

Hastaneler Arası Dağıtık PACS Ağı

Tolga Utku ONBAY^{a,1} ve Aylin KANTARCI^a
^aBilgisayar Mühendisliği, Ege Üniversitesi, İzmir

Inter-hospital Distributed PACS Network

Abstract. Picture Archiving and Communication Systems (PACS) that provide querying and storing of medical images have an important role in medicine. Medical images can be stored and transferred digitally with PACS systems. Thanks to these systems now there is no need to waste time, space and money to print medical images anymore. However, these advantages are limited to the boundaries of hospitals. Most of the PACS systems have been designed to provide solutions on local networks in hospitals. There are many researches whose subjects are why and how to transfer medical images outside of the hospitals. Moreover, these days medical records of patients are collected together and physicians can get more and right information about their patients. However, there is no similar solution for patients' medical images. This paper proposes a solution to this problem with a distributed PACS system that enables to query medical images inside of connected hospitals' PACS system and transfer those images across hospitals. In this way physicians can access all medical images even if they are stored in different hospitals' PACS archives.

Keywords. Distributed Systems; PACS; DICOM; Medical Imaging.

Özet. Temelde tıbbi görüntülerin sayısal olarak saklanması ve sorgulanabilmesini sağlayan PACS (Picture Archiving and Communication Systems) sistemleri günümüzde hastanelerin olmazsa olmazları haline gelmişlerdir. PACS sistemleri sayesinde çekilen görüntülerin sayısal olarak depolanması ve iletilmesi ile film baskısı için gerekli olan zamandan, mekandan ve maliyetten tasarruf edilmektedir. Fakat bu yararlar hastane sınırları içerisinde kalmakta, PACS sistemleri bu sınırlar dahilinde çözüm üretmektedirler. Hastane bünyesinde sayısal olarak saklanan bu görüntülerin hastane dışına ne amaçla ve nasıl çıkarılacağı birçok araştırmaya konu olmuştur. Ayrıca günümüzde hastaların tıbbi bilgileri hastanelerden bağımsız olarak tek sistem altında toplanmakta ve bu gibi sistemler sayesinde doktorlar hastalar hakkında daha fazla ve daha doğru bilgiye daha hızlı ulaşabilmektedirler. Fakat hastalara ait tıbbi görüntüler için benzer bir çözüm sunulmamaktadır. Bu çalışmada PACS sistemlerinin bahsi geçen eksikliklerini giderecek bir dağıtık PACS ağı anlatılmaktadır. Dağıtık PACS ağı ile bağlı olan hastanelerde bulunan görüntüler tek bir sistem üzerinden sorgulanabilecek ve görüntüler hastaneler arasında iletilebilecektir. Böylece doktorlar hastaların geçmiş tıbbi görüntülerine erişebileceklerdir.

Anahtar Kelimeler. Dağıtık Sistemler; PACS; DICOM; Tıbbi Görüntüleme.

¹ Sorumlu Yazar: El Mikrocerrahi Ortopedi Travmatoloji Hastanesi, 1418 Sok. No:14, Konak, İzmir, 35230; Tel: 0 (232) 441 01 21; E-posta: tolgaonbay@gmail.com.

Giriş

Bilgisayarlar giderek yaygınlaşarak hayatımızın birçok alanında bizlere kolaylık ve yenilikler sunmaktadırlar. En başından beri radyoloji alanı da bu sürecin bir parçası olmuştur. Önceleri filmlere basılıp, büyük arşiv odalarında saklanan görüntüler artık saniyeler içerisinde çekilip disk ünitelerinde sayısal olarak arşivlenebilmektedirler. Bu sayede görüntülere erişim daha hızlı ve kolay hale gelmiştir.

Hastanelerde çekilen görüntülerin sayısal olarak depolanmasını, aktarımını ve gösterimini sağlayan bilgisayar, yazılım ve ağına tamamına PACS (Picture Archiving and Communication Systems) ismi verilmektedir. Hastanelerde kullanılması lüks olmaktan çıkıp bir gereksinim haline gelen bu sistemlerin içerisinde yer alan bileşenler, farklı üreticiler tarafından üretilseler dahi ACR-NEMA'nın (American College of Radiology-National Electrical Manufacturers Association) geliştirdiği DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) standardı sayesinde ortak bir dilde konuşabilmektedirler.

PACS sistemlerinin her ne kadar birçok faydası olsa da kullanılmalarının en önemli nedeni görüntülerin filme basılması gereksinimini ortadan kaldırarak zaman ve mekan kaybını azaltmanın yanı sıra maliyetten de tasarruf etmektir.

Her ne kadar PACS sistemleri hastanelerin içerisinde birçok soruna çözüm olmuş olsalar da görüntülerin hastane dışarısında görüntülenebilmesi için standart bir yöntem bulunabilmiş değildir. Hastalar, çekilen tıbbi görüntülerini farklı hastanelerdeki doktorlara inceletebilmek için çekim yapılan sağlık merkezlerinden film veya CD (Compact Disc) talep etmektedirler. Fakat hastaya verilen film veya CD'lerin kaybolması veya zarar görmesi söz konusudur.

Radyoloji görüntülerinin hastanelerin dışına sayısal olarak iletilebilmesi için birçok çalışma yapılmıştır. Örneğin, Wahle ve diğerlerinin yaptığı çalışmada hastaneler arasında görüntüleri SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) veya FTP (File Transfer Protocol) yerine DICOM iletişim protokolü ile iletmenin daha avantajlı olduğunu ortaya çıkarmışlardır [1]. Neri ve diğerleri ATM (Asynchronous Transfer Mode) altyapısını kullanarak görüntüleri farklı iki ülkede bulunan hastaneler arasında iletmeyi başarmışlardır [2]. Becker ve Simon ise birden fazla ISDN (Integrated Services Digital Network) bağlantısını aynı anda kullanarak iki nokta arasında görüntü iletimini sağlamışlardır [3]. Görüntüleri noktadan noktaya iletilebilen bu çalışmalar ile çok sayıda PACS arşivinde bulunan görüntüleri birden fazla istemciye iletilebilmek mümkün değildir.

Hastanelerin PACS arşivlerindeki görüntüleri hastane dışındaki klinisyenlere inceletebilmek için günümüzde birçok teleradyoloji uygulaması kullanılmaktadır. Bu uygulamalar arayüz olarak genellikle İnternet tarayıcılarını kullanılmaktadırlar. Bu sayede kullanılan bilgisayara herhangi bir kurulum veya yapılandırma yapılmaksızın görüntülere Web sunucuları üzerinden ulaşılabilmektedir. Khludov ve diğerleri çalışmalarında geliştirdikleri Java tabanlı bir yazılım ile görüntüleri İnternet tarayıcıları üzerinden sunabilmektedirler[4]. Benzer olarak Koutelakis ve Lymperopoulos yaptıkları çalışmada WADO (Web Access to DICOM Objects) erişimi ile PACS arşivinde bulunan görüntüleri İnternet tarayıcısı ile görüntüleyebilmektedirler [5].

Teleradyoloji uygulamaları bir veya birkaç PACS arşivindeki görüntüleri birden fazla istemciye iletilebilmektedirler. Fakat farklı hastanelerde bulunan PACS arşivlerindeki görüntülerin tek bir Web sunucusu üzerinden görüntülenebilmesi teleradyoloji uygulamaları ile oldukça güçtür.

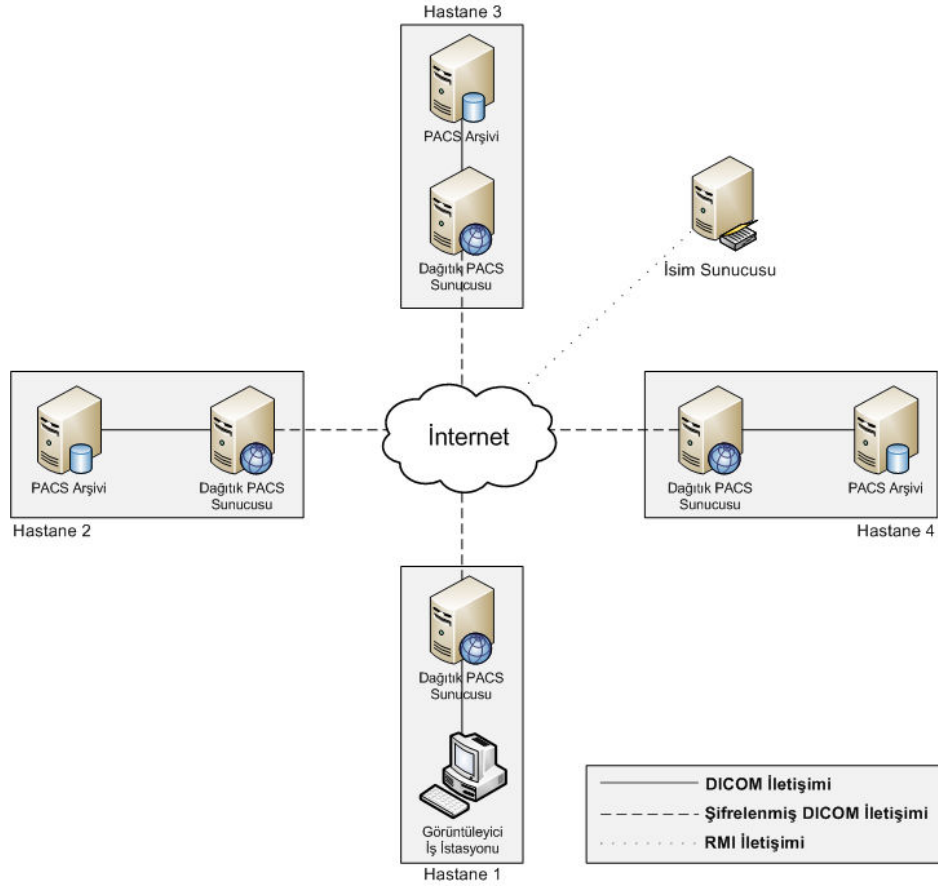
Geliştirilen dağıtık PACS ağı ile sisteme dahil olan hastanelerde bulunan PACS sistemlerindeki görüntülerin sayısal olarak İnternet üzerinden taşınabilmesi sağlanmıştır. Bu sistem ile doktorlar, hastalarına ait tüm görüntüleri hangi hastanede çekilmiş olursa olsun kullandıkları bilgisayarlar üzerinden görüntüleyebileceklerdir.

1. Gereç ve Yöntem

Sisteme çok sayıda hastanenin dahil olabileceği öngörülmüş ve bu hastanelerin çeşitli yazılım, donanım ve ağ özelliklerine sahip olabileceği projenin ilk aşamalarından itibaren göz önünde bulundurulmuştur. Bu yüzden uygulamalar platform bağımsız bir dil olan Java programlama diliyle geliştirilmiştir. Nesneye dayalı olarak geliştirilen uygulamalar DICOM iletişimini açık kaynak olarak geliştirilen dcm4che2 isimli Java paketi ile sağlamaktadır [6]. Ayrıca yine açık kaynaklı bir proje olan log4j isimli paket ile sistemin işleyişine dair kayıtlar bir kayıt (log) dosyasında tutulmaktadır [7].

Dağıtık PACS ağı, birden fazla PACS arşivini İnternet üzerinden birbirine bağlayarak tüm arşivlere aynı anda erişebilmeyi sağlayan bir sistemdir. Böylelikle dağıtık PACS ağı tek bir PACS arşiviymiş gibi sorgulanabilir ve görüntülenmek istenen görüntü ilgili hastanenin PACS arşivinden getirilebilir. Şekil 1'de 4 sağlık merkezinin oluşturduğu örnek bir dağıtık PACS ağı gösterilmektedir.

Şekilde de görüldüğü gibi hastaneler dağıtık PACS ağına dağıtık PACS sunucuları ile bağlanırlar. Dağıtık PACS sunucusu hastanenin PACS sistemindeki görüntüleyici iş istasyonları ve PACS arşivleri ile DICOM standardını kullanarak iletişime geçer. Bu sayede hastanelerin sisteme dahil olabilmesi için halihazırda var olan PACS sistemleri üzerinde köklü bir değişiklik yapılmasına gerek kalmaz. Sadece gerekli bileşenlere dağıtık PACS sunucusunun erişim bilgileri kaydedilmeli ve dağıtık PACS sunucusuna da bu bileşenler tanıtılmalıdır. Bu işlemlerden sonra, dağıtık PACS sunucusuna bağlı bir görüntüleyici iş istasyonu üzerinden tüm ağa mesaj gönderilebilir ve ağdan dönen yanıtlar alınabilir.



Şekil 1. Örnek bir dağıtık PACS ağı

Dağıtık PACS ağı iki ayrı uygulamadan oluşur. Bunlardan ilki ve en önemlisi daha önce bahsedilen dağıtık PACS sunucusudur. Dağıtık PACS sunucusu, görüntüleyici iş istasyonlarından gelen mesajları sisteme dahil olan sağlık merkezlerindeki dağıtık PACS sunucularına iletir. Diğer dağıtık PACS sunucularından gelen mesajları ise sağlık merkezi içerisindeki PACS arşivine iletir.

Dağıtık PACS sunucuları birbirleri arasında iletilen verilerin güvenliğini sağlayabilmek için şifreli iletişim kurarlar. Sunucular arasındaki iletişimin güvenliği DICOM görüntü iletiminde daha verimli olduğu için SSL/TLS (Secured Sockets Layer/Transport Layer Security) protokolü ile sağlanmıştır [8]. Şifreleme yöntemi olarak ise elektronik ödeme sistemlerinde kullanılan 3DES (TDES, Triple DES) şifrelemesi kullanılmıştır. [9]

Dağıtık PACS ağını oluşturan uygulamaların ikincisi ise isim sunucusudur. İsim sunucusu sisteme dahil olan dağıtık PACS sunucularının dağıtık ağdaki erişim bilgilerini tutar ve bu erişim bilgilerini tüm dağıtık PACS sunucuları ile paylaşır. Dağıtık PACS sunucuları kendisine gelen mesajların göndericisini isim sunucusundan aldığı liste ile karşılaştırır. Eğer gönderici bu liste içerisinde yer almıyorsa mesajı reddeder. SSL/TLS protokolü ile iletişimin güvenliği sağlanırken, isim sunucusuyla ise

sisteme yetkisiz bir sunucunun dahil olması engellenmektedir. Dağıtık PACS sunucuları isim sunucusundan erişim bilgilerini içeren listeyi Java RMI (Remote Method Invocation) teknolojisini kullanarak alırlar.

Her dağıtık PACS ağı birden fazla dağıtık PACS sunucusu içerebilir fakat tek bir isim sunucusuna sahiptir ve bu isim sunucusu kurulan ağdaki tüm dağıtık PACS sunucularının erişim bilgilerini saklar.

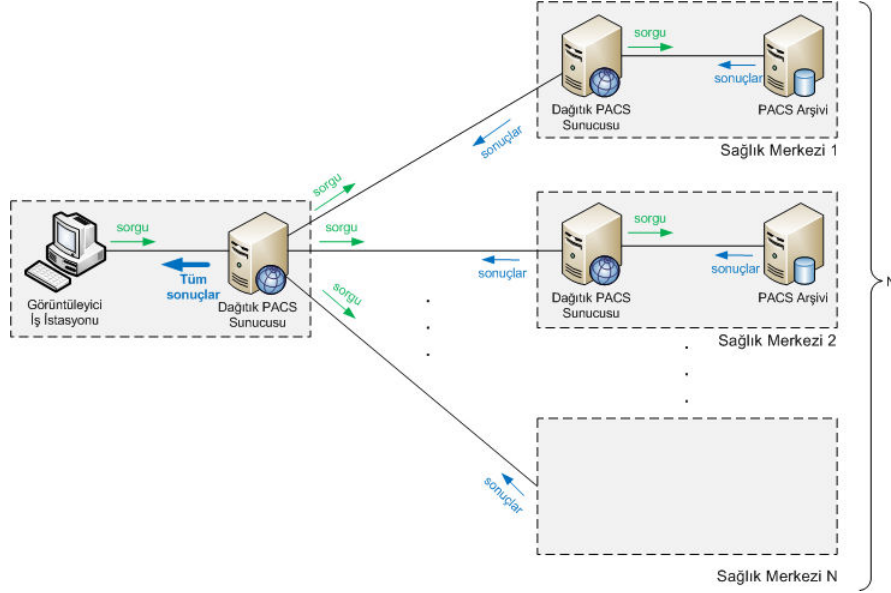
Dağıtık PACS sunucuları doğrulama, sorgulama, taşıma ve depolama hizmetlerini sağlarlar. DICOM terminolojisi ile ifade etmek gerekirse standartta tanımlı C-Echo, C-Find, C-Move ve C-Store hizmetlerini sunarlar. Bu hizmetlerin detayları DICOM standardında anlatılmaktadır [10]. Yerel PACS bileşenlerinden gelen DICOM mesajları ilgili hizmet tarafından alındıktan sonra mesaj incelenir. Daha sonra yeni bir mesaj oluşturulur ve şifrelenerek ağdaki diğer dağıtık PACS sunucularına DICOM protokolü ile iletilir.

Dağıtık PACS sunucularının sunduğu 4 hizmet olmasına karşın sistem içerisinde yapılan işlemler temel olarak ikiye ayrılır. Bunlar görüntünün ağda sorgulanması ve ilgili hastaneden görüntünün çağrılmasıdır. Yazının devamında bu iki işlem detaylı olarak şekiller ve örneklerle anlatılacaktır.

1.1. Sorgulama

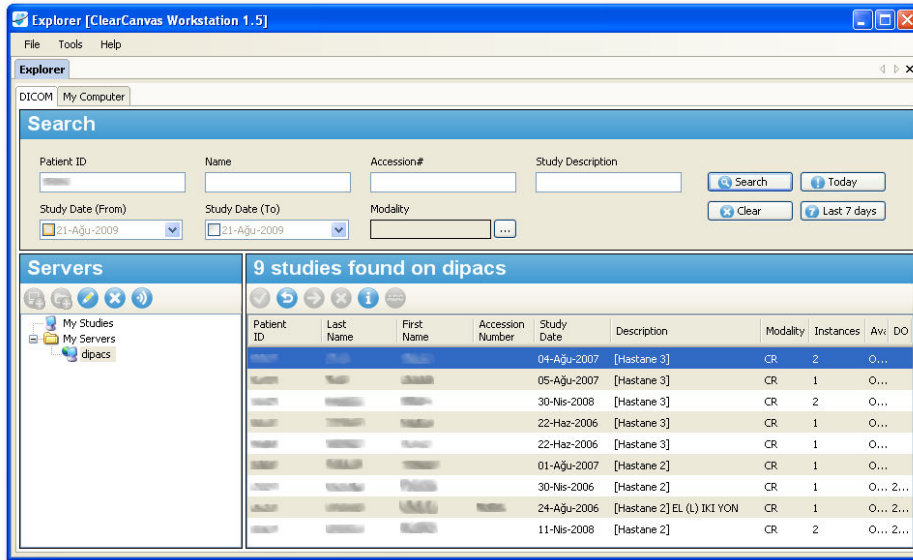
Sorgulama, dağıtık PACS ağına bağlı olan bir hastanede bulunan bir görüntüleyici iş istasyonu üzerinden arama ölçütleri girilerek hastanın görüntülerinin tüm ağda aranması işlemidir.

Sorgulama işlemi klinisyenin arama ölçütlerini bilgisayarındaki DICOM uyumlu görüntüleyici iş istasyonuna girmesi ile başlar. Arama ölçütlerini DICOM protokolü ile ağ üzerinden hastane içerisinde bulunan dağıtık PACS sunucusuna iletilir. Dağıtık PACS sunucusu daha önce isim sunucusundan edindiği listedeki tüm dağıtık PACS sunucularına gelen DICOM mesajını şifreleyerek iletir. Mesajı alan uzak dağıtık PACS sunucuları içerisinde bulunduğu hastanedeki PACS arşivine bu mesajı deşifre ederek DICOM protokolü ile iletir. PACS arşivinin ürettiği sonuçlar önce hastane içerisindeki dağıtık PACS sunucusuna oradan şifrelenerek ilk sorguyu gönderen dağıtık PACS sunucusuna gönderilir. Tüm sunuculardan yanıt döndükten sonra dağıtık PACS sunucusu gelen sonuçları birleştirerek sorguyu gönderen görüntüleyici iş istasyonuna iletir. Fakat dağıtık PACS sunucusu sonuçları iş istasyonuna iletmeden önce sonuçların hangi hastaneden geldiğini sonuç nesnelerinde bulunan "Description" isimli etiketin başına ekler. Bu sayede sonucun hangi hastaneden geldiği görüntüleyiciler üzerinde görülebilmektedir. Tüm sorgulama sürecin işleyişi detaylı olarak Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Dağıtık PACS ağında görüntünün sorgulanması

Bu aşamadan sonra klinisyen sorgu sonucunda dönen sonuçlardan istediğini seçerek görüntü çağırma işlemini başlatabilir.



Şekil 3. Örnek bir sorgulama sonucu

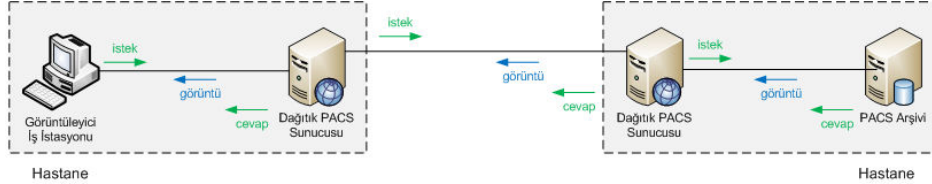
Örnek olarak Şekil 1'de görülen Hastane 1'deki görüntüleyici iş istasyonundan 12345678901 kimlik numaralı hastanın sorgulandığını varsayalım. Bu sorgu ilk olarak hastanedeki dağıtık PACS sunucusuna gönderilir. Sorguyu alan Hastane 1'deki dağıtık PACS sunucusu gerekli işlemleri yaptıktan sonra sorguyu şifreleyerek Hastane 2, 3 ve 4'e iletir. Bu hastanelerdeki dağıtık PACS sunucuları ise kendilerine tanıtılmış PACS

arşivlerine sorguyu gönderir ve gelen yanıtları Hastane 1'deki dağıtık PACS sunucusuna döndürür. Hastane 1'deki dağıtık PACS sunucusu ise gelen tüm sonuçları birleştirerek sorguyu yapan görüntüleyici iş istasyonuna iletir. Şekil 3'te görüntüleyici iş istasyonundan yapılan sorgu sonucunda Hastane 1 ve 2'den sonuçların döndüğü görülebilmektedir.

1.2. Görüntü Çağırma

Görüntü çağırma görüntüleyici iş istasyonu üzerinden istenen görüntünün dağıtık PACS ağına bağlı olan bir hastaneden getirilmesi ve görüntülenmesi işlemidir.

Klinisyen sorgu sonucunda dönen sonuçlardan dilediğini seçerek görüntü çağırma işlemini başlatır. Görüntü çağırma mesajı ilk olarak hastanede bulunan dağıtık PACS sunucusuna iletilir. Dağıtık PACS sunucusu gelen mesajı inceleyerek istenen görüntünün ya da görüntülerin hangi hastanede olduğunu belirler. Daha sonra ilgili hastanenin dağıtık PACS sunucusunda görüntü çağırma mesajını şifreleyerek gönderir. Mesajı alan dağıtık PACS sunucusu görüntü çağırma isteğini bağlı olduğu hastanedeki PACS arşivine iletir. PACS arşivinden dönen görüntüler hastanenin dağıtık PACS sunucusuna, oradan da mesajı ileten dağıtık PACS sunucusuna gönderilir. Dağıtık PACS sunucusu gelen görüntüleri isteği yapan görüntüleyici iş istasyonuna göndererek görüntü çağırma işlemini sonlandırır. DICOM C-Move hizmeti gereği her görüntünün bileşenler arasında aktarımından sonra görüntüyü gönderen taraftan alan tarafa yanıt mesajı gönderilir. Bu sürecin tamamı Şekil 4'ten incelenebilir.



Şekil 4. Dağıtık PACS ağında görüntünün çağırılması

Örneğin klinisyen Şekil 3'te görülen sorgu sonuçlarından ilkinin görüntülenmesini istesin. Bu durumda görüntü çağırma isteği Hastane 1'de bulunan dağıtık PACS sunucusuna oradan da şifrelenerek Hastane 3'te bulunan dağıtık PACS sunucusuna iletilir. Gelen mesaj deşifre edildikten sonra Hastane 3'teki PACS arşivine gönderilir. PACS arşivinden gelen görüntüler mesajın geldiği yolu izleyerek görüntüleyici iş istasyonuna kadar iletilir. Böylece klinisyen Hastane 3'ten gelen görüntüyü kendi iş istasyonu üzerinde inceleyebilir.

2. Tartışma

Geliştirilen dağıtık PACS ağı ile istenen sayıda PACS arşivini birleştirerek kurumsal, bölgesel veya ulusal PACS ağları çok kolay bir şekilde kurulabilir. Kurulan bu ağlar üzerinden klinisyenler hastaların geçmiş tıbbi görüntülerine ulaşabilirler. Fakat dağıtık PACS sistemine bağlı çok sayıda hastane olduğu varsayılırsa hasta bilgi ve görüntülerinin izinsiz olarak görüntülenmesi ve kullanılması engellenmelidir. Hastanın izin vermesi durumunda bilgilere erişilebilmelidir. Bu yüzden bir denetleme

mekanizmasına ihtiyaç vardır. Sonraki çalışmalarda hastanın izniyle sorgulamaların yapılabilmesi sağlanacaktır.

Görüntülerin sorgulanabilmesi için dağıtık PACS ağında ortak bir tanımlayıcı kullanılması gerekmektedir. Türkiye'de her vatandaşın farklı bir T.C. kimlik numarası olduğu için sorgulamalarda hastanın T.C. kimlik numarası kullanılabilir. Fakat çoğu PACS arşivinde hastalar Radyoloji Bilgi Sistemi (RBS) tarafından üretilen tekil numaralar ile tanımlanmaktadır. Bu yüzden PACS arşivlerine doğrudan T.C. kimlik numarası ile sorgulama yapılamaz. Dağıtık PACS sunucuları arşivleri RBS tarafından üretilen numaralar ile sorgulanmalıdır. Bu yüzden her hastane için T.C. kimlik numarasını hastanın RBS'deki numarasına çeviren bir uygulama gerekmektedir. Dağıtık PACS sunucusu sorguda gelen T.C. kimlik numarasını bu uygulama vasıtasıyla hastanın RBS'deki numarasına çevirerek arşivi sorgulayabilir.

Daha önce bahsedildiği gibi, iş istasyonundan gönderilen sorgular tüm dağıtık PACS sunucularına iletilmektedir. Eğer dağıtık PACS ağı çok sayıda hastaneyi içerirse sorgu yanıtları uzun süre beklenebilir. Birçok hastanede tüm modaliteler bulunmadığı için bu bekleme süresi sorgulara modalite tipinin eklenmesi ile azaltılabilir. Örneğin bir kardiyolog arama ölçütleri içerisinde modalite olarak sadece anjiyoyu (XA) seçerek sorgunun sadece anjiyo cihazı olan hastanelere gönderilmesini sağlayabilir.

Bant genişlikleri her ne kadar günden güne artsa da birçok hastanede tıbbi görüntülerin iletimi için hala yavaş kalmaktadır. Bu yüzden sorguların modalite kısıtı ile hızlandırıldığı gibi görüntü aktarımını da hızlandıracak bir yöntem gereklidir. İlk akla gelen yöntem görüntülerin dağıtık PACS sunucuları arasında iletilirken sıkıştırılması ve/veya boyut olarak küçültülebilmesidir. Bu sayede bekleme süresi büyük oranda azaltılacaktır.

Bu sorunların ilerleyen çalışmalarda giderilmesi ve iyileştirmelerin yapılması amaçlanmaktadır.

3. Sonuç

Birçok hastanede kullanılmakta olan PACS sistemleri ile hastane sınırları içerisinde kalan tıbbi görüntüler, geliştirilen dağıtık PACS ağı aracılığıyla sistem dahilindeki tüm kullanıcıların erişimine açık hale getirilebilmektedir. Tek bir sistem üzerinden birçok PACS arşivini sorgulayabilmeyi sağlayan dağıtık PACS ağı sayesinde, görüntüler güvenli bir şekilde klinisyenlerin iş istasyonlarına iletilebilmektedir.

Dağıtık PACS sunucusu DICOM protokolünü desteklediği için farklı bir görüntüleyici yazılıma veya tek bir üreticinin ürettiği PACS arşivine bağlı kalmamaktadır. DICOM iletişimini destekleyen tüm görüntüleyici ve arşivler sisteme dahil olabilmektedir. Bu bileşenlerin ağa dahil olabilmeleri için yapılandırılmaları yeterlidir. Böylelikle sistemin kullanımı hastanelere herhangi bir ek maliyet getirmemektedir.

Ayrıca dağıtık PACS sunucuları gelen mesajları doğrudan ilettikleri ve görüntüleri saklamadıkları için yüksek kapasiteli disk ünitelerine ya da gelişmiş bir sunucuya ihtiyaç duymazlar. Java sanal makinesinin gereksinimlerini karşılayan ve İnternet bağlantısı olan tüm bilgisayarlarda bu uygulama çalışabilmektedir.

Kısaca geliştirilen sistem ile hastanelere herhangi bir donanım maliyeti getirmeden kurumsal, bölgesel, ulusal hatta uluslar arası bir dağıtık PACS ağı kurulabilir. Bu sayede klinisyenler farklı hastanelerden çekilmiş olsalar dahi hastaların geçmiş tıbbi

görüntülerine kendi bilgisayarlarına kurulu görüntüleyici yazılımlar üzerinden kolayca erişebilirler.

Teşekkür

Yüksek lisans tezi olan bu çalışmayı destekleyen EMOT ve Atakalp Hastanelerine teşekkür ederiz.

Kaynakça

- [1] Wahle A, Bultjes JH, Oswald H and Fleck E, Secure inter-institutional image communication by using DICOM-to-DICOM gateways. *Computers in Cardiology* 1996; 309-312.
- [2] Neri E, Thiran JP, Caramella D, Petri C, Bartolozzi C, Piscaglia B, Macq B, Duprez T, Cosnard G, Maldague B and De Pauw J, Interactive DICOM image transmission and telediagnosis over the European ATM network, *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on* , vol.2, no.1, 1998; 35-38.
- [3] Becker T and Simon R, Digital image data transmission over long distances using image compression and broadband ISDN, *Computers in Cardiology* 2001; 687-689.
- [4] Khludov S, Vorwerk L and Meinel C, Internet-orientated medical information system for DICOM-data transfer, visualization and revision, *Computer-Based Medical Systems, CBMS 2000, Proceedings. 13th IEEE Symposium on*; 293-296.
- [5] Koutelakis GV and Lympopoulos DK, PACS through Web Compatible with DICOM Standard and WADO Service: Advantages and Implementation, *Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS '06. 28th Annual International Conference of the IEEE, 2006*; 2601-2605.
- [6] dcm4che2 DICOM Toolkit and Utilities, www.dcm4che.org Last accessed: 13th September 2009.
- [7] log4j Logging API, Apache, <http://logging.apache.org/log4j/index.html>, Last accessed: 13th September 2009.
- [8] Zhang J, Yu F, Sun J, Yang Y and Liang C, DICOM Image Secure Communications With Internet Protocols IPv6 and IPv4, *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on* , vol.11, no.1; 70-80.
- [9] 3DES, http://en.wikipedia.org/wiki/Triple_DES Last Accessed: 28th August 2009
- [10] NEMA Comitee, *Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) Standard version 3.0*, National Electrical Manufacturers Association, 2008.