarlanan veya inşa edilen tüm hastanelerde PACS implementasyon planı hastane planına eklenmektedir.

1.5.2. Avrupa

Avrupa'daki PACS gelişimi aşığıdaki üç faktörle açıklanabilir:

- 1- Avrupalı kurumlar Hastane Bilgi Sistemine (HIS) ve PACS'le ilgili araştırma ve geliştirme çalışmalarına 1980'lerin başında girmişlerdir.
- 2- Üç ana PACS üreticisi Avrupa'da bulunmaktadır.
- 3- PACS ilişkili iki ana konferans EuroPACS ve CARS Avrupa'da düzenlenmektedir.

Birçok yenilikçi PACS ilişkili teknoloji aslında Avrupa'da icat edilmiştir. Bununla birlikte günümüzde A.B.D.'de çalışan PACS kurumları Avrupa'dakilerden çok daha fazladır[21].

Tablo 2. PACS implementasyonundaki dokuz pozitif faktör (A.B.D. için) ve engelleyici faktör (Avrupa için)

A.B.D.'deki olumlu Faktörler	Avrupa'daki engelleyici faktörler
1. Esnek Yatırım Kültürü	1. İş yerinin korunması kültürü
2. Sağlık bilimlerindeki iş altyapısı	2. Sosyal servis bazlı sağlık bilimleri
3. Hesaplanan riskteki kesinlik eğilimi	3. Güvenlikteki kesinlik eğilimi
4. Rekabete dayanan çevre birimleri	4. Devlet ve/veya profesyonel kurumun kontrolünde
5. Teknolojik öncülük	5. "Eğer elle yapılıbiliyorsa" değiştirme
6. Servis hızı yönelimli	6. Servis kalitesi yönelimli
7. PACS uzman danışmanlarını içermesi	7. "Kendin yap" zihniyeti
8. "Deneme ve Hata" Yaklaşımı	8. "Bekle ve gör" yaklaşımı
9. Kişisel Kazanç	9. Eğer hata olursa, "Suçlayacak birini bul"

1.5.3. Asya

PACS geliştirilmesinin iki ana gücü Japonya ve Güney Kore'dir. Japonlar PACS araştırma, geliştirme ve implementasyonuna ilk olarak 1982 yılında girdiler. Inumara tarafından 2003 yılında yapılan bir anketin sonucuna göre Japonya'da toplam 1468 PACS kuruluşu vardır:

- Küçük: 1174 (4 Görüntüleme iş istasyonundan daha az)
- Orta: 203 (5–14 Görüntüleme iş istasyonu)
- Geniş: 91 (15–1300 Görüntüleme iş istasyonu)

Geniş ölçekli PACS sistemlerinden bazıları eskiden kalan PACS sistemleri ile daha yeni PACS sistemlerinin birbiri ile bağlanması sonucu oluşturulmuştur. İlk Japon PACS sistemleri DICOM uyumlu olma veya Hastane bilgi sistemine (HIS) bağlanma zorunlulukları yoktu. Ancak bugünlerde gittikçe artan PACS sistemleri DICOM standartlarına ve HIS, RIS ve PACS sistemiyle bağlanmaktadır.

Ülke bazında ikinci geniş ölçekli PACS geliştirilmesi Güney Kore'dedir. PACS geliştirme çalışmalarındaki son beş yıl içerisinde kat ettiği yol üç faktörden dolayı mucizevidir: Yurtiçi X-ray film endüstrisindeki yetersizlikler, 1997'deki ekonomik kriz ve Ulusal Sağlık Sigortasının (National Health Insurance) PACS giderlerini geri ödemesi[15].

1.6. PACS Sisteminin Bileşenleri ve İş Akışı

Bu bölümde PACS'in 5 ana başlığı tartışılmaktadır. Birinci başlık PACS'in temel kavramları ve genel mimari ve gereksinimleri veren bileşenleridir. Radyografideki PACS iş akışının bir örneği bu bileşenlerin fonksiyonelliğini vurgular. Şu anki klinik PACS mimarisi, bağımsız, sunucu-istemci ve Web-Based üç en geçerli PACS operasyonu kavramıdır. Son iki başlık ise teleradyoloji ve PACS ve geniş ölçekli (Enterprise) PACS'dir

1.6.1. PACS Bileşenleri

Bir PACS DICOM formatını destekleyecek biçimde olmalıdır. Görüntü ve veri alma ağ geçidi (Gateway), PACS denetleyicisi ve Arşivi ve görüntüleme iş istasyonlarını birleştiren dijital bir ağdan meydana gelir.

1.6.1.1. Veri ve Görüntü Alma Ağ geçidi

PACS görüntüleme aygıtlarından alınan görüntülere ve Hastane bilgi sisteminden (HIS) ve radyoloji bilgi sisteminden (RIS) alınan ilişkili bilgilere, PACS denetleyicisi ve arşiv sunucuya göndermek için ihtiyaç duyar. PACS'in ana görevi, görüntü alma ve işleme için, görüntüleri ve hastayla ilgili yapılan çalışmaları tanımlayan, hasta çalışmalarını destekleyecek text verileri güvenli bir şekilde almaktır. Görüntü alma üç sebepten dolayı ana görevdir. Birincisi, görüntü alma aygıtları PACS'in onayı altında değildir. Birçok üretici firma çeşitli türlerde, her biri kendi DICOM uyum farklılıkları olan görüntü alma aygıtları sunmaktadırlar. Daha da kötüsü daha eski bazı görüntü aygıtları DICOM destekli olmayabilir. Birçok görüntü aygıtını PACS'e bağlamak can sıkıcı zahmetli bir iş ve üretici firmalarla işbirliği yapmayı gerektirir. İkincisi görüntü alma işlemi PACS'in diğer işlemlerinden daha yavaştır çünkü hastalar işe karıştırılır ve görüntünün oluşturulması için gerekli verinin alınması biraz zaman alır. Üçüncüsü görüntü aygıtı tarafından oluşturulan görüntü ve hasta verisi bazen PACS işlemi tarafından kabul edilemez format bilgisi içerir. Bu zorlukları atlatmak için görüntü alma

ağ geçidi bilgisayarı, görüntü alma birimindeki ana bilgisayardan PACS'i yalıtım için genellikle görüntü alma cihazı ve PACS'in geri kalanı arasında bir yere yerleştirilir. Yalıtım zorunludur çünkü geleneksel görüntü alma cihazlarının bilgisayarlarının iletişim ve işbirliği yazılımları PACS altyapısının da standartlaştırılmamışlardır. Ayrıca bu bilgisayarlar PACS denetleyicisi ile birlikte çalışacak kadar yeterli zekilikte olmadıkları için çeşitli hatadan kaçılmış olur. Görüntü alma ağ geçidi bilgisayarının 3 öncelikli görevi vardır: görüntüyü radyoloji görüntüleme cihazından alırlar, veriyi üretici firmanın biçiminden DICOM uyumlu PACS standart formatına dönüştürürler ve görüntü çalışmasını PACS denetleyicisine veya görüntüleme iş istasyonuna yönlendirirler.

Genel amaçlı bir PACS görüntü alma ağ geçidi bilgisayarı ile radyoloji görüntü alma cihazının bağlanması iki arayüz tipi olarak gerçekleştirilir. TCP/IP ağ protokolünü kullanan peer-to-peer (eşler arası) ağ ara yüzü ile görüntü transferleri ya radyoloji görüntü alma cihazı tarafından ("Push" olayı) yada hedef PACS görüntü alma ağ geçidi bilgisayarı tarafından ("Pull" olayı) başlatılabilir. Pull modu avantajlıdır çünkü görüntü alma ağ geçidi bilgisayarı çöktüğünde, ağ geçidi bilgisayarı tekrar işlemine devam etmeye başlayana kadar, görüntüler radyoloji görüntü alma aygıtındaki bilgisayar tarafından kuyruklanabilir. Varsayalım ki görüntü alma cihazında yeterli veri tamponlama (buffering) var, pull modu işlem modu olarak tercih edilir çünkü herhangi bir veri alma bilgisayarı, eğer hata olursa (kendisi veya radyoloji görüntüleme cihazı tarafından) çalışmalarını transfer tekrar planları programlanabilir. Eğer gösterilen veri alma ağ geçidi bilgisayarı çökerse ve veri almadaki bekleme kabul edilemezse sorgulamadaki görüntü bağlı başka bir görüntü alma ağ geçidi bilgisayarına veya iş istasyonuna yönlendirilebilir.

İkinci arayüz tipi fiilen eski bir endüstri standardı olan DR-11W gibi master-slave device-level arayüzüdür. Bu paralel-transfer doğrudan bellek erişimli bağlantı noktadan noktaya (point-to-point) üst düzey bir arayüzdür. Geri alma mekanizması yine bir makinenin (veri alma ağ geçidi bilgisayarı veya görüntü alma cihazı) transferi başlatmasına bağlıdır. Ağ geçidi bilgisayarı çökerse, veri kaybolabilir. Bu görüntülerin alınması için alternatif bir görüntü alma yöntemi kullanılmalıdır [16] (Örneğin, teknisyen ağ geçidi bilgisayarı düzeldikten sonra görüntü alma cihazının bilgisayarındaki kişisel görüntüleri elle gönderebilir veya teknisyen görüntünün filme kopyasını alabilir.)

1.6.1.2. PACS Denetleyicisi ve Arşiv Sunucu

Güncel görüntü HIS, RIS ve görüntü alma ağ geçidi bilgisayarından gelen hastanın güncel verileri ile birlikte PACS denetleyiciye gönderilir. PACS denetleyicisi üst uç bilgisayar veya sunuculardan oluşan PACS motorudur. En önemli iki bileşeni veritabanı sunucu ve arşiv sunucudur. PACS denetleyicinin bazı ana işlevleri Tablo 3'de listelenmektedir. Arşiv sistemi kısa vadeli, uzun vadeli ve kalıcı kayıt depolama birimlerinden meydana gelir.

Tablo 3. PACS denetleyici ve Arşiv sunucunun ana işlevleri

<ul style="list-style-type: none"> • Görüntülerin görüntü alma ağ geçidi bilgisayarlarından alınması • Alınan görüntüde tanımlanan text bilgilerin ayrıştırılması • Ağdan ulaşılabilir veritabanı sisteminin güncellenmesi • Yeni oluşturulan çalışmaların hangi iş istasyonuna yönlendirileceklerinin belirlenmesi • Zorunlu karşılaştırma görüntülerinin dağıtılmış önbelleklerden veya uzun vadeli arşiv kütüphanelerinden otomatik olarak bulunup getirilmesi • CR görüntülerinin yönlerinin otomatik olarak tanımlanması • Görüntülenecek resmin en iyi parlaklık ve karşıtlık değerlerinin parametrelerinin tanımlanması • Gerekli olduğu durumlarda görüntü verilerinin sıkıştırılması • Gerekli olduğu durumlarda veri bütünlüğünün denetlenmesi • Yeni çalışmaların uzun vadeli arşiv kütüphanelerinde arşivlenmesi • Görüntü alma ağ geçidi bilgisayarı tarafından arşivlenen görüntülerin silinmesi • İş istasyonları ve diğer geniş ölçekli PACS sistemlerinin PACS denetleyicilerinden gelen sorgu ve geri almalara hizmet verilmesi • PACS uygulama sunucuları ile arayüz oluşturma
--

1.6.1.3. Görüntüleme İş İstasyonları

Bir görüntüleme iş istasyonu iletişim ağ bağlantısı, yerel veritabanı, ekran, kaynak yönetimi ve işlemlerin gerçekleştirildiği bir yazılımı içerir. Temel iş istasyonu işlemleri Tablo 4'de listelenmiştir.

Tablo 4. PACS iş istasyonunun ana işlevleri

İşlev	Tanım
Durum hazırlama	Hastanın çalışmalarına ait bilgi ve görüntülerinin toplanması
Durum seçimi	Verilen alt topluluk için durumun seçilmesi
Görüntü düzenleme	Yeniden gözden geçirme için görüntülerin düzenlenmesi ve gruplanması ile ilgili araç
Yorum (Açıklama)	Teşhisi kolaylaştırmak için ölçme araçları
Belgelendirme	Görüntü üzerinde notlar almayı sağlayacak araç
Durum sunumu	Kapsamlı durum değerlendirmesi için araç
Görüntünün yeniden oluşturulması	Daha düzgün görüntüleme için çeşitli görüntü tiplerinde görüntülemeyi sağlayacak araç

Çözünürlüklerine göre sınıflandırılmış dört tip görüntüleme iş istasyonu vardır.

- 1- Radyoloji bölümlerindeki ilk teşhis için yüksek çözünürlüklü (2.5K x 2 K) LCD
- 2- Hastanelerin çeşitli bölümlerinde ve bölgesel görüntülerin ilk teşhisi için orta çözünürlükte (2000 x 1600 veya 1600 x 1K) LCD
- 3- Doktorun masaüstü iş istasyonu (1K x 512) LCD
- 4- Görüntülerin filme veya kâğıda basılmasında kullanılan basılı kopya iş istasyonları

Bağımsız teşhis iş istasyonlarında şu anki ve daha eski görüntüler daha çabuk erişim için yüksek hızlı yerel manyetik disklerde depolanırlar. Bir de gerektiği durumlarda PACS denetleyicisi uzun vadeli eski görüntülerin tutulduğu veritabanına ulaşır.

1.6.1.4. Uygulama Sunucular

Uygulama sunucular PACS denetleyicisi ve Arşiv sunucuya bağlanmıştır. Uygulama sunucuları üzerinden, farklı uygulamalar için PACS verisi filtrelenerek sunucuların istediği uygun duruma getirilebilir. Örneğin, Web tabanlı resim görüntüleme, radyasyon tedavi sunucu ve eğitim sunucusu gibi.

1.6.1.5. Sistem Ağı

Herhangi bir bilgisayar ağının en temel işlevi coğrafi bir bölgede bulunan son kullanıcıların (Ör: Radyoloji Hekimleri ve Klinik Çalışanlar) diğer bir bölgede bulunan bilgilere (Ör: görüntü ve raporlar) ulaşabilmelerini sağlamaktır. Her düğümün işlevini ve yerini sistem tasarımında belirlemek için, iki düğüm arasında bilginin geçme sıklığı, çeşitli hızlardaki hatlarla düğümler arasındaki iletişimin maliyeti, iletişimin arzu edilen güvenilirliği ve üretilmesi gereken iş miktarı gibi ağ bilgilerine ihtiyaç vardır. Tasarımdaki değişkenler ağın topolojisini, iletişim hattı kapasitesini ve akış görevini içerir.

Yerel alan ağı seviyesinde (LAN), PACS altyapısındaki dijital iletişim, düşük seviye Ethernet (10 megabits/s), orta seviyede Ethernet (100 megabits/s) veya hızlı Ethernet (1 gigabits/s) ve yüksek hızda asenkron transfer modu teknolojisi (ATM, 155-622 megabit/s ve yukarısı)'den meydana gelebilir. Geniş alan ağlarında (WAN) DS-0 (56 kilobits/s) ve DS-1 (T1, 1.544 megabit/s)'den DS-3 (45 megabits/s) ve ATM (155-622 megabits/s)'e kadar çeşitli dijital servis (DS) hızları kullanılabilir. Burada iletişim hızı ve maliyet doğru orantılıdır.

Kullanılan ağ protokolü standart olmalıdır, örneğin, TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) ve DICOM iletişim protokolü (yüksek seviye bir TCP/IP). Düşük seviye bir ağ görüntü alma cihazlarıyla görüntü alma ağ geçidi bilgisayarını birbirine bağlamak için kullanılır çünkü, vakit alan görüntünün alınması işlemi için yüksek hızlı bir iletişim ağına ihtiyaç yoktur. Bazen verinin görüntü alma cihazlarından görüntü alma ağ geçidi bilgisayarına alınırken farklı Ethernet kolları kullanılabilir. Orta ve yüksek seviyelerdeki ağlar veri yükü ve maliyetin dengelenmesi temeline göre kullanılırlar. Daha hızlı bir görüntü ağı görüntü alma ağ geçidi bilgisayarı ile PACS denetleyicisi arasında vardır çünkü birçok görüntü alma bilgisayarı aynı anda büyük görüntü dosyalarını gönderebilirler. Yüksek seviyeli ağlar her zaman PACS denetleyicisi ile iş istasyonları arasında kurulur.

Ağda birbirine bağlı farklı bilgisayarlarda çalışan süreçlerin koordinasyonu sistem ağı için çok önemli bir sorundur. Aynı veya farklı bilgisayarlarda çalışan bu süreçlerin her ikisi de TCP/IP'nin socket-level arayüzü ile IPC (Interprocessor Communication) yöntemleri kullanarak üstesinden gelinir. Komutlar ASCII mesajdan standart şifrelenmiş mesajlarla değiştirilir. Çeşitli PACS'le ilişkili iş istekleri, çeşitli bilgisayar sistemlerinin süreçlerine hizmet veren, yerleşik disk öncelik kuyruklarında sıraya sokulur. Bu kuyruk

yazılımı, ya varsayılan kaynak setleri ya da eğer donanım hatası algılanmışsa alternatif kaynak setlerini kullanarak bir işi birçok kez tekrar programlamayı deneyen, yerleşik çalışan bir iş tarifeleyicisi (built-in job scheduler) olabilir. Bu mekanizma, iş önceliği süreci için karmaşık görüşmeler esnasında hiçbir işin kaybolmayacağını garanti eder.

1.6.2. PACS Altyapısı Tasarım Kavramları

PACS altyapısı tasarım kavramlarındaki dört ana bileşen sistem standartlaştırılması, açık mimari ve bağlanabilirlik, güvenilirlik ve güvenlidir.

1.6.2.1. Endüstri Standartları

PACS altyapısının inşasındaki ilk önemli kural, PACS tasarım şemasının tümüyle tutarlı mümkün olduğu kadar çok geçerli endüstri standardını bir araya getirmektir. Bu felsefe uyarlanmış yazılımın geliştirilmesini minimize eder. Ayrıca endüstri standartlarında donanım ve yazılımın kullanılması, sistemin diğer bilgisayar platformlarına taşınabilirliğini artırır. Örneğin, aşağıdaki endüstri standartları PACS altyapısının tasarımı için kullanılabilir:

- 1- UNIX işletim sistemi
- 2- WİNDOWS NT/XP işletim sistemi
- 3- TCP/IP ve DICOM iletişim protokolü
- 4- Veritabanı sorgulama dili olarak SQL
- 5- Görüntü veri biçimi için DICOM standardı
- 6- DELPHI, JAVA, C ve C++ programlama dilleri
- 7- X WİNDOWS kullanıcı arayüzü
- 8- Mesaj geçme için ASCII yazı gösterimi
- 9- Sağlık bilimleri veritabanı ile bilgi alışverişi için HL7
- 10- Verilerin gösterimi ve WWW'de bilgi alışverişi için XML

PACS implementasyonunda bu standartları kullanmanın çeşitli amaçları vardır. Birincisi, tüm gelecek bileşen ve modüllerinin PACS'e implementasyonu ve birleştirilmesi standartlaştırılmış olur. İkincisi, sistem bakımı daha kolaydır çünkü her

modülün işlem kavramı diğerlerine benzer gözükür. Üstelik PACS sistemi içerisinde kodun kolayca derlenmesini, anlaşılmasını ve kodda arama yapılmasını sağlayan tanımlanmış öncelikli PACS işlemleri, gereksiz kodlamanın en aza inmesine yardımcı olur. Endüstri standardının, veri biçimlerinin ve iletişim protokollerinin PACS tasarımında kullanılmasının, PACS geliştiricilerin tüm seviyesi için sistemin anlaşılması ve belgelendirilmesinde işlemleri kolaylaştırdığı aşikârdır. Tüm standartlar arasında, HL7 ve DICOM en önemlileridir, ilki PACS ve HIS/RIS arasındaki arayüzü sağlar, diğeri de çeşitli görüntü üreticisi tarafından üretilen görüntüler arasında arayüz sağlar.

1.6.2.2. Bağlanabilirlik ve Açık Mimari

Eğer aynı hastanedeki PACS modülleri birbirleri ile iletişim kuramazlarsa sistemden yalıtılmış olurlar, her biri kendi görüntüleri ve hasta bilgilerine sahip olurlar ve bu modüllerin hastane genelinde tam PACS olarak birleştirilmeleri çok zor olacaktır.

Heterojen sistemler arasında bilgi ve mesaj alışverişini için standart bir yöntem sağlayan açık ağ tasarımı gereklidir. Çünkü bilgisayar ve iletişim teknolojisi hızlı bir şekilde gelişmektedir, kapalı bir mimari sistemin güncellenebilirliğini engelleyecektir. Örneğin, verilen bir görüntü alma cihazı üreticisinden bağımsız bir görüntüleme iş istasyonu alınması ilk bakışta resimlerin görüntülenmesi için MRI tarayıcı bileşeni iyi bir ekleme olacaktır. Eğer iş istasyonu tescilli bir kapalı mimari tasarımı ise, aynı görüntü üretici firma tarafından belirlenen sistem artırışı dışında herhangi bir bileşen olmaz. Olası kapsamlı sistem güncellemeleri ve geliştirmeleri sınırlanmış olacaktır. Küçük ölçekli PACS sistemi düşünülse dahi bağlanabilirlik düşüncesi önemlidir. Tamamlanan PACS sisteminin iyi tasarlanmış ve gelecek bağlanabilirlikleri sağlıyor olsa da aşağıdaki sorular akıldan çıkmamalıdır.

Görüntüleri bu PACS modülünden diğeri bir modüle veya tersine transfer edebilir miyiz?

Bu modül standart veri ve görüntü biçimini kullanır mı?

Modüldeki bilgisayar standart iletişim protokolü kullanıyor mu?

1.6.2.3. Güvenirlik

İki sebepten dolayı güvenirlik PACS'in temel kavramlarından biridir. Birincisi, PACS bir çok bileşene sahiptir, bir bileşende hata ile karşılaşma ihtimali yüksektir. İkincisi, PACS mesajları ve görüntülenecek kritik hasta bilgilerinden dolayı sistemin servis dışı kalma süresinin uzamasına müsaade edilemez. Bu yüzden PACS'in tasarlanmasında hata yakalama ve loglama yazılımını içeren hata-toleransı, harici denetleme programları (örn.: Ağın çevrimini, manyetik disk boş alanlarını, veritabanı durumlarını, işlemci ve kuyruk durumlarını kontrol eden ağ yönetim sürücülerini) donanım bütünlüğü ve akıllı geri alma yazılımları kullanmak önemlidir. Alternatif kaynak ve algoritmalarla hatalı bir işi otomatik olarak yeniden yapmaya çalışan yordamlarını ve sistem hatası ve enerji kesintisinden sonra PACS bilgisayarının sistemini otomatik olarak devam ettiren akıllı geri yükleme (bootstrap) yordamları içeren bazı hata geri yükleme mekanizmaları (Fail Recovery Mechanism) kullanılabilir. Güvenirliği arttırmak masraflı, bununla birlikte karmaşık sistemlerin yüksek güvenirliği için bakım zaruridir.

1.6.2.4. Güvenlik

Güvenlik, özellikle hasta bilgilerinin gizlilik gereksinimi, medikolegal yayınlar ve HIPAA (Health Insurance Portability and Accountability Act) emirlerinden dolayı önemli bir etkidir. Veri güvenliğinin çığnenmesi esasen 3 türlü olur; fiziksel olarak zorla içeri girme, kötü kullanım ve davranışsal ihlallerdir. Fiziksel zorla girme bina yönetimi tarafından yürütülebilecek kolay bir güvenliktir. Kötü kullanım ve davranışsal ihlaller hesap ve yetki kontrolü ile kolayca en aza indirilebilir. Birçok veritabanı sistemi sisteminin kullanıcı adı ve şifre ile tanıma ve izin yetkilendirilmesi yapan mekanizmaları vardır. Uygulama programları da çeşitli koruma katmanlarını destekleyebilirler. Ayrıcalık kontrolü, kullanıcıların veritabanındaki özel tablolara, sütunlara ve görüntülere ulaşımın kontrolünü haklarını tanımlar. Bu mekanizmalarla sistem tasarımcısı hangi kişilerin hangi klinik çalışmalara ulaşabileceklerinin uygulama politikasını belirleyebilir. Örneğin bazı hastanelerde, ilgili Radyolojiste gerekli çalışmalara, radyoloji birimi tarafından görüntü bilgisi eklenip okuma işlemi gerçekleştirildikten hemen sonra ulaşmasına izin verilmektedir[16].

Ek güvenlik adımı olarak görüntülerin arşivlenmesi ve iletimi sırasında elektronik imza (E-İmza, Digital Signature) kullanılabilir. Eğer uygulandıysa, bu özellik sistem yazılımı giderlerini arttıracaktır ama açık iletişim hatlarından veri transferi daha güvenli olacaktır.

1.6.2.5. Dijital Radyografi

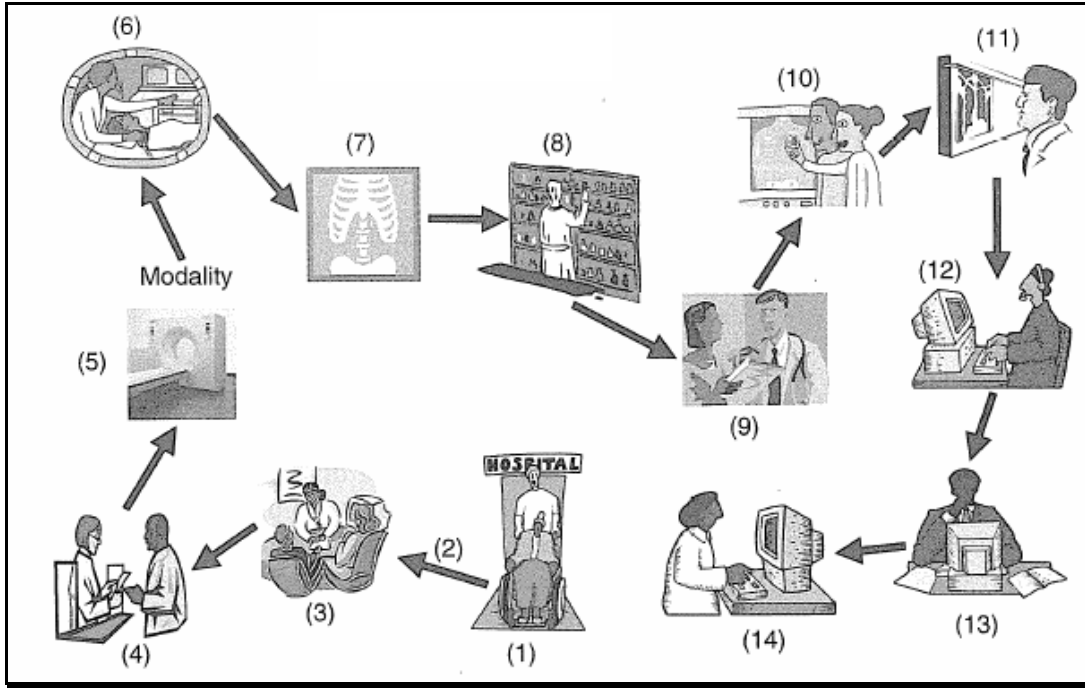
1.6.2.5.1. Geleneksel Projeksiyon Radyografinin Temelleri

Geleneksel projeksiyon radyografi tanısal görüntüleme prosedürlerinin %70'ini açıklamaktadır. Bu yüzden radyolojiyi film bazlı yöntemden dijital bazlı yönteme dönüştürmek için radyoloji iş akışını, geleneksel projeksiyon radyografik prosedürleri ve dijital radyolojiyi anlamalıyız.

Benzetim bazlı görüntüyü dijital forma dönüştürmek için iki yaklaşım vardır. İlki, var olan aletlerden radyografi prosedür odasında yararlanmak ve sadece görüntü alıcı bileşeni değiştirmek. Bu yaklaşım prosedür odasında herhangi bir değişiklik yapmayı gerektirmemektedir. Bu nedenle günlük klinik kullanım için daha kolay uyum sağlayabilir. İkinci yaklaşım, klasik radyografi prosedürü aygıtlarını ve görüntü alıcıları tekrar tasarlamaktır. Bu yöntem bu sebepten dolayı uygulanması daha pahalıdır. Ama daha özel özellikler sunan avantajlar sağlar.

1.6.2.5.2. Radyoloji İş Akışı

PACS, hasta iş akışı ve tanı bileşenlerinin her ikisini birleştiren sistemdir. Radyoloji iş akışının esaslı bir anlayışı, radyoloji bölümleri ve hastaneler için etkili bir sistem birleştirmesi ve buradan da daha iyi bir PACS tasarımına izin verecektir. Radyoloji iş akışı bölümden bölüme değişebilir, bu sebepten dolayı PACS tasarım ve implementasyonunun ilk adımı iş akışının analizidir. PACS'ten önce genel bir radyolojinin iş akışı Şekil 2'de gösterilmiş ve aşağıda da açıklanmıştır.



Şekil 2. Genel Radyoloji İş Akışı

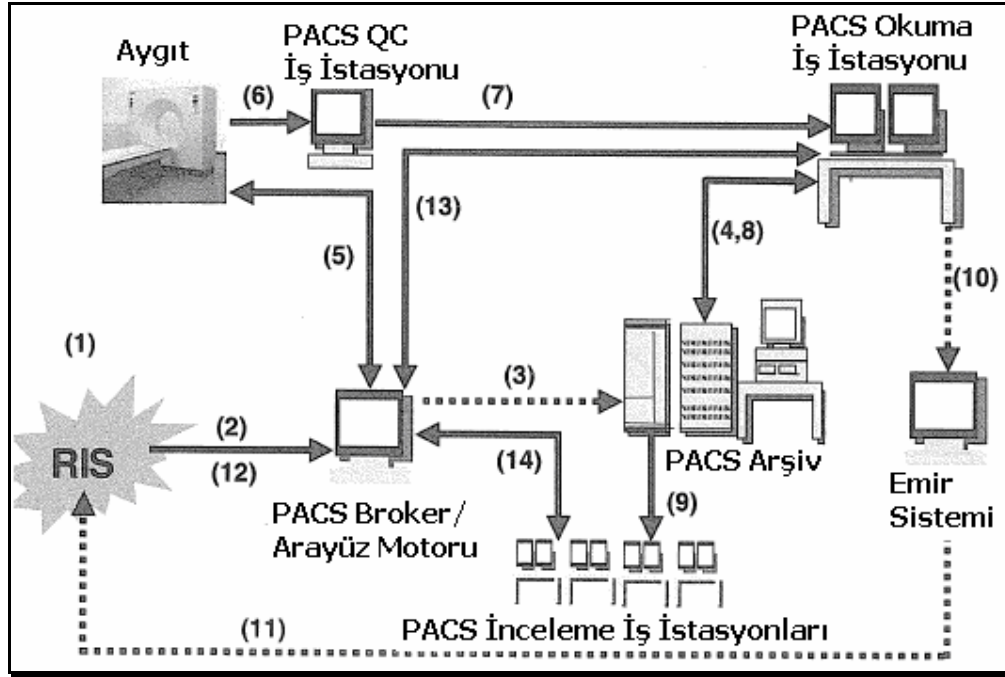
1. Hasta radyoloji incelemesi için hastaneye varır.
2. Radyoloji bölgesinde hasta kaydolur. Eğer hasta yeni ise Hastane Bilgi Sistemine(HIS) de kaydedilir.
3. Radyoloji kayıt sekreterliği tarafından Radyoloji Bilgi Sisteminden (RIS) radyoloji inceleme sırası alınır.
4. Teknisyen kayıt sekreterinden talebi alır. Teknisyen inceleme için bekleme alanından hastayı arar.
5. Hasta radyolojik inceleme için görüntü alma aygıtına varır. Teknisyen hasta bilgilerini RIS'e girer.
6. Teknisyen incelemeyi gerçekleştirir ve radyolojik incelemenin basılı kopya filmini edinir. Teknisyen tamamlanan incelemeyi RIS'e girer.
7. Basılı kopyalar ve doküman film sekreterliğine gönderilir.
8. Film sekreteri filmleri daha sonraki incelemeler ve raporlar için film kabına koyar.
9. Film sekreteri tüm doküman ve filmleri radyolojistin incelemesine hazırlamak için birleştirir.

10. Film sekreteri film kabındaki asılmamış filmleri radyolojistin incelemesi için ilişkili filmleri inceleme kutusu üzerine asar.
11. Radyolojist doküman ve raporları inceler, incelemeyi okur ve inceleme raporunu yazdırır.
12. Transkriptiyonist yazıları bir araya getirir ve RIS'teki inceleme erişim numarasına karşılık gelen taslak bir rapor yazar.
13. Radyolojist taslak raporu inceler, gerekli değişiklik varsa yapar ve raporu imzalar.
14. Klinik görüntüleme için nihai sonuç raporları RIS'ten ulaşılabilir durumdadır.

PACS'in tasarımında, adı geçen iş akışı tasarıma entegre edilmelidir, bu yüzden PACS işlemi güncel iş akışından çok fazla farklı olmayacaktır.

1.6.3. Genel Bir PACS'in İş Akışı

Bu bölümde hastanın HIS'ten RIS'e inceleme isteğinin kaydolması ile başlayan ve teknisyenin işlemi gerçekleştirmesi, resmin görüntülenmesi, raporlama ve arşivlenmesi ile devam eden PACS iş akışından bahsedilecektir. PACS iş akışını Şekil 1'deki PACS bileşenleri ve PACS iş akışı ve Şekil 2.'deki Radyoloji iş akışı ile karşılaştırıldığında, PACS'deki film bazlı iş akışındaki manüel adımların değiştirildiği açıkça görülebilir. Şekil 3 PACS iş akışını göstermektedir.



Şekil 3. Genel PACS İş Akışı

Yukarıdaki şekildeki işlem sırası aşağıdadır.

PACS/HIS RIS İş Akışı

1. Hasta HIS'e kayıt yaptırır. RIS'ten radyoloji incelemesi ister. İnceleme numarası otomatik olarak atanır.
2. RIS ve RIS demografik verisinin PACS arayüz motoruna HL7 mesaj çıktısı verilir.
3. PACS arayüzü hastanın takvimlenen incelemesini arşiv sunucuya bildirir.
4. Takip eden bilgi toplama kurallarıyla arşiv sunucu tarafından daha önce arşivlenen PACS incelemeleri Radyolojistin iş istasyonuna gönderilir
5. Hasta görüntü alma birimine varır. Görüntü alma birimi PACS arayüzünün DICOM iş listesine ihtiyaç duyar.
6. Teknisyen görüntüleri hazırlar ve alınan görüntülerin PACS incelemelerini ve hastanın demografik verisini DICOM formatında QC (Quality CONTROL) kalite kontrol iş istasyonuna gönderir.
7. Teknisyen PACS incelemesini düzenler ve Radyolojistin okuma iş istasyonuna belirlenen durumla gönderir.

8. PACS incelemesinin Radyolojistin okuma iş istasyonuna vardığında hemen otomatik olarak arşiv sunucuya gönderilir. Arşiv sunucu veritabanı PACS incelemesinin hazırlanan durumu ile güncellenir.
9. Arşiv sunucu otomatik olarak PACS incelemelerini, bölgedeki HIS/RIS HL7 mesajını alan inceleme iş istasyonlarına dağıtır.
10. Yorumlayan Radyolojist inceleme numarası ile birlikte raporu yazdırma merkezinde yazdırır. Radyolojist PACS incelemesini herhangi bir değişiklik yapmadan işlemi sonlandırır. Arşiv veritabanı PACS incelemesinin bitirildiği işareti ve değişikliği ile güncellenir.
11. Çıktı görevlisi RIS teki inceleme numarasına karşılık gelen çıktı ve tip raporlarını alır.
12. RIS daha önceki RIS verisi ile oluşturulan sonuç rapor verilerinin HL7 mesajını üretir.
13. Radyolojist okuma iş istasyonundaki PACS incelemesinin önceki raporlarını sorgular.
14. İlgili hekim inceleme iş istasyonlarındaki PACS incelemesinin önceki raporlarını sorgular.

1.6.4. Güncel PACS Mimarileri

Üç temel PACS mimarisi vardır:

- 1- Bağımsız
- 2- İstemci-Sunucu
- 3- Web tabanlı

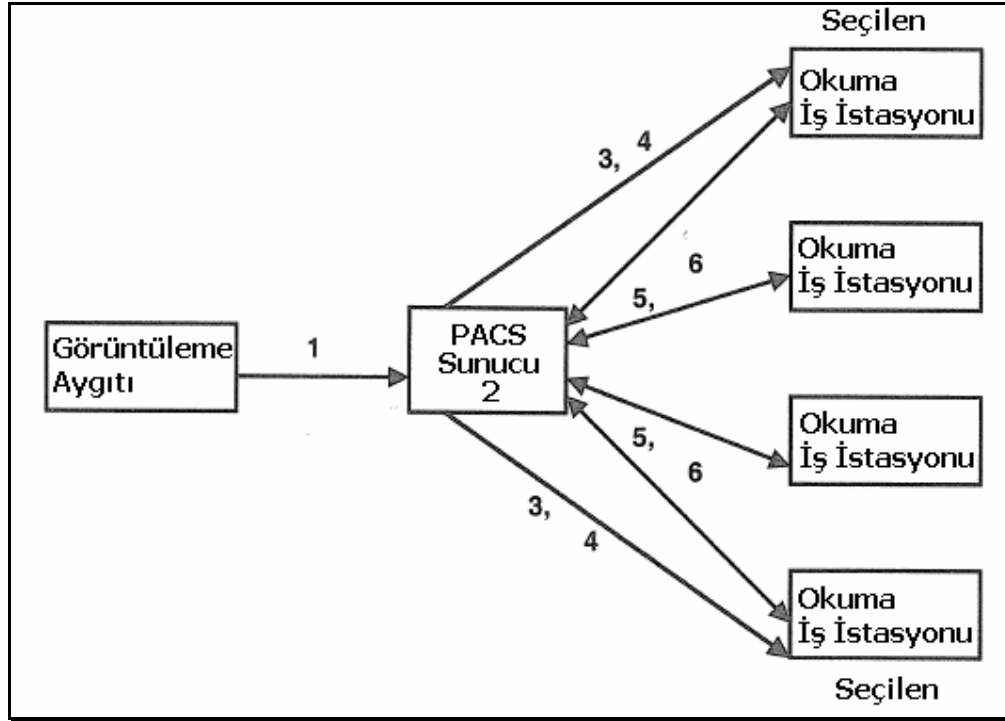
Bu üç temel mimarilerden varyasyon ve melez tasarım tipi vardır.

1.6.4.1. Bağımsız PACS Modeli

Bağımsız modelin üç ana özelliği vardır.

- 1- Görüntüler arşiv sunucudan inceleme ve okuma iş istasyonlarına otomatik olarak gönderilir

- 2- İş istasyonları da arşiv sunucudan görüntüleri sorgulama ve çağırma yapabilirler
 3- İş istasyonlarının kısa vadeli tampon kayıt birimleri vardır
 Bağımsız PACS modelin veri iş akışı Şekil 4'te gösterilmektedir.



Şekil 4. Bağımsız mimarinin genel veri akışı

Yukarıdaki iş akışı sırası aşağıdaki gibidir.

- 1) Görüntü alma cihazlarından alınan incelemelerin görüntüleri PACS arşiv sunucusuna gönderilir.
- 2) PACS arşiv sunucu incelemeleri depolar.
- 3) Görüntünün kopyası teşhis ve tanıda kullanılacak okuma ve inceleme için belirtilen son kullanıcı iş istasyonlarına dağıtılır.
- 4) Daha önceki incelemeler sunucudan çağrılarak ayrıştırılır ve görüntünün bir kopyası belirtilen son kullanıcı iş istasyonlarına gönderilir.
- 5) PACS incelemelerine geçici istek sorgu/geri çağırma yolu ile son kullanıcı iş istasyonlarından istenir.

6) Son kullanıcı iş istasyonu PACS incelemelerinin sınırlı sayısını yerel depolama tamponunda bulundurur.

Avantajları:

Eğer PACS sunucu çökerse, görüntü alma aygıtları veya görüntü alma ağ geçitleri doğrudan son kullanıcı iş istasyonuna gönderme esnekliğine sahip, bu yüzden radyolojist yeni durumları okumaya devam edebilir.

PACS incelemelerinin çoklu kopyası sistem içerisinde dağıtıldığı için PACS verisini kaybetme riski daha azdır.

Bazı eski PACS incelemeleri iş istasyonlarından ulaşılabilir olacaktır, çünkü yerel depolama tamponları vardır.

Sistem günlük ağ performansındaki değişikliklerden daha az etkilenme eğilimindedir çünkü PACS incelemeleri son kullanıcı iş istasyonlarının yerel depolama tamponlarına daha önceden yüklenmişlerdir ve doğrudan doğruya görüntülemek için ulaşılabilirlerdir.

İncelemedeki DICOM başlığındaki kalite kontrol için yapılacak olan değişiklikler arşivlenmeden önce yapılabilir.

Dezavantajları

Son kullanıcı her zaman mümkün olmayan PACS incelemelerinin doğru dağıtımının olduğuna güvenmelidir.

Resimler belirtilen iş istasyonuna gönderildiğinden, her iş istasyonu, bir ayarla herhangi iş istasyonunda okuma/görüntüleme incelemelerini zahmetli yapan farklı iş listesine sahip olabilir.

Son kullanıcılar istemci/sunucu modeli ile karşılaştırıldığında karmaşık bir fonksiyon olabilen geçici PACS incelemelerini arşivden sorgulama/getirme yapan fonksiyona bağlıdır.

Radyolojistler farklı iş istasyonlarından aynı anda aynı PACS incelemesini okuyabilirler çünkü inceleme birkaç ayrı iş istasyonuna gönderilmiş olabilir.

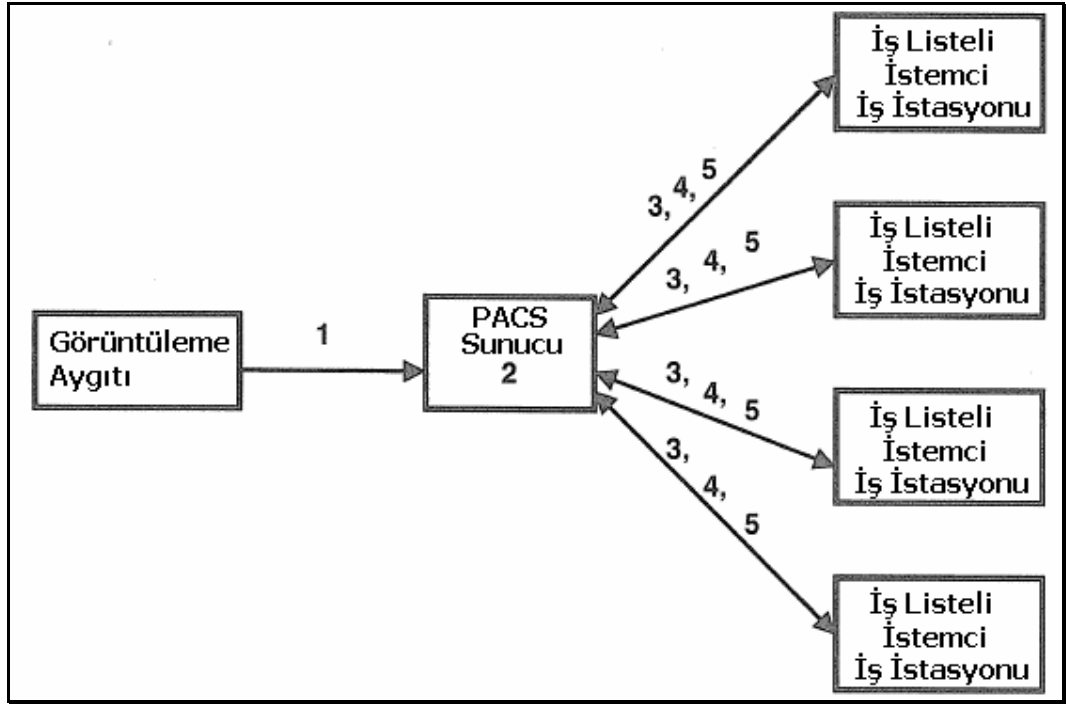
1.6.4.2 İstemci/Sunucu Modeli

İstemci/Sunucu modelin üç ana özelliği vardır.

- 1- Görüntü merkezi PACS sunucuda arşivlenir.
- 2- İstemci iş istasyonundaki tek iş listesinden arşiv sunucu üzerinden bir son kullanıcı görüntüyü seçer
- 3- İş istasyonlarının yerel depolama tamponu olmadığından, görüntü okunduktan sonra hafızadan atılır.

İstemci/sunucu PACS modelindeki Şekil 5'te gösterilen veri iş akışı aşağıda sıralanmıştır.

- 1- Görüntü alma cihazlarında alına incelemedeki görüntü PACS arşiv sunucuya gönderilir.
- 2- PACS arşiv sunucu incelemeyi depolar.
- 3- Son kullanıcı iş istasyonunun veya istemci iş istasyonunun arşiv sunucudaki bütün hasta/çalışma veritabanına ulaşma yetkisi vardır. Son kullanıcı kayıtlar üzerinde daha kolay dolaşım için iş listesindeki öğelerin sayısını azaltacak, ana iş listesinde daha önceden belirlenmiş olan filtreyi değiştirebilir.
- 4- İnceleme iş listesinde bulunup seçilir seçilmez, PACS incelemesindeki görüntü sunucudan doğrudan görüntülemeyi yapacak olan istemci iş istasyonunun belleğine yüklenir. Daha önceki PACS incelemeleri de aynı yöntemle yüklenir.
- 5- Son kullanıcı incelemeyi okuma/tekrar gözden geçirme işlemini tamamlar tamamlamaz istemci sunucunun yerel depolama alanında herhangi bir görüntü verisi bırakılmaz.



Şekil 5. İstemci/Sunucu mimarisi genel veri akışı.

Avantajları:

- 1- Herhangi bir PACS incelemesi herhangi bir zamanda herhangi bir son kullanıcı iş istasyonundan okuma/yenileme için ulaşılabilir.
- 2- Herhangi bir ön araştırma veya dağıtım ihtiyacı yoktur.
- 3- Sorgu/geri çağırma (query/retrieve) fonksiyonlarına ihtiyaç yoktur. Son kullanıcı istemci iş istasyonundaki iş listesinden incelemeyi seçer ve görüntü otomatik olarak yüklenir.
- 4- Bir PACS incelemesinin ana kopyası PACS sunucuda tutulduğu ve istemci iş istasyonları ile paylaşıldığı için, radyolojistler aynı inceleme üzerinde aynı anda okuma yaptıklarında haberdar olacaklardır ve bu eş zamanlı okumaları önleyecektir.

Dezavantajları:

- 1- PACS sunucu tek hata noktasıdır; eğer o çökerse tüm PACS çöker. Bu durumda son kullanıcılar istemci iş istasyonlarındaki herhangi bir incelemeyi görüntüleyemeyeceklerdir. Yakın zamanda alınan incelemeler sunucu tekrar devreye girene kadar görüntü alma cihazlarındaki arşivde saklanmalıdır.

- 2- İstemci/sunucu mimarisinde daha çok veritabanı bağlantısı (transaction) olduğundan sistemi, bağımsız mimari ile karşılaştırıldığında daha güçsüz yapan daha çok bağlantı hatasına maruz kalır,.
- 3- Mimari ağ performansına çok bağımlıdır.
- 4- Kalite kontrol için incelemedeki DICOM başlıklarının değiştirilmesi arşivlenmeden önce mümkün değildir.

1.6.4.3 Web-Tabanlı Model

Web-Tabanlı PACS modeli veri akışı bakımından istemci/sunucu mimarisine benzerdir. Aslında ana fark istemci yazılımının web-tabanlı uygulama olmasıdır.

İstemci/sunucu ile karşılaştırıldığında ek avantajları:

- 1- İstemci iş istasyonu donanımı web-gezgincisinin desteklediği sürece platformdan bağımsızdır.
- 2- Sistem yerinde veya evden internet bağlantısıyla kullanılabilir bütünüyle taşınabilir bir uygulamadır.

İstemci/sunucu ile karşılaştırıldığında ek dezavantajları:

Web-Gezgincisi tarafından sistemde bir miktar işlevsellik ve performans sınırlaması olabilir.

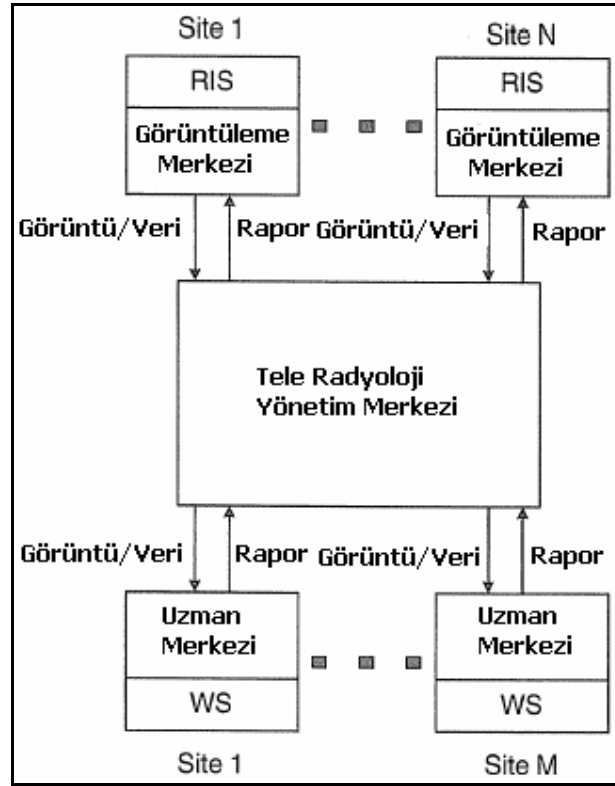
1.6.5. PACS ve Tele radyoloji

Bu bölümde PACS ve Tele radyoloji arasındaki ilişkiden bahsedilecektir. İki başlık, saf tele radyoloji ve PACS ve tele radyoloji birleşimi modelinden bahsedilecektir.

1.6.5.1. Saf Tele radyoloji Modeli

Tele radyoloji Şekil 6'da gösterildiği gibi bağımsız saf bir tele radyoloji modeli olabilir. Bu model birçok görüntüleme merkezinden ve radyolojik inceleme hizmet birimi olan küçük hastanelerden daha iyi hizmet verir ama okuma işlemlerini kapatacak dahili

radyolojistler yoktur veya yeterli değildir. Bu modelde tele radyoloji yönetim merkezi bir ekran olarak hizmet verir. Bir çok farklı görüntü merkezlerinden görüntüleri alır (1,...,N), kayıt tutar ama görüntüleri tutmaz, görüntüleri okuma için farklı uzman merkezlerine (1,...,M) yönlendirir. Raporlar yönetim merkezine geri döner, okumaları kaydeder ve raporları uygun görüntüleme merkezine iletir. Yönetim merkezi faturalandırma ve görüntü dağıtımı ve iş yükü dengelemesi gibi diğer yönetimsel işlemlerden de sorumludur. Görüntüleme merkezleri, yönetim merkezi ve uzman merkezleri arasında, maliyet ve gereksinime bağlı olarak çeşitli performanslarda ağ kullanılarak birleştirilebilir. Bu model gece veya hafta sonu çalışan yerlerde çok kullanılır.



Şekil 6. Saf Tele radyoloji Modeli

1.6.5.2. PACS ve Tele radyoloji Birleşik Modeli

PACS ve tele radyoloji Şekil 7’da gösterildiği gibi birleştirilebilir. İki ana bileşen, üst noktalı dikdörtgen alanın içinde gösterilen PACS ve alt noktalı dikdörtgen alanda gösterilen saf tele radyoloji modelidir. Bu modelin iş akışı aşağıdaki gibidir:

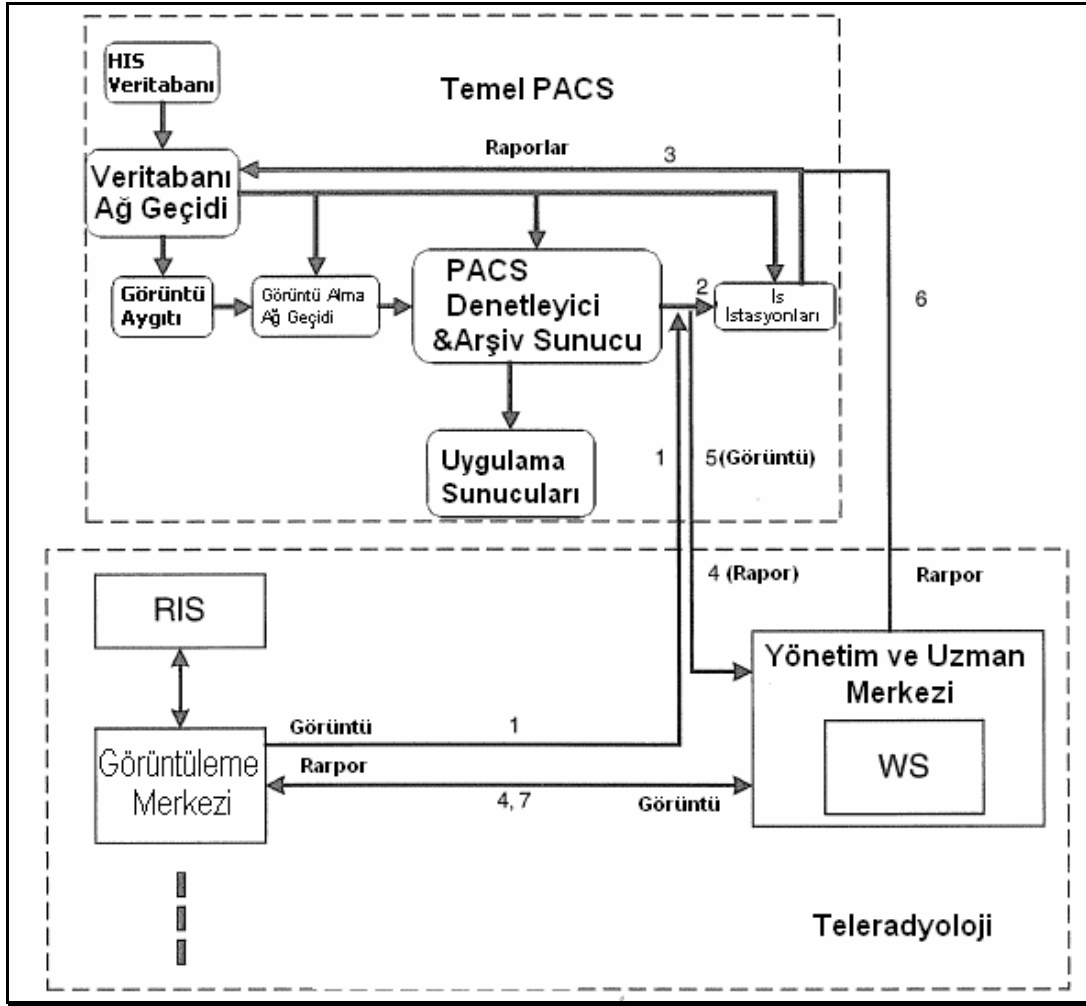
PACS dışarıdaki görüntüleme merkezlerinden incelemeleri okuyabilir(1).

Dâhili radyolojistler dâhili iş istasyonlarından dışarıdaki görüntüleri okurlar (2), raporlar kendi yerel kayıtları için veritabanı geçidine (3) ve görüntüleme merkezlerinin raporlarını gönderecek uzman merkezlerine gönderilir (4).

PACS incelemeleri doğrudan okuma için dışarıdaki uzman merkezine de gönderebilir (5). Uzman merkezi raporları PACS veritabanı girişine döndürür (6).

Görüntüleme merkezi görüntüleri saf tele radyoloji modelinde olduğu gibi uzman merkezine gönderebilir (7).

Birleştirilmiş tele radyoloji ve PACS modeli genellikle ikincil görüntüleme merkezi olan sağlık merkezlerinde veya hastane ile görüntüleme merkezi arasındaki yedekleme radyoloji birimlerinde kullanılır.



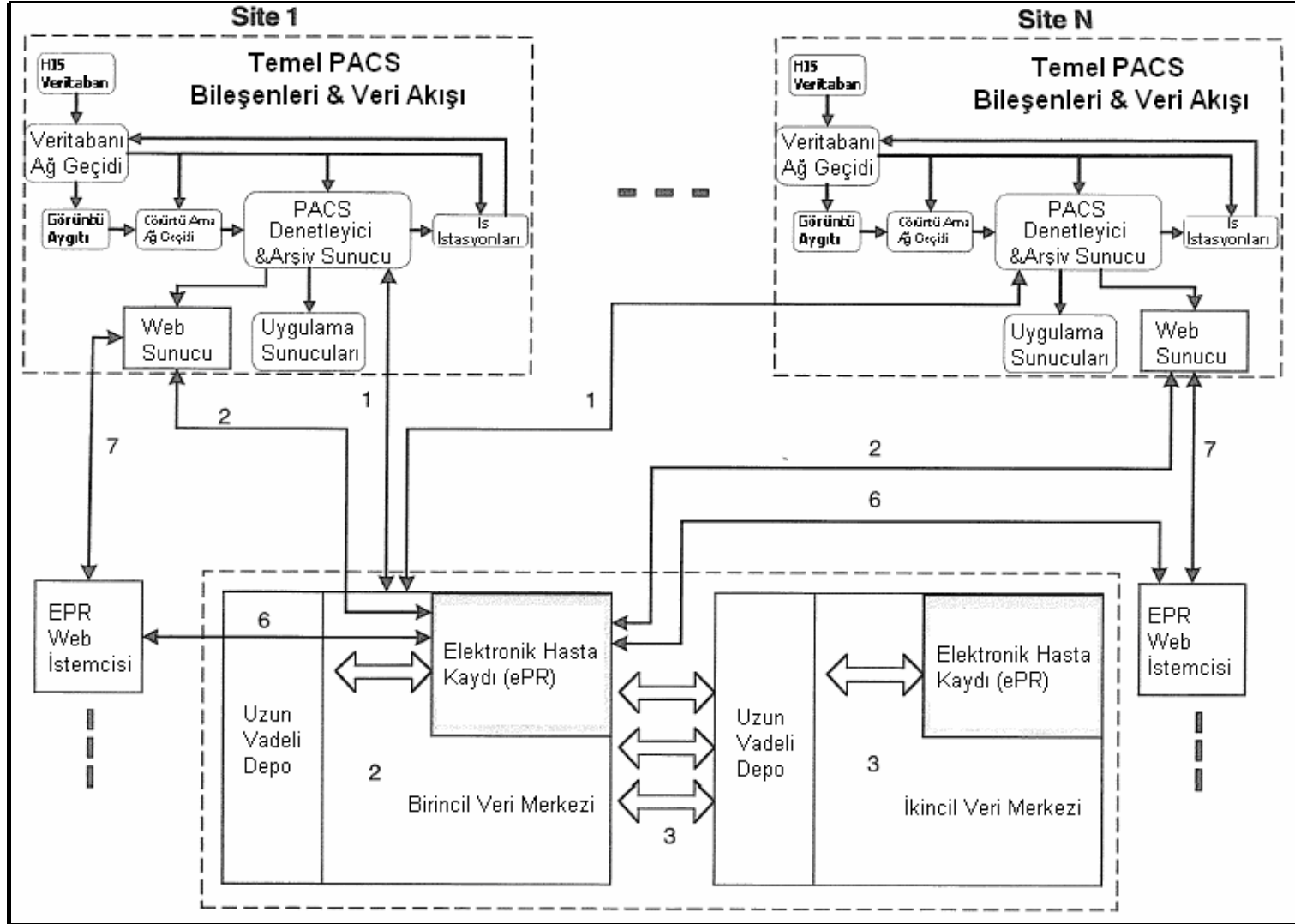
Şekil 7. PACS ve tele radyoloji birleşik modeli

1.6.6. Enterprise PACS ve Görüntülü ePR

Enterprise PACS çok geniş ölçekli PACS sistemlerinin birleşmesidir. Günümüzün geniş ölçekli sağlık bilimleri dağıtım sisteminde gittikçe yaygın hale gelmektedir. Şekil 8 genel mimariyi göstermektedir. Genel mimaride üç ana bileşen girişimdeki her hastanede bulunan PACS, girişim veri merkezi ve girişim ePR'dir. Genel iş akışı aşağıdaki gibidir:

- Girişim veri merkezi girişimdeki tüm PACS sistemlerini destekler
- PACS sistemindeki hasta görüntüleri ve veri uzun vadeli arşivleme işlemi için girişim veri merkezine gönderilir (1).

- C. Her sitenin web sunucusunda bulunan filtrelenmiş hasta görüntü ve verileri birincil veri merkezinde bulunan elektronik hasta kayıt sistemine (ePR) gönderilir (2). ePR sistemi filtrelenmiş görüntülerle web tabanlıdır.
- D. Veri merkezi, tek hata noktası (Single Point Of Failure – SPOF) olan, ikincil veri merkezi tarafından yedeklene bir tane birincil veri merkezine sahiptir (3).
- E. Birincil veri merkezinde, ePR (4) bütün girişim sitelerinden görüntülü elektronik hasta kayıtlarının birleştirilmesinden sorumludur. ePR ikincil veri merkezinde bir yedekleme birimine sahiptir (5).
- F. ePR web istemcileri girişimin tamamına, girişim veri merkezi ePR (6) sistemi veya kendi web sunucusu üzerinde bulunan kendi sitesi üzerinden girişimdeki herhangi bir siteden görüntülü elektronik hasta kaydına ulaşabilir.



Şekil 8. Enterprise (Girişim) PACS ve görüntülü ePR

1.7. Endüstri Standartları ve İş Akışı Protokolleri

Görüntülerin ve text bilgilerin sağlık bilimleri bilgi sistemlerinde iletilmesi iki sebepten dolayı her zaman zor olmuştur. Birincisi, bilgi sistemleri farklı bilgisayar platformları kullanmaktadırlar. İkincisi ise, görüntü ve veri farklı üretici firmalar tarafından geliştirilen çeşitli görüntüleme cihazları tarafından oluşturulmaktadır. Ortaya çıkan HL7 (Health Level 7) ve DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) sağlık endüstrisi standartları ile heterojen ve tamamen farklı tıbbi görüntü ve text bilgiyi düzenlenmiş bir sistem halinde birleştirmeyi mümkün kılmıştır. İki sağlık birimi bileşenini bağlamak için iki bileşene ihtiyaç vardır, ortak bir veri biçimi ve iletişim protokolü. HL7 standart bir text veri biçimidir oysa DICOM veri biçimi ve iletişim protokolünü içerir. HL7 standartlarına uyarak hastane bilgi sistemi (HIS), radyoloji bilgi sistemi (RIS) ve PACS arasında sağlık bilgilerini paylaşımak mümkündür. DICOM standardına adapte olarak çeşitli üretici firmalar tarafından üretilen görüntü alma cihazları tarafından oluşturulan görüntüler birleşik sağlık bilimleri sistemleriyle bağlanabilir. Bu iki standart tartışılması gereken iki başlıktır. Üçüncüsü ise, bu standartlara adapte olmayı sağlayan bir model olan IHE (Integrating the Healthcare Enterprise)'dir. Son başlık tıbbi bilişim teknolojilerinde ve tıbbi görüntüleme yaygın olarak kullanılan bazı işletim sistemleri ve programlama dilleridir.

1.7.1. Health Level 7 Standardı

HL7, sağlık bilimleri çevre birimleri ve özellikle hastane uygulamaları için elektronik veri alışverişi standardı geliştirilmek için düzenlenmiş bir kullanıcı destek komitesi tarafından Mart 1987'de kurulmuştur. HL7 standardındaki "Seviye Yedi" OSI (Open Systems Interconnection) iletişim seviye modellerinin uygulama seviyesini yani en üst seviyeyi gösterir. Ortak amaç bir çok satıcı tarafından üretilen bilgisayar uygulamaları arasındaki implementasyon arayüzünü kolaylaştırmaktır. Bu standart, HIS, RIS ve PACS gibi sağlık bilimleri bilgi sistemleri arasında belirli bir anahtar text veriyi ve veri biçimini vurgulamaktadır[4].

HL7 ISO'nun (International Standards Organization) OSI modelinin en yüksek seviyesini (Seviye 7) belirtmektedir ama OSI'nin yedinci seviyesindeki tanımlanan

öğelere belirli bir biçimde uymamaktadır. OSI modelinin yedinci seviyesinde yer alan uygulamadan uygulamaya (application-to-application) arayüzüne kavramsal tanımlama olarak uymaktadır. Bu tanımlamalar sağlık birimlerindeki iletişim ayarlarını kolaylaştırmak için, karakter dizisindeki güncel mesajlardaki harfleri karşılaştırarak gerçek dünya olaylarıyla ortak soyut mesajları dönüştüren gerçekleyici kurallar geliştirilmiştir. Güncel bir örnek verecek olursak:

VM işletim sistemli IBM mainframe bilgisayar üzerinde çalışan HIS, Windows işletim sistemli PC üzerinde çalışan RIS ve UNIX işletim sistemli SUN Workstation üzerinde çalışan PACS üç popüler bilgisayar platformunda kullanılsın. Bu üç işletim sistemi arasında TCP/IP iletişim protokolünü uygulama katmanında HL7 veri biçimi ile kullanarak veri bağlantısı kurulmasını gerektirir.

Herhangi bir olay olduğunda, örneğin hasta kabulü, çıkışı veya aktarılması gibi, HIS'teki IBM bilgisayar, gelecek görevin üslenecek olan RIS'te bulunan uzak UNIX veya Windows sunucusunda bu mesajın başlatılmasının takip edilmesinden sorumludur. Eğer mesaj HL7 biçimindeyse, UNIX veya Windows mesajı ayrıştırır, yerel veritabanını otomatik olarak günceller ve IBM'e doğrulama mesajı gönderir. Aksi halde, "red" mesajı gönderilecektir.

HL7 standardında basit veri birimi bir mesajdır. Her mesaj tanımlanmış bir sırada çoklu parçalardan oluşmaktadır. Her parça çoklu veri alanlarından oluşur ve önceden belirlenmiş üç harfli bir kodla eşsiz (unique) tanımlanır. Mesajdaki ilk bölüm amaç, kaynak, hedef ve mesaj kontrol tanımlaması ve zaman damgası gibi konu ile ilgili bazı bilgileri içeren 3 harfli MSH kodundan oluşan mesaj başlığıdır. Diğer bölümler oyalı bağlıdır. Her bölümün içinde ilişkili bilgiler HL7 protokolü bazında birleştirilmiştir. Hasta girişi gibi tipik bir mesaj aşağıdaki bölümleri içerebilir [26].

MSH – Mesaj başlık bölümü (Message Header Segment)

ENV – Olay tipi bölümü

PID – Hasta tanımlama bölümü (Patient Identification Segment)

NK1 – Gelecek Akrabası bölümü (Next of Kin Segment)

PV1 – Hasta Vizite bölümü (Patient Visit Segment)

Bu hasta kabul mesajında hasta tanımlama bölümü bölüm başlığını ve hasta adı, doğum tarihi, cinsiyeti diğer demografik bilgileri içerebilir. Alanlar arasındaki ve alan

içindeki ayırıcılar mesajın başlık bölümünde tanımlanmıştır. Aşağıda ameliyat için kabul edilen bir hastanın HL7 protokolünde iletim mesaj örneği gösterilmektedir.

(1) Mesaj başlığı bölümü

```
MSH||STORE|HOLLYWOOD|MIME|VERMOT|200305181007|security|ADT|
MSG00201|||<CR>
```

(2) Olay tipi bölümü

```
EVN|01|200305181005||<CR>
```

(3) Hasta tanımlama bölümü

```
PID|||PATID|1234567||Doe^Joe^B^B^||19470701|M|C|
3976 Sunset Blvd^Los Angeles^CA^90027||323-681-2888||||||<CR>
```

(4) Gelecek akrabası bölümü

```
NK1|Doe^Linda^E|wifel<CR>
```

(5) Hasta vizite bölümü

```
PV1|||100^345^01|||00135^SMITH^WILLIAM^K||SURI|ADM|<CR>
```

Bu beş bölümü birleştirerek şu şekilde çeviri yapılabilir: “Hasta John B. Doe, II, erkek, Kafkasyalı, 1 Temmuz 1947 doğumlu, Los Angeles’te yaşıyor, cerrahi için Doktor William K. Smith (#00135) tarafından 18 Mayıs 2003’te saat 10:05’te kabul edilmiş. Hastaya 100 numaralı bakım bölümünde 345 numaralı oda, 01 numaralı yatak tahsis edilmiştir. Refakatçi akrabası Linda E. Doe, Eşi. ADT (Admission, discharge, transfer) 201 numaralı mesaj Hollywood Sitesinden sistem STORE mesajı Vermot sitesine MIME mesajı olarak aynı tarihte kabulden 2 dakika sonra gönderilmiştir.”

“|” simgesi veri dosyası ayırıcısıdır. Eğer alana hiç veri girilmemişse “|” simgesini takiben bir boşluk kullanılmaktadır.

HIS ve RIS arasındaki veri iletişimi olaya dayalıdır. Bir ADT olayı gerçekleştiğinde, HIS otomatik olarak RIS’e HL7 biçimine uygun bir yayın mesajı gönderir. RIS mesajı ayrıştırır ve olaya göre hastanın veritabanındaki demografik verisini ekler, günceller ve düzenler. Benzer olarak, RIS HL7 biçimli ADT mesajını, inceleme raporları ve prosedürel tanımlamaları PACS’e yollayacaktır. PACS veriyi kabul edip doğruladıktan sonra uygun veritabanını güncelleyecek ve herhangi gerekli bir sonraki işlemleri başlatacaktır [26].

1.7.2. ACR-NEMA ve DICOM

ACR-NEMA, resmen Amerikan Radyoloji Koleji (American College of Radiology) ve Ulusal Elektrikli Eşya Üreticileri Birliği (National Electrical Manufacturers Association) olarak bilinen ve çeşitli tıbbi donanım satıcıları için ortak zemin olarak standart geliştirilmek için oluşturulmuş bir komitedir. Amaç yeni geliştirilen aletlerin paylaşılan tıbbi görüntü bilgilerine katılmak için, özellikle PACS çevre birimleri ile haberleşebilmelerini sağlamaktır. Komite bilgi alışverişi, birlikte bağlanabilirlik ve tıbbi sistemler arasında iletişim gibi ana başlıklara odaklanmış olarak 1982'de çalışmaya başlamıştır. 1985'te ortaya çıkan ilk sürüm, noktadan-noktaya mesaj iletimi, veri biçimlendirme, sunum ve bir çok iletişim komutunun ön hazırlığı ve veri biçimlendirme sözlüğünün standartlarını belirtmiştir. 1988'de yayınlanan ikinci sürüm ACR-NEMA 2.0 ilk sürümün geliştirilmiş halidir. Standart veri sözlüğü kadar donanım tanımlamaları ve yazılım protokollerinin ikisini de içermektedir. Bu iki sürümde de ağ kurma meselesi yeterince belirtilmemiştir. Bu sebepten dolayı ağ protokollerini amaçlayan yeni versiyon 1992'de piyasaya çıkarılmıştır. Değişiklik ve eklentilerin öneminden dolayı yeni bir isim verilmiştir: Tıpta Dijital Görüntüleme ve İletişim (Digital Imaging and Communication in Medicine – DICOM 3.0). 1996'da, gelecek DICOM yeni sürümü ve bölümlerini temel alan yayınlanmış 13 bölümden oluşan yeni sürüm piyasaya çıkarılmıştır. Üreticiler kendi görüntüleme ürünlerinde bu sürüme kolayca uyum sağlamışlardır[16].

Her DICOM belgesi bir başlık ve PS 3.X-YYYY şeklinde bir standart numara (burada X bölüm numarası ve YYYY yayın yılı) ile tanımlanır. Öyle ki PS 3.1-1996, 1996 da piyasaya çıkan DICOM 3.0 belgesi birinci bölüm (Giriş ve Tanıtım – Introduction and Overview) anlamına gelir. Karmaşıklığına ve standartların katılımının bir çok kere arttırılmış olmasına rağmen, DICOM bir önceki ACR-NEMA sürümü ile uyumlu kalmıştır. DICOM'daki iki en ayırt edici yeni özellik, mesaj alışverişindeki nesne yönelimli veri modeline uyumluluk ve mevcut olan standart ağ iletişim protokollerinden yararlanmadır[8,10].

1.7.2.1. DICOM'un Amaçları

DICOM standardı uyumluluk isteyen aygıtların birlikte çalışabilirliğini kolaylaştırır. Özellikle:

- Birleşik veri ve komutların anlamlarını ifade eder.
- Dosya servislerinin anlamlarını, dosya biçimlerini ve çevrim dışı iletişim için bilgi dizinlerini ifade eder.
- Standardın hayata geçirilmesinin uyum gereksinimlerini açıkça tanımlar. Özellikle uyum cümlecği, birlikte çalışılacak uyum gösteren diğer aygıt için tanımlanan fonksiyonlar için yeterli bilgiyi belirtmelidir.
- Ağ çevre birimlerindeki işlemleri kolaylaştırır.
- Yeni servislerin katılımına açık yapıdadır. Bu yüzden gelecekte geliştirilecek olan tıbbi görüntüleme uygulamaları için desteği kolaylaştırır.
- Uygulanabilir bulunan uluslar arası standartlar kullanılır ve uluslar arası standartların kurulmuş dokümantasyon yönergesine riayet eder[16].

DICOM standardının PACS çözümlerinin implementasyonunu kolaylaştırma potansiyeli olsa da, bu standardın kullanılması tek başına PACS'in tüm amaçlarına ulaşmasını garanti etmez. Bu standart, farklı üreticiler tarafından üretilen ve uyum gösterme eğiliminde olan aygıtlarının birlikte çalışabilirliklerini kolaylaştırır. Ama kendi yapmaz sadece birlikte çalışabilirliği garanti eder. Bu standart radyoloji, kardiyoloji ve ilişkili disiplinler tarafından uygulanan tıbbi görüntü tanısını vurgulamak için geliştirilmiştir. Aslında klinik ve tıbbi çevre birimlerindeki geniş ölçekli görüntü ve görüntü dışındaki bilgilerin alış verişinde uygulanabilir [25].

1.7.2.2. DICOM Veri Biçimi

Bu bölümde DICOM veri biçiminde iki başlıktan bahsedilecektir: Gerçek Dünya DICOM modeli ve DICOM dosya biçimi. İlki; hasta, çalışmaları, serileri ve görüntü ve dalga boylarından hiyerarşik olarak tanımlanan veri yapıları kullanılır. İkincisi; bir DICOM dosyasını DICOM SOP servisine hazır hale getirmek için nasıl kullanacağımızdır.

1.7.2.3. Gerçek Dünya DICOM Modeli

Gerçek dünya DICOM modeli klinik görüntü alanında (ör: Hasta, Çalışma, Seri, Görüntü vb.) birçok gerçek dünya nesnelere ve onların DICOM standardı kapsamındaki birbiri ile olan ilişkilerini tanımlar. Çeşitli Bilgi Nesnelere Tanımlamaları (Information Object Definitions – IOD) için bir çatı sağlar. DICOM modeli dört seviye nesne tanımlar: Hasta, Çalışma, Seri ve Donanım, Görüntü, Dalga boyu ve Yapısal Rapor (Structured Report - SR) belgesi. Yukarıdaki seviyelerin her bir farklı sayıda alt seviyeler içerebilir.

1.7.2.4. DICOM Dosya Biçimi

DICOM dosya biçimi her DICOM dosyasındaki SOP DICOM veri setlerinin nasıl yerleştirileceğini tanımlar. Her dosya genellikle bir SOP elemanını içerir. Bir DICOM dosyası DICOM meta bilgisi ile başlar, bunu DATE SET'lerin bit dizisi takip eder ve eğer DICOM görüntü dosyası ise görüntünün piksel verisi ile biter. DICOM dosyasının meta bilgisi dosya ile ilgili tanımlama bilgilerini içerir. Meta bilgisi kodlama için Açık VR (Explicit Value Representation) Transfer Sentaksını kullanır. Bu yüzden, Implicit VR-encoded DICOM dosyasında meta bilgisi bulunmaz. Explicit VR ve Implicit VR DICOM'da iki kodlama yöntemidir. Üreticiler veya uygulayıcılar bu kodlamaya yöntemlerinden birini seçme şansları vardır. Bu iki yöntemle kodlanan DICOM dosyaları DICOM destekleyen yazılımların çoğu ile işlenebilir. Explicit VR ile Implicit VR arasındaki fark ikincisi VR kodlama kullanmazken birincisi VR kodlama kullanmaktadır. Örneğin, "CT" görüntü için Implicit VR ve Explicit VR aşağıdaki gibi olacaktır:

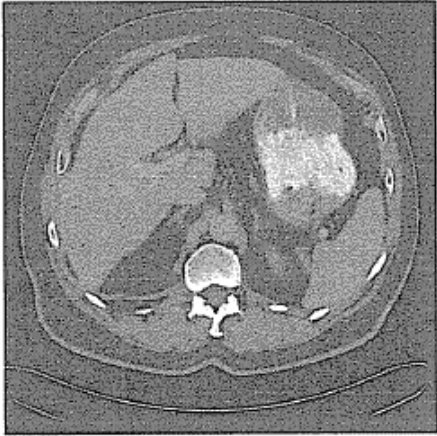
08 00 60 00 02 00 00 00 43 54	Implicit VR
08 00 60 00 43 53 02 00 43 54	Explicit VR

Yukarıdaki kodlamalarda ilk dört bayt (08 00 60 00) etikettir. Implicit VR'de sonraki dört byte (02 00 00 00) veri elemanın değerinin uzunluğu içindir ve son iki bayt (43 54) eleman değeridir (CT). Explicit VR'de ilk 4 bayt etikettir, sonraki iki bayt (43

53) DICOM’da bir VR tipi olan CS’nin (Code String) gösterilmesidir. Sonraki iki bayt (02 00) elemanın değerinin uzunluğu içindir ve son iki baytta (43 54) eleman değeridir.

Bir veri kümesi bir tek SOP örneğini temsil eder. Bir veri kümesi veri elemanlarından oluşturulmuştur. Veri elemanları DICOM nesnesinin özelliklerinin kodlanmış değerlerini içerir. Eğer SOP örneği bir görüntü ise DICOM dosyasının son bölümü piksel veridir. Görüntü piksel verisi için etiket 7FE0 0010’dur.

Şekil 9 Implicit VR little-endian yöntemi ile kodlanmış CT DICOM dosyasını göstermektedir.

Eleman Etiket ve Değeri	İkili Kodlama
0008,0000, 726	08 00 00 00 04 00 00 00 D6 02 00 00
0008,0005, ISO.IR 100	08 00 05 00 0A 00 00 00 49 53 4F 5F 49 52 20 31 30 30
0008,0016, 1.2.840.10008.5.1.4.1.1.2.	08 00 16 00 1A 00 00 00 31 2E 32 2E 38 34 30 2E 31 30 30 30 38 2E 35 2E 31 2E 34 2E 31 2E 31 2E 32 00
0008,0060, CT	08 00 60 00 02 00 00 00 43 54
0008,1030, Abdomen.1abdpelvis	08 00 30 10 12 00 00 00 41 62 64 6F 6D 65 6E 5E 31 61 62 64 70 65 6C 76 69 73
...	...
	E0 7F 10 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 20 00 25 00 1° 00 19 00 1C 00 14 00 2D 00

Şekil 9. Implicit VR little-endian Yöntemi İle Kodlanmış bir CT DICOM dosyası

Yukarıdaki şekilde, Eleman Etiket ve Değeri sütununda “0008,0000” değerinde, 0008 grubun etiketi, 726 grup uzunluk değeridir. Yani bu grupta 726 bayt vardır. Bu etikete karşılık gelen ikili kodlama ve değeri aynı sütunda, “İkili kodlama” sütununda gösterilmektedir. Takip eden satırlar “Özel karakter seti”, “SOP Sınıf UID”, “Modalite”

ve ‘‘Çalışma Tanımlamaları’’ etiket ve değerlerinin karşılık gelen ikili kodlamalarıdır. Görüntünün piksel verisi 0008 Grubunda değildir. Onun etiketi ‘‘7FE0 0000’’ ve devam eden etiket piksel verisinin kodlamasıdır. Eleman etiket ve verisi ‘‘0008 ...’’ little-endian’dan dolayı (byte swapping) ‘‘08 00 ...’’ haline gelmektedir[10].

1.7.2.5. Nesne Sınıfı

DICOM nesne sınıfı normalleştirilmiş ve bileşik nesne sınıflarından meydana gelir. Normalleştirilmiş bilgi nesne sınıfları gerçek dünyaya has sunulan varlıkların özelliklerini içerir. Tablo 5’deki sol sütunda bazı normalleştirilmiş nesne sınıfları gözükmektedir.

Tablo 5. DICOM bilgi nesnesi sınıfları

Normalleştirilmiş	Bileşik
Hasta	CR (Computed radiograph)
Çalışma	CT (Computed tomogram)
Sonuçlar	Sayısallaştırılmış film görüntüsü
Depolama kaynaęı	MR Görüntüsü
Görüntü ek açıklamaları	Nükleer tıp görüntüsü
	Ültrason görüntü
	Grafikler

İki normalleştirilmiş nesne sınıfını düşünelim: Çalışma bilgisi ve hasta bilgisi. Çalışma bilgisi nesne sınıfında çalışma tarihi ve görüntü tarihi bu nesnedeki özelliklerdir çünkü bu özellikler çalışmanın yapıldığı zamanla özdeştir. Diğer taraftan hasta adı çalışma bilgisi nesne sınıfının bir özelliği değildir ama hasta bilgisi nesne sınıfının bir özelliğidir. Bu çalışmanın kendisi ile değildir, çünkü hastanın adı gerçekleştirilen çalışmanın hasta bilgisi nesne sınıfına özgü bir özelliktir. Bilgi nesnelerinin sınıfının kullanımı tıbbi görüntü uygulamalarında karşılaşılan nesnelere daha kesin ve birden fazla anlama gelmeyecek şekilde tanımlanmalarını sağlayabilir. Bu sebepten dolayı, DICOM 3.0’da tanımlanan nesnelere çok titizlikle tanımlanmıştır.

Ancak, bazen işlemleri kolaylaştırmak için normalleştirilmiş nesne sınıflarını bileşik bilgi nesne sınıflarının formuyla birleştirmek avantajlı olabilir. Bir örnek verecek

olursak, Computed Radiograph görüntü bilgi nesne sınıfı bileşik bir nesnedir çünkü o çalışma bilgisi nesne sınıfından (görüntü tarihi, zamanı, vb..) ve hasta bilgisi nesne sınıfından (hastanın adı vb.) özellikler içerir. Tablo 5'deki sağ sütun bazı bileşik bilgi nesnesi sınıflarını göstermektedir.

DICOM bir nesnenin özel bir kısmını tanımlamak için bir eşlenmez tanımlayıcı (unique identifier UID) kullanır: 1.2.840.10008.X.Y.Z. Buradaki numaralar organizasyonsal kök ve X, Y, Z'de parçaların tanımlanması için ek alanlar olarak bilinir. Örneğin little-endian transfer sözdizimi ile sunulan DICOM açık değerleri için UID 1.2.840.10008.1.2.1. UID'nin nesnenin bir parçasını tanımlamak için kullanıldığına dikkat edelim, o herhangi bir bilgi taşımaz.

1.7.2.6. DICOM Servisleri

DICOM servisleri bir aygıt içerisindeki görüntüleme bilgi nesnelerinin iletişimi için ve nesne için bir işlemi gerçekleştirecek bir aygıt için, örneğin, bir nesneyi depolayacak, görüntüleyecek vb. aygıt için kullanılır. Bir servis DIMSE'lerin (DICOM Message Service Element – DICOM Mesaj Servis Elemanı) bir seti olarak oluşturulur. Bu DIMSE'ler özel işlemleri gerçekleştirmek için yazılmış bilgisayar programlarıdır. İki tip DIMSE vardır; biri normalleştirilmiş nesnelere için ve diğeri bileşik nesnelere için. Bunlar sırasıyla Tablo 6 ve Tablo 7'de gösterilmektedir. DIMSE'ler bir aygıtın komut isteği ve alıcının buna göre cevap komutu şeklinde eşleştirilmiştir. Normalleştirilmiş komutlar daha özel iken bileşik komutlar genellenmiştir.

Tablo 6. Normalleştirilmiş DICOM Mesaj Servis Elemanları (DIMSE)

Komut	İşlev
N-EVENT-REPORT	Nesne ilişkili olay bilgisinin haber verilmesi
N-GET	Bilgi nesnesi özellik değerine erişim
N-SET	Bilgi nesnesi özellik değerinin belirlenmesi
N-ACTION	Bilgi nesne ilişkili eylemin belirlenmesi
N-CREATE	Bir bilgi nesnesinin oluşturulması
N-DELETE	Bir bilgi nesnesinin silinmesi

Tablo 7. Bileşik DICOM Mesaj Servis Elemanı (DIMSE)

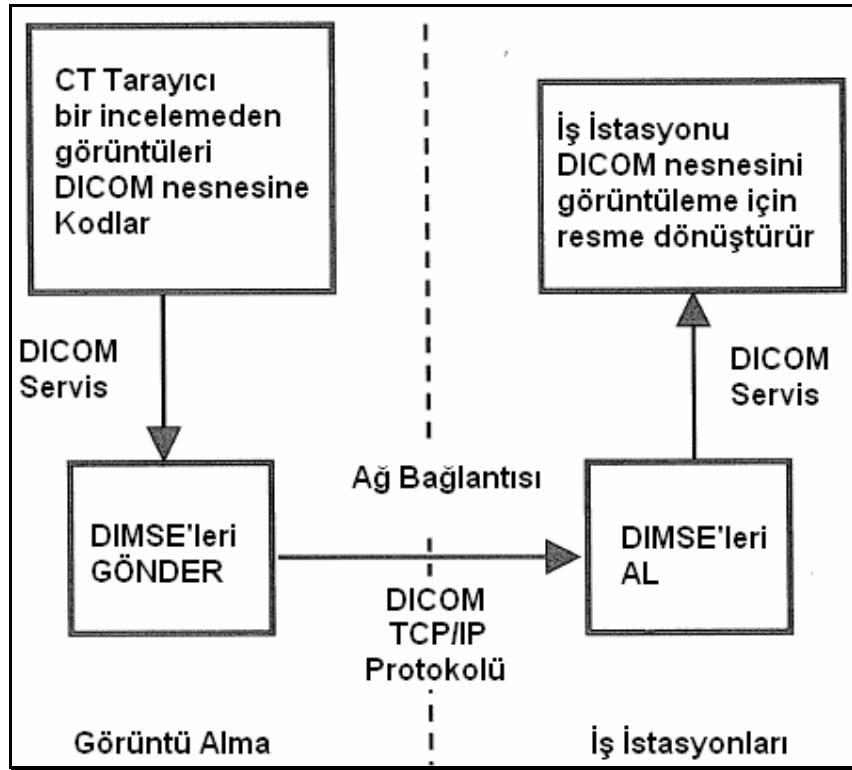
Komut	İşlev
C-ECHO	Bağlantının doğrulanması
C-STORE	Bir bilgi nesnesi örneğinin iletilmesi
C-FIND	Bilgi nesnesi örneği hakkında bilgi istemek
C-GET	Bir bilgi nesnesi örneğinin üçüncü parti uygulama yöntemi kullanarak iletimi
C-MOVE	GET'e benzer ama son alıcı genellikle komutu başlatan olmaz

DICOM servisleri kendi bilgi yapı modellerinin nesne yönelimli doğasından dolayı "Servis sınıfları" olarak atfedilir. Eğer bir aygıt bir servisi sağlarsa, o servis sınıf sağlayıcı olarak adlandırılır. Eğer bir servisi kullanıyorsa, o servis sınıf kullanıcıdır. Bu yüzden, mesela, PACS denetleyici sunucudaki bir manyetik disk görüntüleri tutan sunucu için bir servis sınıf sağlayıcısıdır. Bir aygıt nasıl kullanıldığına bağlı olarak, servis sınıf sunucu veya servis sınıf kullanıcıdan biri veya her ikisi de olabilir. Örneğin, tarayıcılardan görüntüleri alıp görüntüleme iş istasyonlarına dağıtan yönlendirme işlemi ile PACS denetleyici sunucu, depolama servis sınıf sağlayıcı ve depolama sınıfı kullanıcısı olarak her iki rolü de alır. Bir servis sınıf sağlayıcısı olarak, bu görüntüler için bir depolama servisi sağlayarak görüntüleri tarayıcılardan alır. Öte yandan, PACS sunucu görüntüyü depolaması için iş istasyonlarına servis isteği yayınlarak görüntüleri iş istasyonuna yollarken bir servis sınıf kullanıcıdır.

1.7.2.7. DICOM İletişimi

DICOM görüntü bilgilerinin iletimi için ISO-OSI (International Standards Organization Open System Interconnection) temelinde var olan ağ iletişim standartlarını kullanır. OSI-ISO en alt fiziksel katmandan (kablo) en üst uygulama katmanına kadar yedi katmandan oluşur. Görüntü bilgi nesneleri aynı aygıttaki katmanlar arasında gönderildiğinde işlem servisi olarak adlandırılır. Nesne iki aygıt arasında gönderildiğinde protokol olarak adlandırılır. Bir protokol istenildiğinde iki aygıt arasında birçok adımda işlemler gerçekleştirilir. Şekil 10 CT görüntüsünün tarayıcıdan iş istasyonuna DICOM ile taşınmasını göstermektedir. Bu işlem aşağıdaki sıra ile gerçekleşir.

- (1) CT tarayıcı tüm görüntüleri DICOM nesnesi olarak kodlar
- (2) Tarayıcı görüntüyü alt seviyeden ISO-OSI modelindeki fiziksel katmana taşımak için DIMSE'lerin bir takımının yardımına başvurur.
- (3) İş istasyonu fiziksel katmandan görüntü nesnelere almak ve belirlenen seviyeye taşımak için karşılık gelen DIMSE'leri kullanır.
- (4) İş istasyonu DICOM görüntü nesnesini çözer.



Şekil 10. CT görüntünün tarayıcıdan iş istasyonuna taşınması

Görüntü nesnesinin CT tarayıcıdan iş istasyonuna bu taşınması iletişim protokolünü, en yaygın olarak ta TCP/IP'i kullanır.

Eğer bir görüntüleme aygıtı bir görüntü nesnesini DICOM komutu kullanarak iletirse alıcı taraf bilgiyi almak için DICOM komutu kullanmak zorundadır. Öte yandan, eğer bir aygıt DICOM iletişiminden yardım istemeden TCP/IP iletişim protokolünü kullanarak bir ağ üzerinden bir DICOM nesnesini iletirse ağa bağlı aygıt TCP/IP protokolü ile veriyi alabilir. Ancak, DICOM nesnesini uygun kullanım için dönüştürmede hala bir dönüştürücüye ihtiyaç vardır.

1.7.2.8. DICOM Uygunluk

DICOM uygunluk PS 3.2-1996 DICOM belgesinin ikinci bölümünde üreticilere kendi aygıtlarını nasıl DICOM uyumlu yapacaklarının yolunu göstermektedir. Bir uygunluk cümlesinde üretici aygıt veya onunla ilgili yazılımın standartlara nasıl uyduğunu tam olarak belirtir. Uygunluk cümlesi bu aygıtın DICOM tarafından gerekli tüm ayrıntıları takip ettiği anlamına gelmez; bu aygıtın sadece DICOM'un belirli bir altkümesini takip ettiği anlamına gelir. Altkümenin kapsamı uygunluk cümlesinde tanımlanmıştır. Örneğin, bir lazer film sayısallaştırıcı, sayısallaştırılan görüntünün DICOM formatında olması için sadece minimum gereksinimlere uyum ihtiyacı vardır ve sayısallaştırıcı bir DICOM servis sınıf sağlayıcısı olan bir manyetik disk gibi ikinci bir aygıtla biçimlendirilmiş görüntüyü göndermek için servis sınıf kullanıcısı olmalıdır. Bu yüzden, eğer bir üretici kendi görüntüleme aygıtının DICOM uyumlu olduğunu iddia ediyorsa bu, üretici firmanın uyum belgelerini takip eden herhangi bir sistem birleştiricisinin diğer bir üretici firma tarafından üretilen DICOM uyumlu diğer bir aygıtla iletişime geçmesini sağlayabilecektir anlamına gelir [25].

1.7.3. IHE(Integrating The Healthcare Enterprise) Nedir?

DICOM ve HL7 standartlarının ulaşılabilir olmasına rağmen, heterojen sağlık bilimlerindeki sistemde bu standartların problem çıkarmadan nasıl kullanılacağı hususunda ortak bir fikir birliğine ihtiyaç vardır. IHE ne bir standarttır ne de doğrulama yapan otoritedir. IHE, DICOM ve HL7 standartlarına uyum sürecinde yüksek seviye bir bilgi modelidir. IHE RSNA (Radiological Society of North America) ve HIMSS (Healthcare Information and Management System Society) arasında 1998'de başlayan bir girişimdir. Görev üreticilerin DICOM ve HL7 uyumlu aygıtlar kullanmalarını teşvik etmek ve bilgi sistemlerinin günlük klinik işlemlerini kolaylaştırmaktır. IHE'nin teknik yapısı, belirli bir görev için radyolojik veya klinik iyi tanımlanmış bir işlem setini tamamlamak için DICOM ve HL7'nin kullanımında ortak bilgi modeli ve sözlüğü tanımlar. Bu ortak sözlük ve model sağlık birimleri sağlayıcıları ve teknik personelin birbirlerini daha iyi anlamalarını kolaylaştırır, bu da daha problemsiz sistem bütünleşmesine yol açar. İlk geniş ölçekli sunum 1999'daki RSNA'nın yıllık

toplantısında yapılmış ve bundan sonra 2000 ve 2001 RSNA ve 2001 ve 2002 HIMSS de yapılmıştır. Bu sunumlarda üreticiler, belirli IHE protokolleri temelinde günlük ürünlere nasıl uygulanabildiğini göstermek için bir araya gelmişlerdir. IHE'nin başarılı uyumu RSNA ve HIMSS'in inancıydı, IHE'nin sağlık bilimlerine entegrasyonu ile kullanıcı ve sağlayıcıların her ikisi içinde hayat daha güzel olacaktı [29].

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR, BULGULAR VE İRDELEME

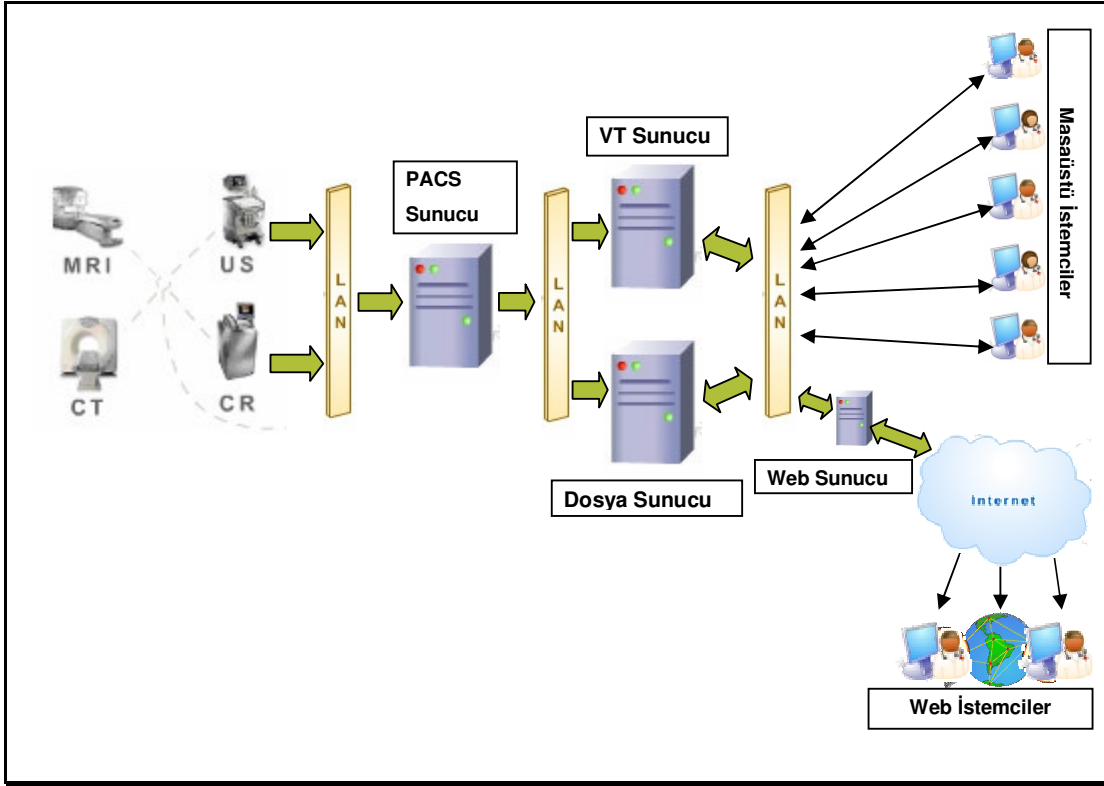
Birinci bölümde PACS tasarımı için birçok güncel mimari yöntem sunulmuştur. Bu çalışmada istemci/sunucu mimarisi modeli üzerinden bir PACS yazılımı geliştirmeye çalışılmıştır. Çalışmada dosya biçimi olarak DICOM dosya formatı ağırlıklı olarak incelenmiş ve diğer dosya biçimlerine de (JPG, BMP) destek veren bir yazılım geliştirilmiştir.

Dosyaların ağ üzerinde iletimi için TCP/IP protokolü üzerinden İstemci/Sunucu mimarisine göre çalışan bir çözüm geliştirilmiştir. Çalışmada ald modül bulunmaktadır. Bunlar; PACS sunucusu, veritabanı sunucusu, dosya sunucusu, web sunucu, Windows istemcisi, web istemcisi'dir. Sistemin test edilmesi aşamasında veritabanı sunucusu olarak Oracle ve web sunucusu olarak Apache'den faydalanılmıştır. Hazırlanan çözümün Windows arayüzündeki yazılımlar için Borland Delphi (Pascal) [30] ve web arayüzündeki yazılım içinde Java programlama dillerinden faydalanılmıştır.

2.1. Sistemin Yapısı

Geliştirilen sistem modüler yapıda tasarlanmıştır. Altı modülden oluşan bu PACS sistemi, Dosya sunucu (File Server), PACS sunucu (PACS Server), Windows arayüzü (DICOM Viewer) ve web arayüzü üzerine inşa edilmiştir. Çalışmada dosya sunucusunun geliştirilmesi aşamasında açık kaynak kodlu, Borland Delphi için geliştirilmiş INDY ağ bileşenlerinden yararlanılmıştır [27]. Çalışmada özellikle DICOM dosya biçiminin okunması için daha önceden yapılmış çeşitli açık kaynak kodlu GNU lisanslı uygulamalardan faydalanılmış, ilgili algoritmaların daha da etkin olması için yöntemler geliştirilmiştir [28].

Şekil 11'de geliştirilmiş olan PACS mimarisi ve bileşenleri gösterilmektedir.



Şekil 11. PACS tasarım modeli ve PACS bileşenleri

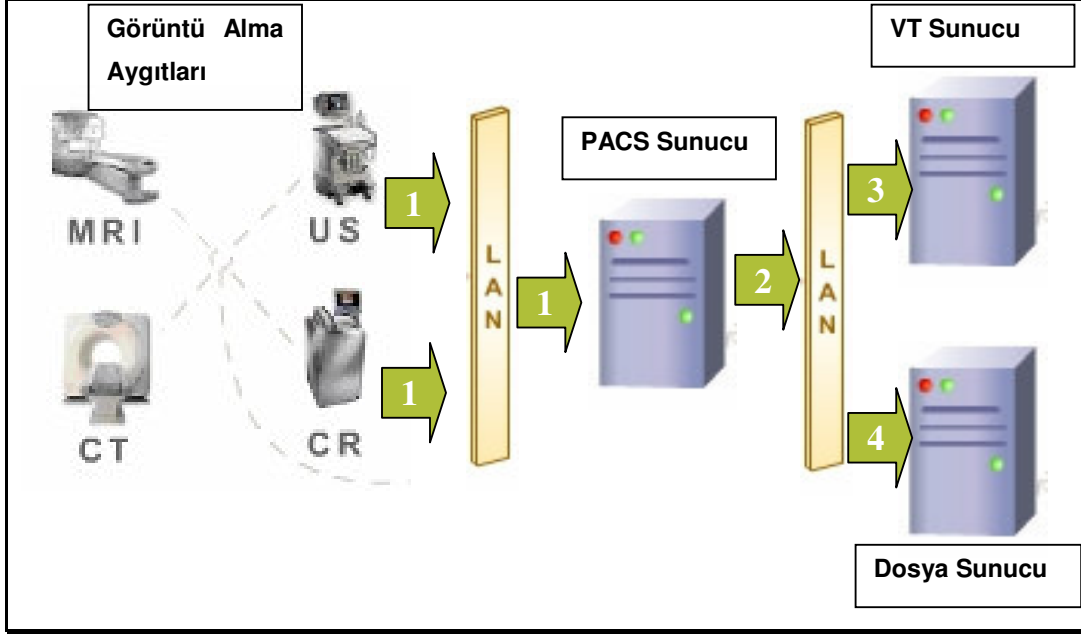
Tablo 8. Sistemi oluşturan modüller

No	Modül Adı	Açıklama
1	PACS Sunucu	Bu modül aygıtlardan alınan inceleme görüntülerinin sisteme aktarılmasını sağlar.
2	Veritabanı Sunucu	Masaüstü ve Web istemcileri tarafından yapılacak olan sorgulamalar için verilerin tutulduğu sunucudur.
3	Dosya Sunucu	PACS sunucudan görüntüleri olarak belirlenmiş indeks yapısı ile arşivler, masaüstü ve web istemcilerine gerekli dosyaları gönderir.
4	Web Sunucu	Web istemcilerinin internette yayınlanmasını sağlar.
5	Masaüstü İstemcisi	Yerel ağa bağlı bilgisayarlardan sistem erişimi sağlar.
6	Web İstemcisi	İnternet ağı üzerinden sisteme erişimi sağlar.

2.1.1. PACS Sunucu

PACS sunucu, aygıtlardan alınan DICOM dosya biçiminde olan görüntülerdeki hastaya ait bilgileri ayrıştırarak Veritabanı sunucusuna, görüntü dosyasını da dosya sunucuya aktarır. Görüntü alma aygıtlarından gelen veriler bir klasörde bulunmaktadır.

Bu klasördeki veriler görevli bir kişi tarafından PACS sunucu kullanılarak sisteme aktarılır. Şekil 12’de PACS sunucunun iş akışı verilmiştir.



Şekil 12. PACS sunucu iş akışı

Aşağıda PACS sunucunun iş akışı verilmektedir.

- 1- Görüntüler görüntü alma aygıtlarından PACS sunucuda belirlenen klasöre gelir.
- 2- Görüntülerdeki hastaya ait bilgiler ayrıştırılır.
- 3- 2. adımda ayrıştırılan bilgiler veri tabanına aktarılır.
- 4- Görüntüler daha sonraki erişim için dosya sunucuya aktarılır.

Burada aktarılacak görüntüler DICOM biçiminde olmak zorunda değildir. Diğer biçimdeki dosyaların da sisteme aktarılması için PACS sunucuda farklı bir arayüz oluşturulmuştur. Diğer biçimdeki dosyalar isteğe bağlı olarak JPG→DICOM dönüştürücü kullanılarak DICOM 3.0 formatına dönüştürülerek sisteme aktarılabilir.

2.1.1.1. Görüntünün JPG'ten DICOM'a Dönüştürülmesi

PACS sunucunun diğer bir görevi de DICOM formatında olmayan BMP ve JPG türünden dosyaların DICOM formatına dönüştürülmesidir. Bu işlem için JPG → DICOM dönüştürücü arayüz geliştirilmiştir. Bu arayüz sayesinde JPG formatlı dosyalar girilen TAG bilgileri ile birleştirilerek DICOM formatına dönüştürülmektedir. Aşağıdaki şekilde JPG→DICOM dönüştürücü ekranı gösterilmektedir.



Şekil 13. JPG'ten DICOM'a dönüştürücü arayüz

2.1.2. Veritabanı Sunucu

PACS sunucu tarafından görüntülerden ayrıştırılan ve hasta, radyoloji incelemesi ve görüntü ile ilgili bilgilerin tutulduğu tabloları barındıran veri tabanı yönetim sistemidir. Bu sistem Oracle, MySQL, MS SQLServer gibi herhangi bir veri tabanı yönetim sistemi olabilir. Sistemin tasarımında uygulama için Oracle veri tabanı yönetim

sisteminden faydalanılmıştır. PACS sunucu dosyaları dosya sunucusuna gönderirken gerekli güncellemeleri de veritabanında yapmaktadır. Benzer şekilde masaüstü ve web arayüzleri de sorgulama yapacağı zaman veritabanı sunucusuna bağlanmakta ve gerekli bilgileri sorgulamaktadır.

2.1.3. Dosya Sunucu

PACS sunucu tarafından arşivlenmek üzere gönderilen görüntüleri kalıcı olarak arşivleyen ve masaüstü ve web arayüzünden gelecek olan arşivdeki dosya geri çağırma isteklerine karşılık veren yazılım modülüdür. Bu modül Delphi'de açık kaynak kodlu INDY bileşenleri kullanılarak geliştirilmiştir. Yazılım Windows servisi olarak gerçekleştirilmiştir. Bilgisayar açıldıktan itibaren arka planda çalışarak belirtilmiş portu dinlemektedir. Ve gelen isteklere cevap vermektedir. Yazılım Windows servisi olduğu için görünür bir arayüzü yoktur. Bu nedenle yapılan tüm işlemler ve günlük olarak kayıt dosyalarına kaydedilmektedir. Şekil 14'te kayıt dosyası biçimi gösterilmektedir.

```

10.05.2006 15:47:59 - 10.0.13.38 Bağlandı
10.05.2006 15:47:59 - Dosya gönderiliyor :E:\APacs\2006\05\154032\24232919
10.05.2006 15:47:59 - TAM - Dosya bulundu Gönderiliyor-E:\APacs\2006\05\154032\24232919
10.05.2006 15:47:59 - Dosya transfer edildi - E:\APacs\2006\05\154032\24232919
10.05.2006 15:51:30 - 10.0.13.38 Bağlandı
10.05.2006 15:53:08 - 10.0.13.38 Bağlandı
10.05.2006 15:53:08 - Dosya gönderiliyor :E:\APacs\2006\05\154032\24232527
10.05.2006 15:53:08 - TAM - Dosya bulundu Gönderiliyor-E:\APacs\2006\05\154032\24232527
10.05.2006 15:53:08 - Dosya transfer edildi - E:\APacs\2006\05\154032\24232527
10.05.2006 15:53:13 - 10.0.13.38 Bağlandı
10.05.2006 15:53:13 - HAT - İstenilen dosya bulunamadı - E:\APacs\2006\05\154032\24241495
10.05.2006 15:53:16 - 10.0.13.38 Bağlandı
10.05.2006 15:53:16 - Dosya gönderiliyor :D:\APacs\2006\05\154032\24241639
10.05.2006 15:53:16 - TAM - Dosya bulundu Gönderiliyor-D:\APacs\2006\05\154032\24241639
10.05.2006 15:53:16 - Dosya transfer edildi - D:\APacs\2006\05\154032\24241639
10.05.2006 15:53:22 - 10.0.13.38 Bağlandı
10.05.2006 15:53:22 - HAT - İstenilen dosya bulunamadı -

```

Şekil 14. Dosya sunucu kayıt dosyası

2.1.3.1. Dosya Sunucu Transfer Protokolü ve İş Akışı

2.1.3.1.1. Dosya Sunucu Transfer Protokolü

Dosya Sunucu ile diğer modüller arasında dosyalar transfer edilirken işlemlerin güvenli bir şekilde tamamlandığını garanti etmek için veya meydana gelen hataları

denetlemek için, yazılımın geliştirilmesi aşamasında dosya iletim protokolü belirlenmiştir. Aşağıda iletim protokolünün yapısı gösterilmektedir.

XXX-Açıklama

XXX: Mesaj türü

Açıklama: Gelen mesaj hakkında ek bilgi ve açıklamalar. Burada açıklama olarak, gerçekleşen işlemlerin doğrulanması, meydana gelen hataların hata mesajları, gönderilen dosyaların kayıt yolları, istenilen dosyaların bulunduğu dizinler vb. bilgiler gönderilmektedir. Tablo 9’da transfer protokolünde kullanılan mesaj türleri ve karşılık gelen açıklamaları yer almaktadır.

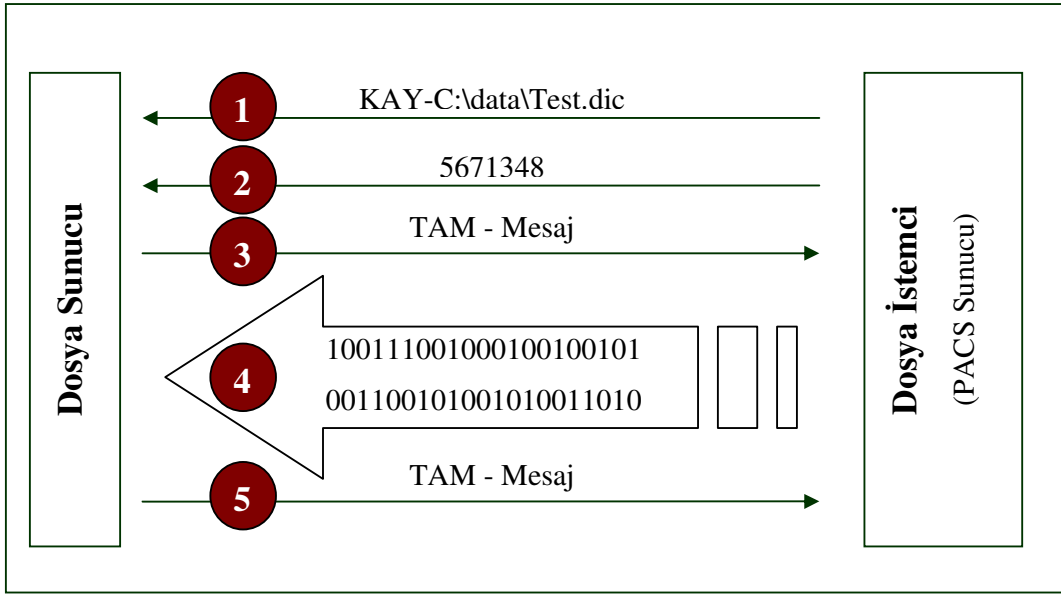
Tablo 9. Dosya sunucu transfer protokolü

Mesaj Adı	Anlamı
TAM	Yapılan işlemin hatasız bir şekilde tamamlandığını gösteren bir mesajdır.
HAT	İşlemin yapılması esnasında karşılaşılan hata mesajları bu başlık altında karşı tarafa iletilir.
KAY	Dosya sunucusuna PACS sunucu tarafından dosya kaydedilmek istenmektedir. Örnek: KAY-C:\Arsiv\2006\06\34342355\32425.DIC Yukarıdaki komutla, biraz sonra başlayacak olan dosya transferinin arşivdeki yolu KAY komutu ile gelmektedir.
VER	Masaüstü ve Web istemcileri VER komutunu kullanarak dosya sunucudan istediği dosyaları transfer etmektedir. Örnek: VER-C:\Arsiv\2006\06\34342355\32425.DIC Yukarıdaki komutla C:\Arsiv\2006\06\34342355\32425.DIC klasöründe bulunan dosya transfer edilmek istenmektedir.

2.1.3.1.2. Dosya Sunucu İş Akışı

Dosya sunucudan dosya gönderme ve alma işlemlerinde bir önceki bölümde anlatılan dosya transfer protokolü kullanılarak dosyalar transfer edilir.

Dosya istemcisinden (PACS Sunucu) gelen dosya kaydetme isteğinde meydana gelen işlemler Şekil 15’te gösterilmiştir.

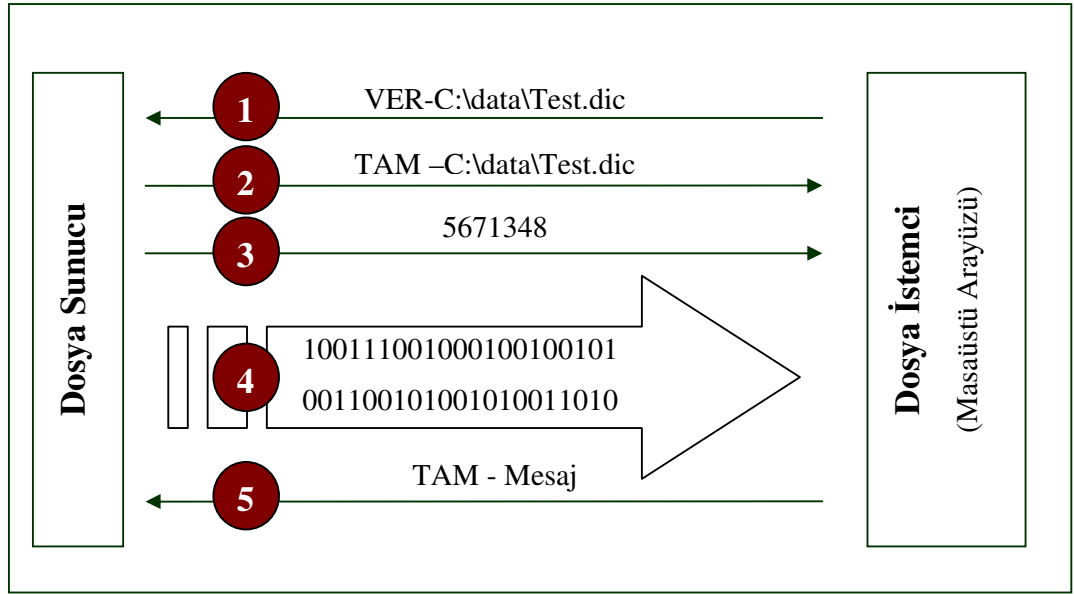


Şekil 15. Dosya kaydetme iş akışı

Yukarıdaki şekilde gerçekleşen işlem sırası aşağıda listelenmektedir.

1. Dosya istemci tarafından dosya kaydetme isteği dosya sunucuya iletilir. Bu işlem için dosya transfer protokolünde tanımlanan KAY mesajından yararlanır.
2. Gönderilecek dosyanın boyutu karşı tarafa ikinci mesajla iletilir.
3. Dosya sunucudan onay mesajı alınır. Bu mesaj dosya transfer protokolünde TAM veya HAT olarak tanımlanmış mesajlardır.
4. Üçüncü adımda alınmış olan mesaj bir TAM mesajı ise karşı tarafa dosya gönderilir. Eğer gelen HAT mesajı ise dosya gönderilmez.
5. Dosya sunucu dosyayı alıp başarılı bir şekilde kaydederse karşı tarafa işlemin tamamlandığını belirtmek için bir onay mesajı gönderir. Bu mesaj TAM veya HAT mesajı olabilir.

Dosya istemciden (Masaüstü Arayüzü veya Web Arayüzü) gelen dosya geri çağırma isteğinde meydana gelen işlemler Şekil 16'da gösterilmiştir.



Şekil 16. Dosya geri çağırma iş akışı

Yukarıdaki şekilde gerçekleşen işlem sırası aşağıda listelenmektedir.

1. Dosya istemci tarafından dosya geri çağırma isteği dosya sunucuya iletilir. Bu işlem için dosya transfer protokolünde tanımlanan VER mesajından yararlanılır.
2. Dosya sunucu istenilen dosyayı bulduğu takdirde karşı tarafa onay mesajı gönderir. Burada onay mesajı TAM veya HAT mesajı olabilir. Dosyanın bulunması durumunda TAM mesajı gönderilir, dosya bulunamazsa HAT mesajı gönderilir.
3. Gönderilecek dosyanın boyutu karşı tarafa ikinci bir mesajla iletilir.
4. İkinci adımda alınan dosya bir tam mesajı ise dosya alınır.
5. İşlem tamamlandıktan sonra işlemin düzgün bir şekilde tamamlandığını karşı tarafa bildirmek için bir onay mesajı gönderilir.

2.1.3.2 Dosya Gönderme ve Alma İşlemi

Dosya gönderme ve alma işlemleri için INDY bileşenlerinden IdTCPserver ve IdTCPClient bileşenlerinden yararlanılmıştır. Dosya sunucuda aktif olarak sürekli belirtilen portu dinleyen IdTCPserver bileşeni kullanılmıştır. İstemcilerden dosya kayıt ve okuma isteği geldiğinde Şekil 19 ve Şekil 20’de belirtilmiş iş akışı adımları takip edilerek dosya transfer edilir.

2.1.3.2.1 Dosya Gönderme

Aşağıdaki örnek kod ile istemciden dosya okuma isteği geldiğinde dosya gönderme işlemi gerçekleştirilebilir.

```
Komutu oku ve protokol kontrolü yap (sKomut)
if sKomut='VER' then      //İşlem dosya gönderme işlemi ise
begin
  if FileExists(sDosyaAdi) then      //Eğer dosya varsa
  begin
    fStream:=TFileStream.Create(sDosyaAdi,fmOpenRead+
      fmShareDenyNone);
    MSJI(AContext.Connection.Socket,'TAM - Dosya bulundu);
    AContext.Connection.Socket.WriteLine(inttostr(fstream.Size)); //Boyutu yolla
    DosyaGonder(AContext.Connection.Socket,fStream);
    FreeAndNil(fStream);//File stream i serbest bırak
  end
  else
  begin
    MSJI(AContext.Connection.Socket,'HAT - İstenilen dosya bulunamadı');
  end;
end
```

Bu kod IdTCPserver bileşeninin OnExecute olayında meydana gelmektedir. OnExecute olayı sunucuya bağlı bulunan istemcilerden bir istek geldiğinde

tetiklenmektedir. Yukarıdaki kod bloğunda geçen DosyaGonder yordamı parametre olarak verilen soket'e dosyayı paketlere ayırarak gönderir. Paket boyutu yazılımcı tarafından değiştirilebilir. Yapılan testlerde dosya göndermede kullanılan paket boyutu 4KB (4096Byte) olarak belirlenmiştir. Örnek program kodu aşağıdadır. (Dil: Delphi – Object Pascal)

```

procedure TfrmServer.DosyaGonder(Socket: TIdIOHandlerSocket;
  fStream: TFileStream);
  Const   PaketBoyutu:Word=4096;
  Var     buffer :TBytes;   sayi :Word;
  begin
    setlength(buffer,PaketBoyutu);
    fStream.Position:=0;
    while fStream.Size<>fStream.Position do
      begin
        sayi:=fStream.Read(Buffer[0],PaketBoyutu);
        if sayi<>PaketBoyutu then setlength(buffer,sayi);
        Socket.write(Buffer);
      end;
    end;
  end;

```

Yukarıda adı geçen MSJ1 yordamı, birinci parametre olarak verilen soket'e, ikinci parametre olarak verilen mesajı göndermektedir. MSJ yordamı ise yapılan işlemlerin kayıt dosyasına kaydedilmesini sağlamaktadır.

2.1.3.2.2. Dosya Alma

Aşağıdaki örnek kod ile istemciden dosya kayıt isteği geldiğinde dosya alma işlemi gerçekleştirilebilir.

```

Komutu oku ve protokol kontrolü yap (sKomut)
if sKomut='KAY' then

```

begin

```

sYol:=ExtractFileDir(sDosyaAdi); //Gelen parametrelerden dosya ve yolu bul
sDosya:=ExtractFileName(sDosyaAdi);
GelenBoyut:=StrToInt64(AContext.Connection.Socket.ReadLn);
if not DirectoryExists(sYol) then //Klasör yoksa oluştur
if not ForceDirectories(sYol) then
begin
MSJI(AContext.Connection.Socket,'HAT-Klasör Oluşturulamadı :'+sYol);
AContext.Connection.Disconnect;
raise exception.create('Klasör Oluşturulamadı :'+sYol);
End else
MSJI(AContext.Connection.Socket,'TAM-Klasör Oluşturuldu :'+sYol)
else MSJI(AContext.Connection.Socket,'TAM-Klasör Doğrulandı :'+sYol);
fStreamGel:=TFileStream.Create(sYol+''+sDosya,fmCreate);
AContext.Connection.Socket.ReadStream(fStreamGel,GelenBoyut,False);
FreeAndNil(fStreamGel);
MSJI(AContext.Connection.Socket,'TAM-Dosya Alındı :'+sDosyaAdi);

```

End

Dosya alma işlemi esnasında ilk olarak gelen dosyanın konumlandırılacağı klasörlerin var olup olmadığı testi yapılmaktadır. Eğer klasör yoksa oluşturulmaktadır. Klasör oluşturulduktan veya doğrulandıktan sonra socket'ten ikili biçimde gelen dosya kaydedilmektedir. Burada dosya boyutu önceden bilindiği için herhangi bir döngü kullanılmadan tek satırlık bir kodla dosya alma işlemi gerçekleştirilmektedir.

2.1.3.3. Dosya Sunucunun Sisteme Yüklenmesi

Dosya sunucu Windows Servisi olarak çalıştığı için programlama işlemi tamamlandıktan sonra sisteme yüklenmesi gerekmektedir. Bu işlemi gerçekleştirmek için programın bulunduğu dizinde komut satırından aşağıdaki komutu vermek gerekmektedir.

TCPServerService.exe /Install

Buradaki Install komutu servisin sisteme yükleneceğini belirtir. Servisi devre dışı bırakmak için ise Install komutu yerine Uninstall komutunu kullanmak yeterli olacaktır. Servis yüklendikten sonra çalıştırılması, durdurulması ve yeniden başlatılması gibi işlemlere Bilgisayar Yönetimi penceresindeki Hizmetler ve Uygulamalar alt sekmesindeki Hizmetler listesinden ulaşılabilmektedir.

2.1.4. Web Sunucu

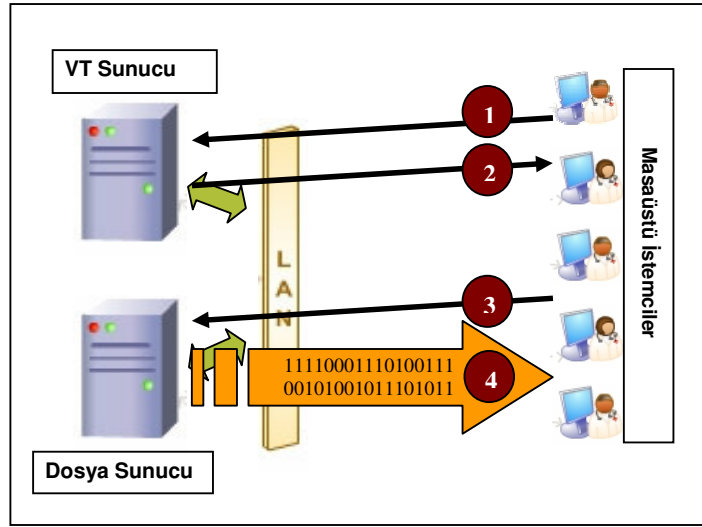
Web sunucu, hazırlanan web arayüzünün internetten sisteme ulaşacak kullanıcılara sunulması için kurulmuş olan bir web sunucudur. Web arayüzü uygulaması Java Applet olarak geliştirildiği için herhangi bir web sunucu ile bağımlılığı yoktur. Herhangi bir web sunucu yazılımı ile kullanılabilir. Gerçekleştirilen çözümün test edilmesi aşamasında Apache web sunucudan faydalanılmıştır.

2.1.5. Masaüstü İstemciler

Masaüstü istemcisi olarak geliştirilen arayüzle hekime ve radyolojistlere tanı ve teşhiste yardımcı olacak birçok yöntem geliştirilmiş ve kullanıcı dostu olarak hazırlanan arayüze yerleştirilmiştir. Geliştirilen bu çözüm, PACS'in bir modülü olarak sistemde kayıtlı bulunan, daha önceden arşive aktarılmış görüntüleri geri getirip üzerinde çalışma yapabildiği gibi DICOM CD ve yerel disklerde bulunan görüntüler üzerinde de DICOM görüntüleyici olarak işlev yapmaktadır.

2.1.5.1. Masaüstü İstemcilerin PACS Mimarisindeki Yeri ve İş Akışı

Masaüstü istemcilerin PACS mimarisi üzerindeki yeri ve iş akışı Şekil 17'de gösterilmektedir.



Şekil 17. Masaüstü istemcilerin PACS mimarisindeki yeri ve iş akışı

Masaüstü istemcilerin iş akış adımları aşağıda sıralanmıştır.

1. Eğer yerel görüntü üzerinde çalışılmayacaksa masaüstü istemciler tarafından veritabanı sunucuya sorgu yollanılmaktadır. Bu sorgu hastanın ad soyadı, doğum tarihi ve çalışma tarihine göre yapılabilmektedir.
2. Veritabanı sunucu gelen sorguyu değerlendirir ve sonucu masaüstü istemcisine gönderir. Burada sonuç, görüntü dosyasının arşivin sunucunun hangi klasöründe olduğudur.
3. İkinci adımda gelen bilgiye göre dosya sunucudan dosya isteğinde bulunulur.
4. Dosya sunucu gelen isteği değerlendirir ve dosyayı ağ üzerinden masaüstü istemcilerine gönderir. Dosya gönderme işlemi Şekil 20’de gösterilen iş akışı adım sırasına göre gerçekleştirilmektedir.

2.1.5.2. Masaüstü İstemcilerde Teşhis ve Tanıda Yardımcı Olacak Araçlar

Masaüstü istemcilerde teşhis ve tanıda Uzman Hekime yardımcı olacak bir çok araç mevcuttur. Görüntünün yakınlştırılması, parlaklık ve karşıtlık değerleri değiştirilmesi, önceden tanımlı (Akciğer, Omurga, Beyin vb.) parlaklık ve karşıtlık değerleri ile görüntünün güncellenmesi, renk modellerinin (Color Lookup Tables - LUT)

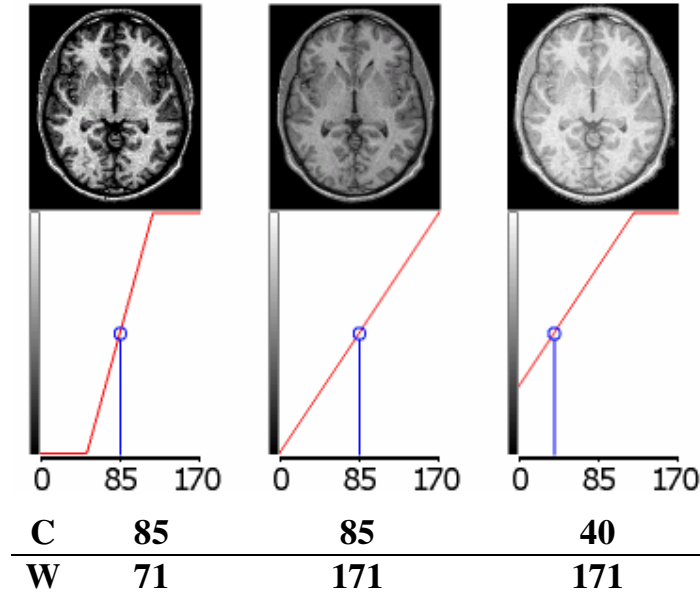
uygulanması, görüntü üzerinde mesafe ve açı ölçme, belirtilen açı kadar görüntünün döndürülmesi, yatay ve dikey döndürme, sadece belirli bir bölgenin yakınlaştırılması (büyüteç), görüntü üzerinde hasta bilgilerinin görüntülenmesi, güncel görüntünün yazıcıdan çıktısının alınması, görüntü eğer çoklu görüntü ise video görüntüsünün gösterilmesi ve aynı ekranda birden fazla çerçevenin yerleştirilmesi, DICOM biçimindeki görüntünün diğer biçimlere (JPG ve BMP) dönüştürülmesi gibi işlemler gerçekleştirilmektedir.

2.1.5.2.1. Görüntünün Yakınlaştırılması

Masaüstü istemcisinde görüntünün incelenmesi esnasında ihtiyaç duyulduğunda görüntü belirlenen oranlarda yaklaştırılabilmektedir. Yaklaştırma ve uzaklaştırma işlemleri, 25, 50, 100, 200, 300, 400, 500 gibi sabit değerler olabileceği gibi kullanıcıdan alınacak ara değerler de yakınlaştırma kriteri olarak kullanılabilir. Programda kullanım kolaylığı olması açısından farenin kaydırma (scroll) düğmesiyle de yakınlaştırma işlemi gerçekleştirilmektedir.

2.1.5.2.2. Parlaklık ve Karşıtlık Değerlerinin Değiştirilmesi

Tıbbi görüntülerle uğraşan kişiler, bir görüntünün “Pencere Merkezi” (window center) ve “Pencere Genişliği” (window width) kavramlarına aşinadır. Bu bir görüntünün “parlaklık” ve “karşıtlık” değerlerini tanımlamanın en basit yoludur. Bu değerler tutarlı ayarlanmış yoğunluk oluşturmak isteyen Xray/CT/PET tarayıcıları için çok önemlidir. Bu yüzden tıbbi görüntülere baktığınızda özel C:W şeklinde değer çiftleri görebilirsiniz (Örneğin: 400:2000 kemik görüntülerinde uygun bir parlaklık ve karşıtlık için pencere merkez ve genişlik değeri olabilir.). MRI tarayıcısındaki karşıtlık değerleri göreceli olduğuna dikkat edelim. Bu yüzden, bir protokol için güzel çalışan C:W çifti farklı bir protokol veya tarayıcı için yararsız olabilir. Şekil 18 “pencere merkezi” ve “pencere genişliği” nin değiştirilmesi kavramını göstermektedir.



Şekil 18. Pencere merkezi ve pencere genişliği

Yukarıdaki şekilde üst satır boyunca aynı görüntünün farklı merkez ve genişlik (C:W) ayarları ile görüntülenmesi gözükmemektedir. Alt satır her görüntü için renk eşlemelerini göstermektedir (Grafiğin dikey eksenini uygulanan parlaklık değerini ve yatay eksenini görüntü yoğunluğunu göstermektedir). Bu görüntünün yoğunluk değerlerinin 0 – 170 aralığında değiştiği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu görüntü için ortadaki görüntüde gösterildiği gibi, pencere merkezini 85 (ortalama yoğunluk) ve pencere genişliğini 171 (değer aralığı) almak iyi bir başlangıç tahmini olur. Genişliği 71'e düşürmek karşıtlığı artıracaktır (soldaki görüntü). Öte yandan genişliği 171 olarak bırakıp, merkezi 40'a düşürüldüğünde tüm görüntünün daha parlak gösterilmesi sağlanmış olur(Chris, 2005).

Yazılımda parlaklık ve karşıtlık (B/C) işlemi aktif hale getirildikten sonra farenin sol tuşu basılı tutularak görüntü üzerinde aşağı ve yukarı hareket ettirilerek parlaklık değeri (pencere merkezi), sağa sola hareket ettirilerek karşıtlık değeri (pencere genişliği) değiştirilebilir. Ayrıca tecrübelerle ortaya çıkmış, önceden tanımlanmış pencere merkez ve genişlik değerleriyle parlaklık ve karşıtlık değerleri değiştirilebilir. Tablo 10'da önceden tanımlanmış parlaklık ve karşıtlık değerleri gösterilmektedir.

Tablo 10. Önceden tanımlı pencere merkez ve genişlik değerleri

Ad	Pencere Merkezi	Pencere Genişliği
Kemik	400	2000
Göğüs	50	350
Akciğer	-600	1500
Beyin T1	250	500
Beyin T2	150	350
Karın/Kafes T1	180	590
Karın/Kafes T2	145	835
Omurga	250	500

2.1.5.2.3. Seçilen Bölgedeki İstatistik Değerlere Göre İşlem

Görüntü üzerinde seçilen bir bölgenin istatistiksel olarak pencere merkezi ve pencere genişlik değerleri hesaplanıp görüntünün bütününe uygulanmaktadır. Şekil 19'da gösterilen görüntüde bölge seçilerek uygulanan parlaklık ve kontrastlık işlemini aşağıdaki gibi gerçekleştirilmektedir.



Şekil 19. Seçilen bölgedeki istatistik değerlerin hesaplanması

Yukarıdaki şekilde gözüken karesel alandaki istatistikler hesaplanırken şu adımlar izlenir: Dikdörtgensel alanda bulunan piksel değerlerinden yerel maksimum (IMax) ve yerel minimum (IMin) değerleri hesaplanır.

$$\text{PencereGen} = \text{IMax} - \text{IMin} \quad (1)$$

$$\text{PencereMer} = \text{IMin} + \text{PencereGen} / 2 \quad (2)$$

(1) ve (2) formüllerinden hesaplanan değerlerle resim güncellenirse seçilen dikdörtgensel alandaki istatistiklere göre değiştirilmiş olur.

2.1.5.2.4. Dosya İçin Önerilen ve Otomatik Parlaklık/Karşıtlık

Görüntünün ilk açılması esnasında hesaplanan minimum (imgMin) ve maksimum (imgMax) kullanılarak yeni pencere merkezi ve pencere genişliği değerleri hesaplanmaktadır. (1) ve (2) de verilen formüllere benzer olarak

$$\text{PencereGen} = \text{imgMax} - \text{imgMin} \quad (3)$$

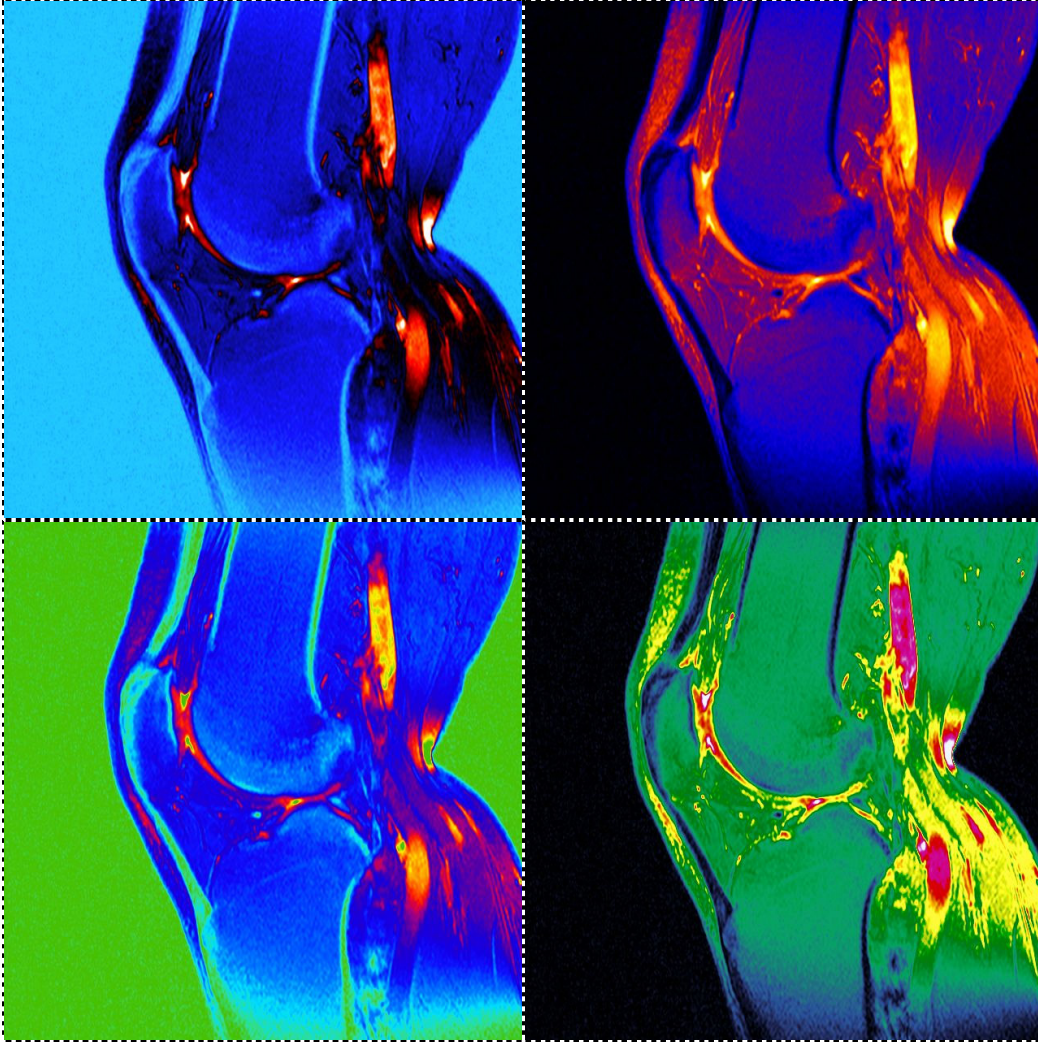
$$\text{PencereMer} = \text{imgMin} + \text{PencereGen} / 2 \quad (4)$$

formülleri ile yeni değerler hesaplanır. Hesaplanan bu değerlerle resim güncellendiğinde otomatik parlaklık ve karşıtlık değerlerine göre resim görüntülenmektedir.

Dosya için önerilen değerler ise DICOM formatından dosyanın okunması esnasında çıkarılan pencere merkez ve genişlik değerleri kullanılarak dosya için önerilen parlaklık ve karşıtlık değerleri elde edilmiş olur.

2.1.5.2.5. Renk Arama Tablolarını Kullanılması (Color Lookup Tables)

Geliştirilen uygulamada görüntüyü çeşitli renk modelleri ile inceleme imkanı sağlayan renk arama tabloları (LUT) kullanılmıştır. Renk arama tabloları 768 bayttan oluşmakta ve her bir ayrı dosyada tutulmaktadır. Şekil 20'de aynı görüntüye uygulanmış çeşitli renk modelleri gözükmemektedir.



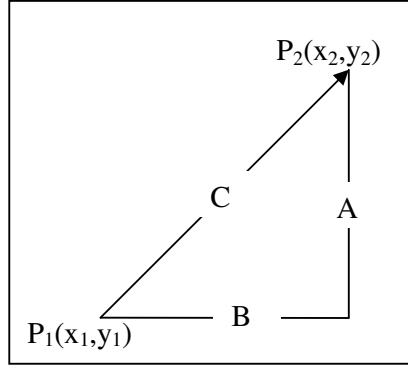
Şekil 20. Farklı renk modelleri uygulanmış görüntü

2.1.5.2.6. Ölçü Araçları

Geliştirilen uygulamada görüntü üzerinde mesafe ve açı ölçme işlemleri yapan araçlar bulunmaktadır. Burada mesafe ölçümü işlemlerinde piksel olarak hesaplanan değerler DICOM dosyadan okunan ölçeklendirme faktörü ile çarpılarak milimetre cinsinden değerler hesaplanmaktadır.

Çizilen çizgiler arasındaki açının ölçülmesi işlemi için ilk olarak çizgilerin kesişip kesişmediğinin kontrolü yapılmaktadır. Eğer çizgiler kesişiyorsa kesişim noktası bulunmaktadır. Kesişim noktası bulunduktan sonra iki uç nokta ve bir kesişim noktası olmak üzere üç nokta ile arada kalan açı hesaplanmaktadır.

Şekil 21’de iki nokta arasındaki uzaklığın hesaplanması gösterilmektedir.



Şekil 21. İki nokta arasındaki uzaklığın hesaplanması

Yukarıdaki şekilde $P_1(x_1,y_1)$ ve $P_2(x_2,y_2)$ noktaları ile temsil edilen doğrunun uzunluğu (5) formülü ile hesaplanır.

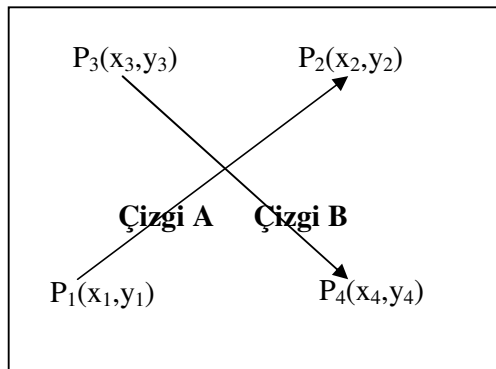
$$C = \sqrt{A^2 + B^2} \quad (5)$$

Burada;

$A=(x_1-x_2)$ ve $B=(y_1-y_2)$ ’dir.

Doğru uzunluğu hesaplandıktan sonra DICOM dosyasından gelen ölçeklendirme oranı ile çarpılarak piksel değeri milimetre olarak hesaplanmış olur.

İki doğru arasındaki açının bulunması için ilk olarak doğruların kesişip kesişmediklerinin bilinmesi gerekmektedir. Eğer doğrular kesişiyorsa kesişim noktaları hesaplanmalıdır.



Şekil 22. İki doğrunun kesişim noktası

Şekil 22’de kesişen iki doğru gözükmemektedir. Bu doğruların eşitlikleri yazılırsa;

$$P_A = P_1 + u_a (P_2 - P_1) \quad (6)$$

$$P_B = P_3 + u_b (P_4 - P_3) \quad (7)$$

Yukarıda verilen denklemlerde $P_A = P_B$ eşitliğini sağlayan nokta iki doğrunun kesiştiği noktadır. Bu nedenle aşağıda verilen (8) ve (9) denklemleri u_a ve u_b 'ye göre çözüldüğünde

$$x_1 + u_a (x_2 - x_1) = x_3 + u_b (x_4 - x_3) \quad (8)$$

$$y_1 + u_a (y_2 - y_1) = y_3 + u_b (y_4 - y_3) \quad (9)$$

$$u_a = \frac{(x_4 - x_3)(y_1 - y_3) - (y_4 - y_3)(x_1 - x_3)}{(y_4 - y_3)(x_2 - x_1) - (x_4 - x_3)(y_2 - y_1)} \quad (10)$$

$$u_b = \frac{(x_2 - x_1)(y_1 - y_3) - (y_2 - y_1)(x_1 - x_3)}{(y_4 - y_3)(x_2 - x_1) - (x_4 - x_3)(y_2 - y_1)}$$

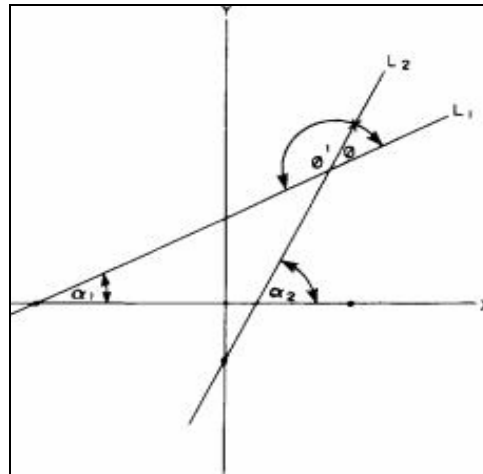
denklemleri elde edilir.

$$X^* = x_1 + u_a (x_2 - x_1) \quad (11)$$

$$Y^* = y_1 + u_a (y_2 - y_1) \quad (12)$$

(11) ve (12) formüllerinde u_a ve u_b hesaplanan değerleri yerine koyularak X^* ve Y^* kesişim noktaları bulunmuş olur.

Burada u_a ve u_b 'nin hesaplandığı formülünde (10) paydalar eşittir. Bu eşitliklerde payda sıfır çıkması iki doğrunun paralel olduğu anlamına gelir [33].



Şekil 23. İki doğru arasındaki açı

Şekil 23'te görüldüğü gibi L_1 ve L_2 doğruları arasındaki θ açısı hesaplanmak istenmektedir. Burada

$$\alpha_2 = \alpha_1 + \theta \quad (13)$$

$$\theta = \alpha_2 - \alpha_1 \quad (14)$$

Burada bulunan α_1 ve α_2 açıları L_1 ve L_2 doğrularının eğimidir. Bu nedenle

$$\tan \theta = \tan(\alpha_2 - \alpha_1) \quad (15)$$

$$\tan \theta = \frac{\tan \alpha_2 - \tan \alpha_1}{1 + \tan \alpha_1 \tan \alpha_2} \quad (16)$$

olur. Burada

$\tan \alpha_1 = m_1$ (L_1 doğrusuna ait eğim)

$\tan \alpha_2 = m_2$ (L_2 doğrusuna ait eğim)

$$\tan \theta = \frac{m_2 - m_1}{1 + m_1 m_2}, \theta = \tan^{-1} \left(\frac{m_2 - m_1}{1 + m_1 m_2} \right) \quad (17)$$

olarak bulunur. Burada verilen doğruların eğimi

$$m_1 = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (18)$$

$$m_2 = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_4 - y_3}{x_4 - x_3}$$

olarak hesaplanır [34].

Bu bilgiler ışığında geliştirilen yazılıma mesafe ve açı ölçme işlemlerini gerçekleştiren araçlar eklenmiştir. Aşağıdaki pseudo kod örneğinde, görüntüde bulunan tüm çizgilerin kesiştiği noktalar ve açıları hesaplanmaktadır (Dil: Delphi – Object Pascal).

for i:=1 to CizgiSayi-1 do

for j:=i to CizgiSayi do

begin

if CizgiKesisiyormu(cizgi[i],cizgi[j]) then

begin

kesimnoktasi:=CizgiKesisimBul(cizgi[i],cizgi[j]);

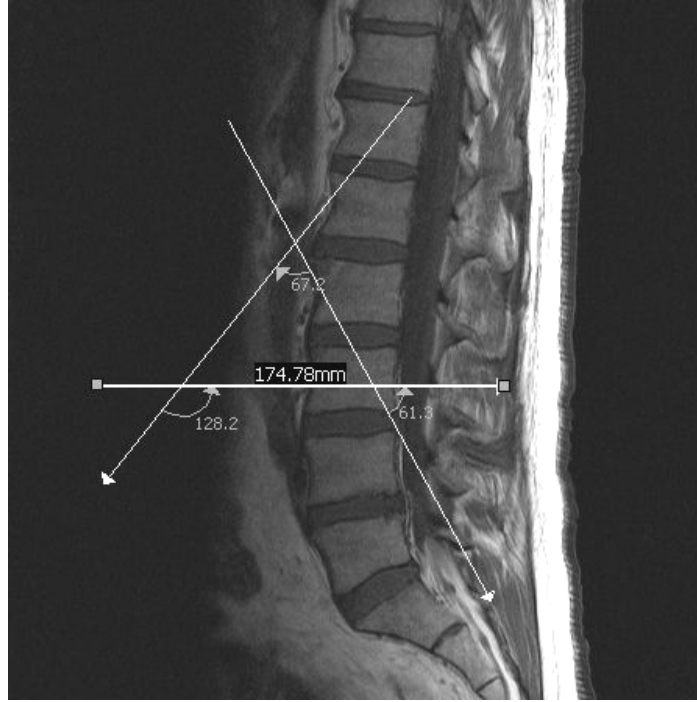
aci := kenarAci(Cizgi[i].nokta1,kesimNoktasi,cizgi[j].nokta1);

yayciz(cizgi[i].nokta1,cizgi[j].nokta1,aci);

end;

end;

Burada *CizgiKesisiyormu* fonksiyonu, parametre olarak gönderilen vektörlerin kesişip kesişmediğini kontrol etmekte ve sonuç olarak boolean tipinde değer döndürmektedir. *CizgiKesisimBul* fonksiyonu, parametre olarak gönderilen çizgilerin kesiştiği noktayı bulmaktadır ve TFloatPoint tipinde değer döndürmektedir. *KenarAci* fonksiyonu, parametre olarak gönderilen üç nokta arasındaki açı değerini bulmaktadır. Son olarak *yayciz* fonksiyonu, verilen parametre değerlerine göre ekrana yay çizmektedir. Şekil 24'te görüntü üzerinde açı ölçme işlemleri gösterilmektedir.



Şekil 24. Görüntü üzerinde açı ölçme işlemi

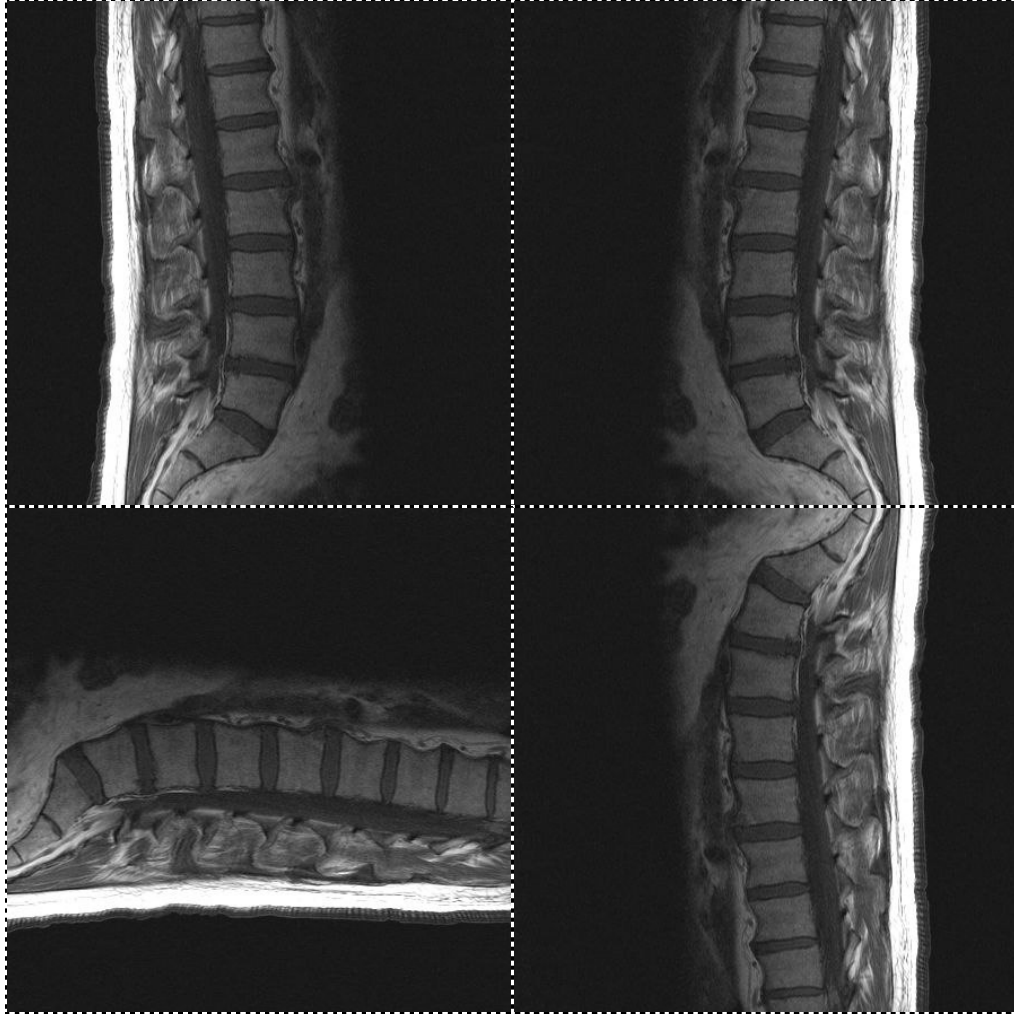
Uygulamada kullanılan Çizgi yapısı aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

Tablo 11. Cizgi yapısı

Üye Adı	Kullanımı
No	Çizginin numarası
Cizgi	TVektör olarak tanımlanmıştır ve TPoint tipinde ilknokta ve sonnokta olmak üzere iki noktadan oluşmaktadır.
Tip	Şekil tipi, çizgi veya ok olarak belirlenebilir
Yazix, Yaziy, Yazis	Çizgi üzerine yazılacak etiket bilgileri ve etiketin çizgi üzerinde yazılacağı koordinatı tutan değişkenler

2.1.5.2.7. Döndürme Araçları

Geliştirilen uygulamada uzman hekime teşhis ve tanıda yardımcı olacak döndürme araçları eklenmiştir. Bu araçlarla yatay ve dikey olarak görüntünün yansıması alınabilmekte, ve belirtilen açı ile görüntü döndürülebilmektedir. Şekil 25'te döndürme ve yansıtma ile ilgili çeşitli örnekler gösterilmektedir.



Şekil 25. Çeşitli açılarla döndürme yansıtma uygulanmış görüntü

2.1.5.2.8. Büyüteç Aracı

Geliştirilen uygulamada görüntünün istenilen bölgelerinin daha yakından incelenmesine imkan sağlayan büyüteç aracı geliştirilmiştir. Büyüteç aracının geliştirilmesi esnasında aktif görüntünün bir yedeği alınmış ve yakınlaştırılmak istenen bölge bu görüntüden kopyalanarak yeni görüntü üzerine yerleştirilmiştir.



Şekil 26. Yakınlaştırma işlemi

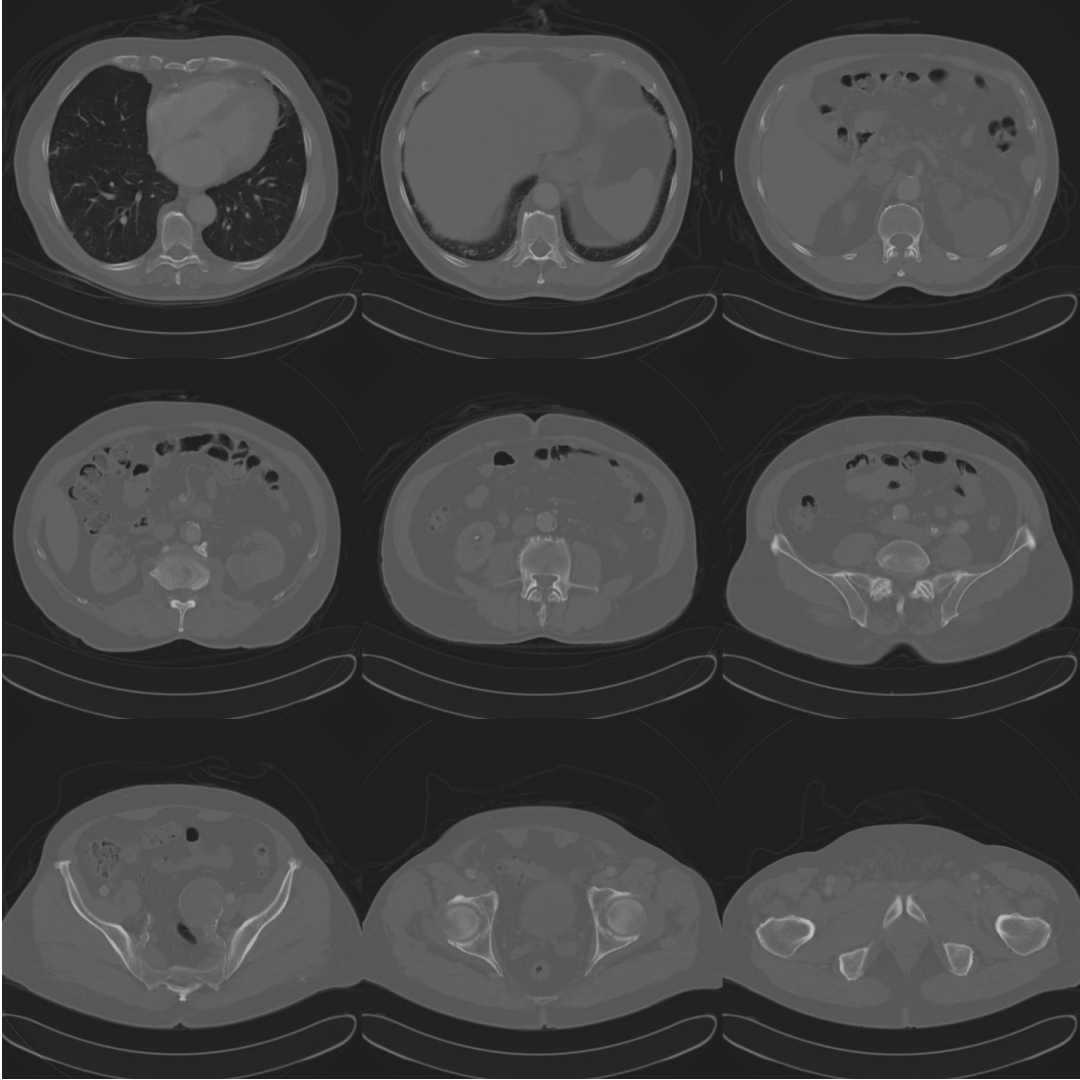
Yakınlaştırmada *canvas*'a ait *copyrect* yönteminden faydalanılmıştır.

Image.Picture.Bitmap.Canvas.CopyRect(HedefBolge,
KaynakCanvas, KaynakBolge);

2.1.5.2.9. Video Oynatma ve Çoklu Görüntü Araçları

Geliştirilen uygulamada DICOM verisinde birden fazla görüntü varsa bu görüntüler sırayla belirlenen süre aralığında görüntülenmektedir. Bu işlem için bir *Timer* nesnesi kullanılmıştır. Ayrıca çoklu görüntülerin hepsi üzerinde aynı anda işlem yapmak istendiğinde görüntüler belirlenen sayıda bir ekrana yerleştirilmekte ve üzerinde işlem gerçekleştirilebilmektedir.

Şekil 27'de çoklu görüntü yerleştirilmiş bir DICOM görüntüsü gösterilmektedir.



Şekil 27. Çoklu görüntü içeren DICOM dosyasının görüntülenmesi

2.1.5.2.10. Notlarla Açıklama Aracı

Hastayla ilgili DICOM görüntüsü üzerinde teşhis ve tanı için incelemeyi gerçekleştiren hekimin yorumunu ve kararını belirtmeyi sağlayan bir araç sisteme bütünleşmiş durumdadır. İlgili hekim görüntü üzerinden bir bölgeyi poligon olarak çizebilmektedir. Çizdiği bu poligon alanına yazı olarak açıklama ekleyebilmektedir. Oluşturulmuş bu açıklama nesnesi hekimin isteğine bağlı olarak PACS sistemine aktarılabilceği gibi yerel dosyaya da kaydedilebilmektedir. Yerel dosyaya kaydedilen not alma nesnesi daha sonra tekrardan sisteme yüklenebilmektedir. Aşağıdaki şekilde

görüntü üzerine eklenmiş olan not alma nesnesi gösterilmektedir. Not alma nesnesi üzerinde yapılabilecek işlemler ise sağdaki araç çubuğu üzerinde listelenmiştir.



Şekil 28. Not alma nesnesi ve yapılabilecek işlemler.

2.1.5.2.11. Diğer Araçlar

Geliştirilen uygulamada bir çok yararlı araç bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; üzerinde çalışılmış görüntüleri farklı biçimlerde (BMP, JPG) kaydetmeyi sağlayan farklı kaydet aracı, yazıcıdan çıkartılmasını sağlayan yazdır aracı, üzerinde son çalışılan

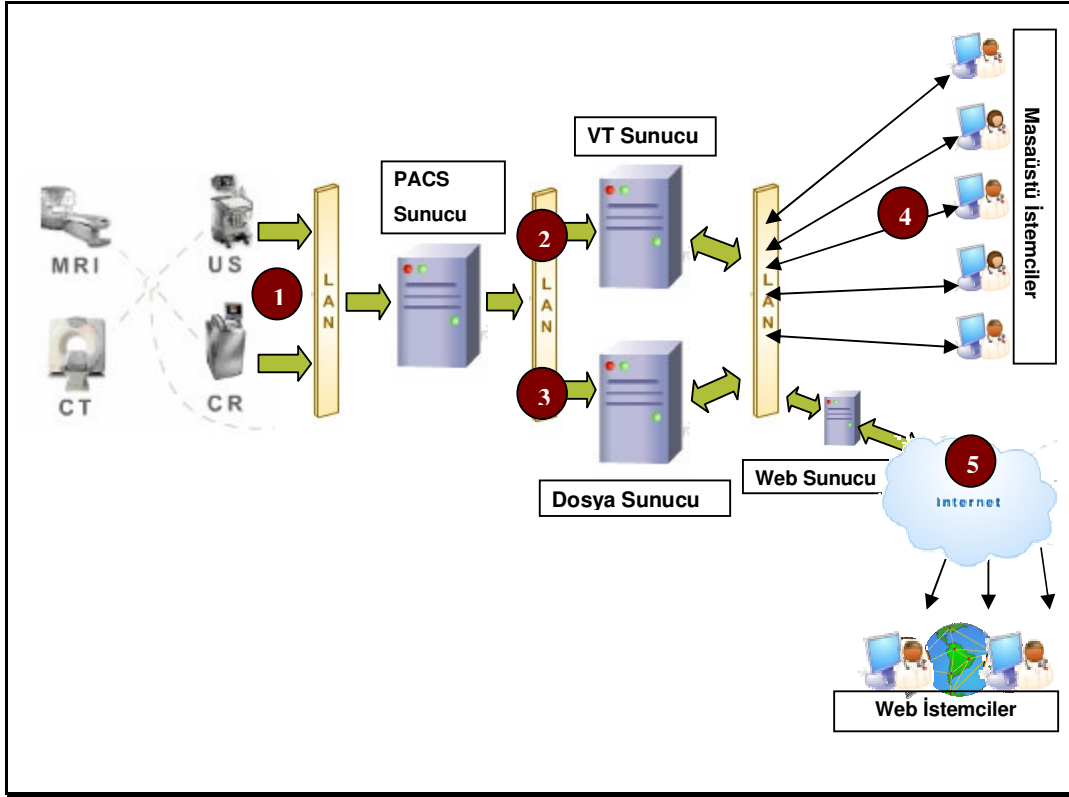
görüntülerin listesini tutan son kullanılanlar listesi, DICOM dosyasından ayrıştırılan ve hasta ve çalışmayla ilgili bilgilerin görüntü üzerine yerleştirilmeleri gibi işlemlerdir.

2.1.6. Web İstemcileri

Masaüstü istemcilerden yapılabilen bir çok işlem geliştirilen web arayüzü sayesinde internette gerçekleştirilebilmektedir. Yapılan güncel radyoloji çalışması ile ilgili uzman hekim şehir dışında olduğunda veya diğer bir hastanedeki bir uzman hekimin görüşü alınmak istendiğinde web istemcilerden faydalanılarak, kurulmuş olan PACS sistemine aktarılmış görüntüler uzaktaki hekime iletilmektedir. Ayrıca çoklu görüntü bulunan DICOM dosyalarında üç boyutlu “*volume rendering*” işlemleri de gerçekleştirilmektedir.

2.2. Sistemin Çalışması ve İş Akışı

Önceki bölümde sistemi oluşturan bileşenler verilmiştir. Bu bölümde ise bu bileşenlerin etkileşim içerisinde nasıl çalıştıkları anlatılmaktadır. Şekil 29’da numaralandırılmış olarak sistemin genel yapısı gösterilmektedir.



Şekil 29. Sistemin genel yapısı ve iş akışı

Yukarıdaki şekilde verilen sistemin çalışma iş akışı aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.

1. Radyolojik görüntü alma cihazlarından alınan görüntü PACS sunucuda belirtilmiş bir klasöre gelir.
2. PACS sunucuya gelen DICOM biçimindeki görüntülerden sisteme aktarılmak istenenler, PACS sunucu yazılımı ile açılarak içerisinde bulunan hasta ve çalışmaya ait bilgiler veritabanı sunucusuna aktarılır.
3. DICOM dosyası veritabanı sunucusunda belirtilen dizine kaydedilmek üzere dosya sunucuya gönderilir. Dosya sunucu gelen görüntüyü alır ve belirtilen dizine daha sonra ulaşılmak üzere kaydeder. (Dosya sunucu iş akışı Şekil 19 ve Şekil 20'de gösterilmektedir)
4. Hekim herhangi bir hastanın verilerine ulaşmak istediğinde masaüstü istemcilerinde bulunan sorgu arayüzü ile istediği hastanın kaydına ulaşır ve dosya sunucudan dosyayı çağırarak üzerinde incelemelerini gerçekleştirir. (Masaüstü istemcilerin iş akışı Şekil 21'de gösterilmektedir.)

5. Gerektiği durumlarda uzaktan sisteme ulaşmak istendiğinde web istemcisinden yararlanılarak sistemde bulunan görüntüler uzak bilgisayara internet üzerinden aktarılabilir.

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Görüntü Arşivleme ve İletişim Sistemi (PACS) üzerine oldukça başarılı çalışmalar yapılmıştır. Ama yapılan bu çalışmalar genellikle büyük ölçekli projelerdir ve ticari firmalar, uluslar arası kuruluşlar ve dernekler tarafından desteklenen, çok sayıda disiplinlerden kişilerin katılımı ile oluşturulmuş ekipler tarafından geliştirilmiş çözümlerdir. Bu çalışma da geliştirilmiş Mini-PACS projelerinden birisidir.

Sistem, farklı türden DICOM dosyaları, JPEG ve BMP biçimleri ile test edilmiş karşılaşılan problemler çözülerek daha tutarlı çalışması sağlanmıştır. Sistemin test edilmesi aşamasında dosya sunucunun testi için çeşitli noktalardan dosya gönderme ve alma işlemleri yapılmış ve değişik sonuçlar elde edilmiştir.

3.1. Bilgisayar Donanımı ve Yerel Ağın Performansa Etkisi

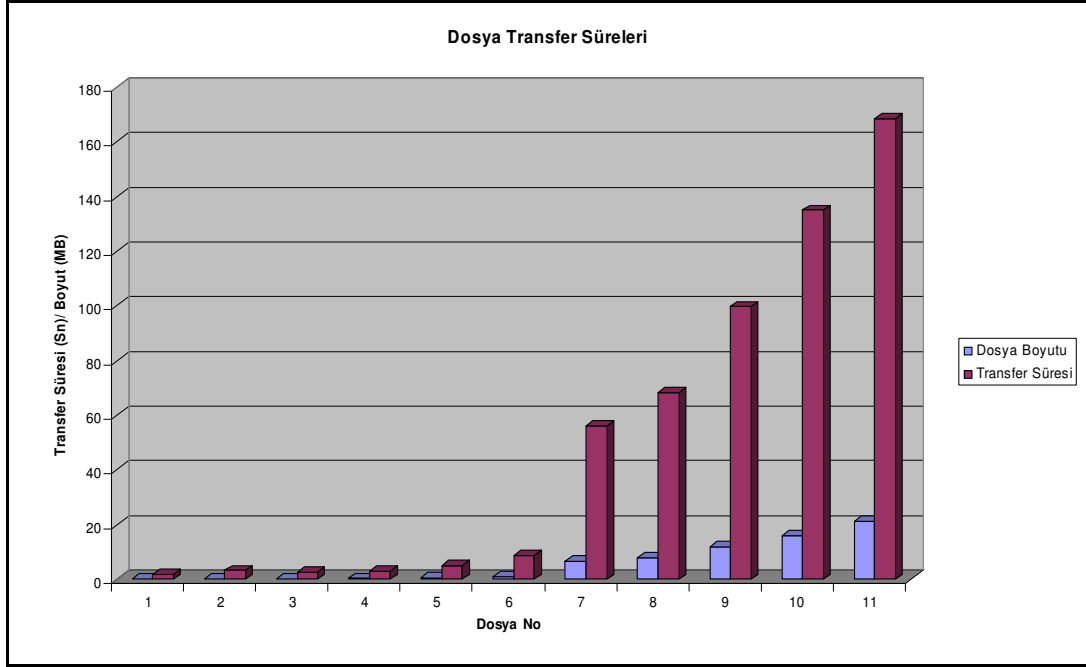
3.1.1. Bilgisayar Donanımının Performansa Etkisi

Program çeşitli özelliklere sahip bazı bilgisayarlarda test edilmiş ve farklı sonuçlar elde edilmiştir. Aşağıdaki tabloda farklı dosya uzunlukları ile dosya sunucunun dosya isteğine verdiği cevaplar ve dosya transfer süreleri gösterilmektedir. Bu sonuçlar çalışma iş günü (Çarşamba) ve aynı saatte (11:20) alınmıştır.

Tablo 12. Çeşitli dosya uzunluklarında transfer süreleri

Sıra	Dosya Boyutu	Transfer Süresi
1	0,13	1,74
2	0,21	3,22
3	0,21	2,78
4	0,43	2,99
5	0,5	5,11
6	1	8,87
7	6,84	56,21
8	8	68,32
9	12	99,73
10	16	134,99
11	21,25	168,56

Yukarıdaki tabloda görüldüğü gibi dosya uzunluğu aynı olsa bile transfer süreleri ufak değişiklikler gösterebilmektedir. Bunun sebebi ise dosya sunucunun o anki isteğe verdiği cevap süresi, ölçme işlemlerindeki hassasiyet ve ağın trafik yoğunluğudur. Örneğin yukarıdaki tabloda 2 ve 3 numaralı dosyanın dosya boyutları aynı olmasına rağmen dosya transfer sürelerinde 44 msn fark oluşmuştur.



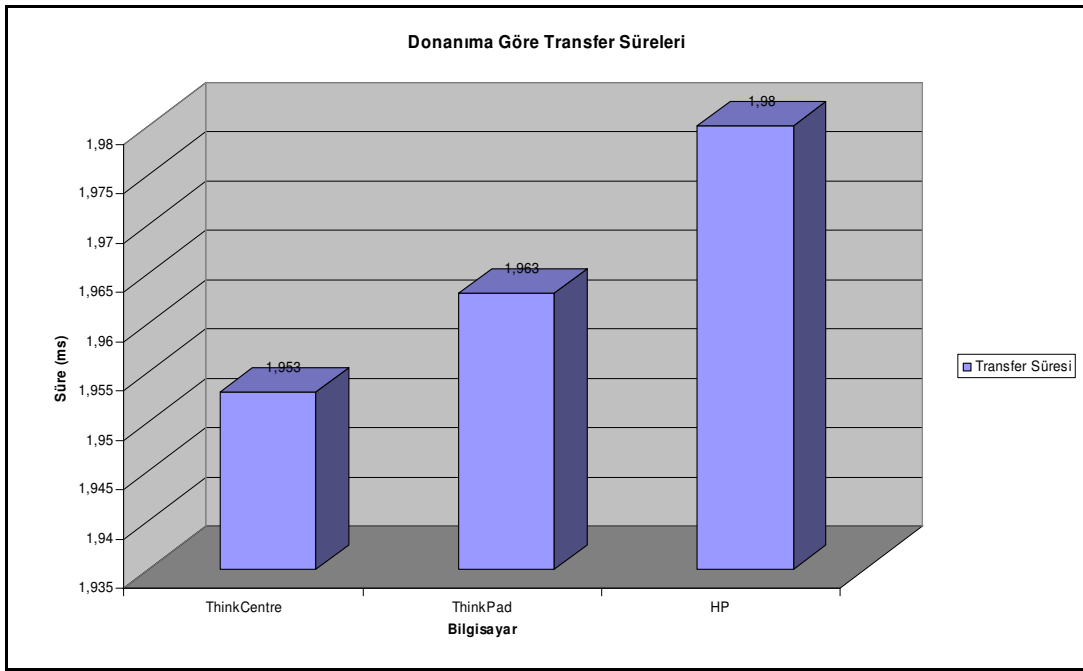
Şekil 30. Dosya transfer süreleri

Yukarıdaki şekilden de görüldüğü gibi 6,84 MB bir dosyanın transfer süresi yaklaşık olarak 0,65 sn olarak ölçülmüştür.

Faklı bilgisayar donanımları sistemin performansını büyük ölçüde etkileyen faktörlerden biri değildir. Aşağıda üç ayrı bilgisayardan 21,25 MB boyutundaki bir dosyanın transferi için geçen süre gösterilmektedir. Bu sonuçlar çalışma iş günü (Çarşamba) aynı saatte (13:30) alınmıştır.

Tablo 13. Çeşitli donanım özelliklerine göre transfer süreleri

No	Bilgisayar Özellikleri	Transfer Süresi
1	IBM ThinkCentre, Pentium 4 3.0 Ghz CPU, 7200 RPM HDD, 512 MB DDRRam, 100 MBPS LAN	1,953
2	IBM ThinkPad, Pentium M 1.5 Ghz CPU, 5400 RPM HDD, 512 MB RAM, 100 MBPS LAN	1,963
3	HP, Pentium 4 1.5 Ghz CPU, 7200 RPM HDD, 512 MB RAM, 100 MBPS LAN	1,980



Şekil 31. Tablo 13'te verilen donanım özelliklerine göre transfer süreleri

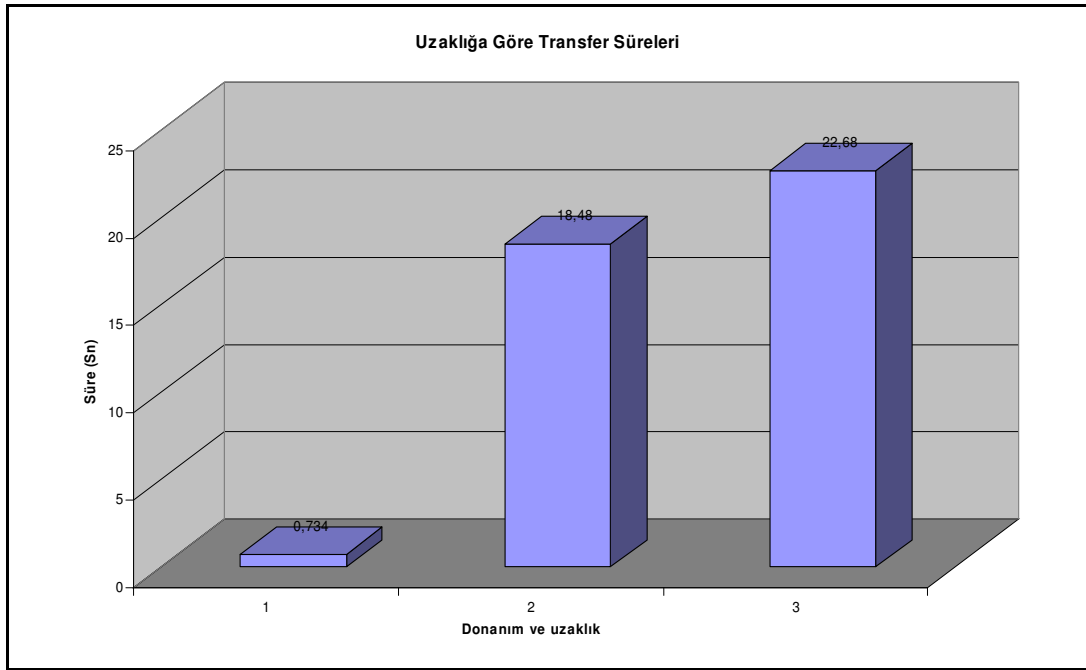
Yukarıdaki şekilde de görüldüğü gibi donanım farklılıkları büyük dikkate değer performans farklılıkları oluşturmamaktadır. Çok güçlü bir makine ile orta seviye bir makine arasında transfer işlemlerinde 10 ms'lik bir süre olmaktadır.

3.1.2. Uzaklığın Performansa Etkisi

Bu bölümde çeşitli uzaklıklardan transfer edilen dosyaların transfer süreleri irdelenecektir. Aşağıdaki tabloda 8 MB boyutundaki bir dosya için uzaklıklara bağlı olarak transfer süreleri gösterilmektedir. Bu sonuçlar çalışma iş günü (Perşembe) aynı saat içerisinde (10:00-11:00) alınmıştır.

Tablo 14. 8 MB boyutundaki dosyanın çeşitli donanım ve mesafelerde transfer süreleri

No	Bilgisayar Özellikleri ve mesafe	Transfer süresi (Sn)
1	IBM ThinkCentre, Pentium 4 3.0 Ghz CPU, 7200 RPM HDD, 512 MB DDRam, 100 MBPS LAN (Aynı Bina)	0,734
2	IBM ThinkCentre, Pentium 4 3.2 Ghz CPU, 7200 RPM HDD, 512 DDRam, 100 MBPS LAN (Bilg. Müh.)	18,48
3	HP Compaq nx 8220, Intel Centrino 2.0 Ghz CPU, 5400 RPM HDD, 1 GB DDRam, 100 MBPS LAN (Fen. Ed. Fak)	22,68



Şekil 32. Uzaklıklara göre transfer süresi

Tablo 14 ve Şekil 32’de görüldüğü gibi dosyaların transfer performansını etkileyen en önemli etken uzaklık olarak gözükmektedir. Uzaklık arttıkça ağın yoğunluğuna bağlı olarak dosya transfer süreleri de artmaktadır. Burada elde edilen sonuçlar farklı bir gün ve saatte yapılacak bir test ile farklılıklar gösterebilir.

3.2. Yazılım Dilinin Başarım Üzerindeki Etkiler

Geliştirilen yazılım Borland Developer Studio 2006 dillerinden birisi olan Delphi ile geliştirilmiştir. Delphi ilk Windows yazılım geliştirme arayüzüdür. Delphi, nesne yönelimli programlama (OOP), hızlı uygulama geliştirme (RAD) çevre birimlerini birleştiren ilk uygulama geliştirme aracıdır. Object Pascal dilini kullanmaktadır.

Delphi uygulama geliştirme kolaylığının yanı sıra dünyadaki en geniş bileşen desteğine sahip olan ve yazılım performansı olarak C++ gibi üst seviye dillerden de daha etkili sonuçlar [32] üretebilen bir yazılım geliştirme arayüzüdür.

Çok açıktır ki bilgisayarı en çok yoran işlemlerin başında da görüntü işleme işlemleri gelmektedir. Bu bölümde programlama araçları ile ilgili yapılabilecek değişikliklerle ne tür iyileştirmeler yapılabileceği tartışılacaktır.

Yapılan deneyler, görüntü işleme işlemlerinde direkt olarak dilin kendi nesnelere kullanılması durumunda performansı çok kötü yönde etkilediğini göstermiştir. Örneğin resmin yeniden renklendirilmesi gibi bir işlem aşaması bile, *TImage* nesnesinin *Canvas.Pixels[i,j]* gibi komutlarla direkt olarak görüntü üzerinde gerçekleştirilmeye çalışılması durumunda büyük oranda yavaşlamaya neden olmaktadır.

Bu yavaşlığı ortadan kaldırmak için iki farklı yöntem önerilir. Bunlardan birisi tüm işlemlerin byte dizileri üzerinden yapılmasıdır. Görüntü bir byte dizisine çevrildikten sonra mümkün olduğunca tekrar görüntü üzerinde işlem yapmamaya dikkat etmek gerekmektedir. Hiç şüphe yok ki bir byte dizisinden değer okumak veya byte dizisine bir değer atamak bir “image” nesnesinden değer okumak veya nesneye değer yazmaya çalışmaktan çok daha hızlıdır.

Önerilecek diğer bir yöntemde byte dizileri üzerinden işlem yapmaya nazaran çok daha hızlı olan bir yöntemdir. C++’dan çok iyi tanıdığımız pointerları kullanmaktır. Bu sayede işlemler çok daha hızlı bir şekilde gerçekleştirilecektir. İşlemlerin ne kadar hız kazandıracağına gösterilmesi için bir tane test yazılımı geliştirilmiştir. Bu yazılımda

640x480 çözünürlüğe sahip bir görüntü üzerinde test işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu görüntünün *TImage* nesnesinin *Canvas.Pixels[i,j]* ve *Scanline* yöntemi oluşturulması ile bazı değerler elde edilmiştir.

Canvas'ın *Pixels* yöntemi ile görüntü oluşturulduğunda görüntü oluşturma süreleri lineer olarak artmaktadır. *Scanline* yöntemi kullanılarak oluşturulan görüntüler ise on tekrar için ölçülebilir bir süre gerektirmemektedir. Bazı tekrarlarda 16 ms çıkmasına karşın diğerlerinde 0 ms olarak ölçülmüştür. Görüntünün 10 kez oluşturulmasında *pixels* yöntemi 22718 ms zaman alırken *scanline* yöntemi ile işlem 0 ms sürmüştür. Bu işlemde *scanline* yönteminin bir Windows API'si olmasının büyük önemi vardır.

Geliştirilen yazılımda görüntünün döndürülmesi gibi işlemler *Scanline* yöntemi kullanarak gerçekleştirilmiştir. Diğer işlemler ise görüntünün bellekte oluşturulan satır (row) verisi üzerinden gerçekleştirilmektedir. Bellekte oluşturulan bu alana pointerlarla ulaşıldığı için yazılım performansı büyük oranda artırılmıştır.

4. KAYNAKLAR

1. Cao, X. ve Huang, H.K., Current Status and Future Advances of Digital Radiography and PACS, IEEE Eng. Med. Biol., 19, 5 (2000) 80-88.
2. Capp, M. P., Photoelectronic Radiology Department, SPIE-The International Society for Optical Engineering (1981) 314, 2-8.
3. Carr, C. ve Moore, S. M., IHE: A Model for Driving Adoption of Standards, Comp Med Imaging & Graphics, 2-3 (2003) 137-146.
4. Channin, D.S., Parisot, C., Wanchoo, V., Leontiew, A. ve Siegel, E.L., Integrating the Healthcare Enterprise: A Primer. III. What does IHE do for me? RadioGraphics, 21 (2001)a 1351-1358.
5. Channin, D.S., Siegel, E.L., Carr, C. ve Sensmeier, Integrating the Healthcare Enterprise: A primer. V. The Future of IHE, RadioGraphics, 21 (2001)b 1605-1608.
6. Channin, D.S., Integrating the Healthcare Enterprise: A Primer. II. Seven Brides for Seven Brothers: The IHE Integrating Profiles, RadioGraphics, 21 (2001) 1343-1350.
7. Chris, R., The DICOM Standart, <http://www.sph.sc.edu/comd/rorden/dicom.html>, 10 Kasım 2005.
8. Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM), National Electrical Manufacturers' Association, Rosslyn, VA:NEMA, 1996.
9. Dwyer, S.J., III, Cost of Managing Digital Diagnostic Images, Radiology (1982) 313.
10. Henderson, M., Behel, F.M., Parisot, C., Siegel, E.L. ve Channin, D.S., Integrating the Healthcare Enterprise: A primer IV. Role of Existing Standards in IHE, RadioGraphics, 21 (2001) 1597-1603.
11. Herrenwynen, J. Step-by-Step Integration, Decisions in Imaging Economics, www.imagingeconomics.com/library/200212-13.asp, 21 Nisan 2006.
12. Huagh, H.K., Elements of Digital Radiology: A Professional Handbook and Guide, Prentice-hall Inc., New Jersey, 1987.
13. Huang, H.K., Picture Archiving and Communication Systems in Biomedical Imaging, VCH Publishers, New York, 1996.
14. Huang, H.K., Picture Archiving and Communication Systems: Principles and Applications, Wiley & Sons, Indianapolis, 1999.

15. Huang, H. K. Enterprise PACS and Image Distribution, *Comp Med Imaging & Graphics*, 2-3 (2003) 241-253.
16. Huang, H. K. PACS and Imaging Informatics: Basic Principles and Applications, 2nd Edition, Wiley-Liss, Indianapolis, 2004.
17. Huang, H.K., Editorial: Some Historical Remarks on Picture Archiving and Communication System, *Comp Med Imaging & Graphics*, 27 (2003) 93-99.
18. JAMIT. First International Symposium on PACS and PHD, Medical Imaging Technology, 1, 1983.
19. Law, M. ve Huang, H. K., Concept of a PACS and Imaging Informatics-Based Server for Radiation Therapy, *Comp Med Imaging & Graphics*, 27 (2003) 1-9.
20. Lemke, H. U. , A Network of Medical Work Stations for Integrated Word and Picture Communication in Clinical Medicine, Technical Report, Technical University Berlin, 1979.
21. Lemke, H. U. PACS Development in Europe, *Comp Med Imaging & Graphics*, 2003, 111-120.
22. MITRE/ARMY, B52-15645 for University Medical Center Installation Sites for Digital Imaging Network and Picture Archiving and Communication System (DIN/PACS), 1986.
23. Mogel, G.T., The Role of the Department of Defense in PACS and Telemedicine Research and Development, *Comp Med Imaging & Graphics*, 2-3 (2003) 129-135.
24. Niinimäki, J., Ilkko, E. ve Reponen, J. Proceedings of the 20th EuroPACS Annual Meeting, 2002, Oulu, Finland.
25. DICOM 3.0 Standardı, <http://medical.nema.org>, 10 Kasım 2005.
26. Health Level 7 Standardı, <http://www.hl7.org>, 5 Aralık 2005.
27. INDY Bileşenleri, <http://www.indyproject.org>, 23 Ocak 2006.
28. ezDICOM, <http://sourceforge.net/projects/ezdicom/>, 15 Şubat 2006.
29. Integrating the Healthcare Enterprise (IHE), <http://www.ihe.net/>, 21 Nisan 2006.
30. Borland Delphi Programlama Dili, <http://www.borland.com/delphi>, 1 Ekim 2005.
31. HL7: The Past, Present and Future, http://www.neotool.com/company/press/200305_v3.htm, 8 Haziran 2006.

32. Why Use Delphi?, <http://www-personal.umd.umich.edu/~ldkronos/delphi/whyuse.html>, 1 Ekim 2005.
33. Intersection points of two lines, <http://astronomy.swin.edu.au/~pbourke/geometry/lineline2d>, 1 Ocak 2006.
34. Angle between two lines, <http://www.tpub.com/math2/5.htm>, 10 Ocak 2006.

ÖZGEÇMİŞ

Yasin KAYA, 1979 yılı Adana doğumludur. Sırası ile Gafarlı Köyü İlkokulu, Kadirli Ortaokulu, Kadirli Endüstri Meslek Lisesi Elektrik Bölümünü bitirdi.1995 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Bölümüne girmiştir ve 1999 yılında bitirmiştir. Lise okul birinciliği ve İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Bölüm birinciliği vardır. 1999 yılından bu yana Enformatik Bölümünde Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır. İyi derecede İngilizce bilmektedir.