

Üniversite Bilişim Altyapısının Yenilenmesi: Gazi Üniversitesi Örneği

Mustafa Açıkgöz¹, Vildan Ateş², Murat Dörterler³

^{1,2,3} Gazi Üniversitesi, Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, Ankara

ma@gazi.edu.tr, vates@gazi.edu.tr, dörterler@gazi.edu.tr

Özet:

Yükseköğretim kurumları ve bu ölçekteki diğer kurumlar ağ altyapısı üzerinden sağladıkları servis ve hizmetlerin sürekli ve verimli bir şekilde gerçekleştirmek için performans, süreklilik, ölçeklenebilirlik, güvenilirlik, esneklik ve yönetilebilirlik kriterlerini sağlaması gerekmektedir. Tüm üniversitenin iletişiminin tek merkezi bir altyapı üzerinden yapılması maliyetlerin azalması, verimliliğin artmasını sağlayacak olup ağın yönetilebilirliğini de olumlu yönde etkileyecektir. Gazi Üniversitesi, 2009 yılı başında bilgi işlem alt yapısını çağın ve teknolojinin yeniliklerine göre yenileme kararı almıştır. Bu karar doğrultusunda "Gazi Üniversitesi Bilgi İşlem Altyapısı Yenileme Projesi" adı altında köklü yeniliklere gidilmiştir. Proje bünyesinde ağ topolojisi sadeleştirilerek tüm binalardan merkeze doğrudan fiber bağlantı yapılmış, aktif cihazlar yenilenmiş, mevcut sunucular sanallaştırılmış ve tüm yerleşkeleri kapsayan telsiz ağ kurulmuştur. Bu bildiri söz konusu bu proje kapsamında yapılan faaliyetler özetlenerek yeni kurulan yada alt yapısını yenilemek isteyen başta akademik kurumlar olmak üzere tüm kurum ve kuruluşlara yol gösterici olacaktır.

Anahtar Sözcükler: Omurga Anahtar, Yönlendirici, Güvenlik Duvarı, Kablosuz Ağlar, Sunucular, Sanallaştırma

Renewal of University Information Infrastructure: The Case of Gazi University

Abstract:

Higher education institutions and other institutions should consider to a network which is continuous and provides efficient performance, continuity, scalability, reliability, flexibility and manageability criteria to continuous and efficient network infrastructure. All university's communication infrastructure can be done in a single center that will tend to decrease costs and increase productivity and affect the manageability of the network positively. At the beginning of 2009, Gazi University has taken the decision to innovate the computing infrastructure according to technology renovation of era. In this direction, "Gazi University Information Technology Infrastructure Renewal Project" were made under the name of radical innovations. Within the project, network topology has been simplified and made direct fiber connection from the center to the all buildings in the campus. During the renovation, the backbone switch and router has been renewed. Also current servers are virtualized and wireless network has been established to covering all campuses. This paper summarizes the activities conducted under this project. This paper will be a guide to all institutions and organizations that want to newly establish or renovate their network infrastructure.

Keywords: Backbone Switch, Router, Firewall, Wireless Networks, Servers, Virtualization.

1. Giriş

Bilgisayar ağları kurumlara sağladıkları iletişim ve üretkenlik yetenekleri sayesinde kurumların en önemli unsuru haline gelmiştir. Teknolojinin gelişimine paralel olarak her kurum gibi yükseköğretim kurumları da ses, görüntü, veri

aktarımı ve depolamayı tek ve yönetilebilir ağlar üzerinden sağlamaları büyük önem taşımaktadır. Yükseköğretim kurumları ve bu ölçekteki diğer kurumların ağ alt yapısının sürekli ve verimli bir şekilde sağlaması için performans, süreklilik, ölçeklenebilirlik, güvenilirlik, esneklik ve yönetilebilirlik kriterlerini sağlaması

gerekmektedir. Tüm üniversitenin iletişiminin tek merkezi bir altyapı üzerinden yapılması maliyetlerin azalması, verimliliğin artmasını sağlayacak olup ağın yönetilebilirliğini de olumlu yönde etkileyecektir.

Gazi Üniversitesi (GÜ), 2009 yılı başında bilgi işlem alt yapısını çağın ve teknolojinin yeniliklerine göre yenileme kararı almıştır. Bu karar doğrultusunda "Gazi Üniversitesi Bilgi İşlem Altyapısı Yenileme Projesi" adı altında köklü yeniliklere gidilmiştir. Proje bünyesinde ağ topolojisi sadeleştirilerek tüm binalardan merkeze doğrudan fiber bağlantı yapılmış, aktif cihazlar yenilenmiş, mevcut sunucular sanallaştırılmış ve tüm yerleşkeleri kapsayan telsiz ağ kurulmuştur.

Çalışmanın ikinci bölümünde merkez yerleşkenin ağ alt yapısının yenilenmesinde gerçekleştirilen işlemler açıklanmıştır. Üçüncü bölümde ağdaki aktif cihazların yenilenmesi ve yenilenen ağ cihazları detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Son bölümde ise sonuç ve öneriler verilmiştir.

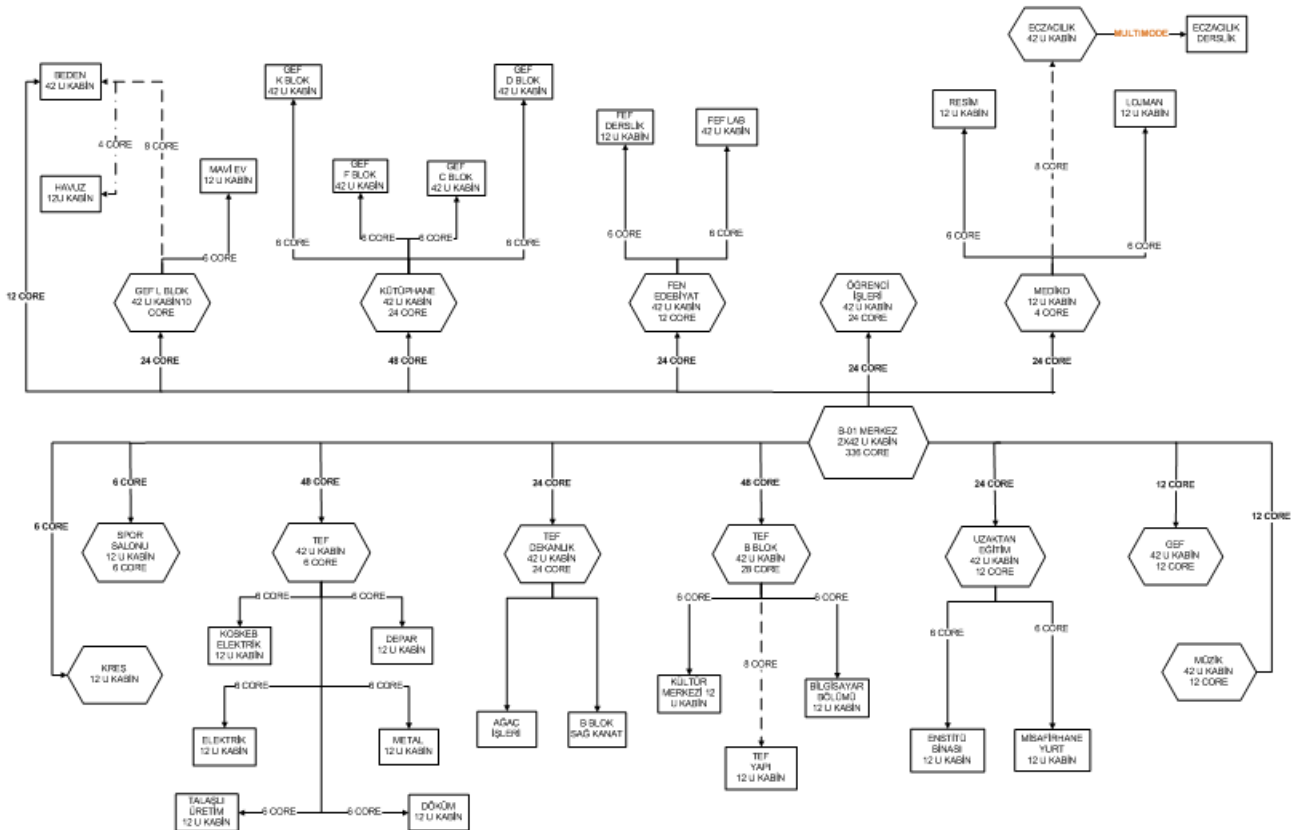
2. Merkez Yerleşkenin Ağ Alt Yapısının Yenilenmesi

Teknolojinin gelişmesi veri iletişimi hızını da etkilemiştir. Fiber optik (FO) kablolar sayesinde veri bakır kablolar gibi elektrik ile değil, ışık ile

taşıdığından çok daha hızlı, çok daha verimli ve çok daha güvenli bir akış sağlanmıştır [1]. Fiber optik iletimin diğer iletim yöntemlerine göre birçok yönden avantajları olup bu avantajlar yüksek bant genişliği, düşük ağırlık, daha az yer kaplama, daha güvenilir, düşük güç tüketimi, düşük maliyet elektromanyetik dalgalara karşı dayanım şeklinde sıralanabilir [2]. Fiber optik kablo uygulamaları, gelecekte ortaya çıkabilecek ihtiyaçları karşılayabilecek, uygulaması kolay ve etkin bir teknoloji yatırımı olduğu ve üniversite yerleşkelerindeki bilgisayar ağlarında omurga oluşturulması için yaygın olarak kullanılmaktadır [3].

Gazi Üniversitesi Bilgi İşlem Dairesi, 1987 yılında faaliyetine başlamış, 1993 yılında Türkiye'de ilk internet bağlantısı gerçekleştiren üniversiteler arasına girmiştir. Bilişim teknolojilerini kullanımda öncü kuruluşlardan birisi olan Gazi Üniversitesi'nin ağ alt yapısı zamanla hantallaşmış ve karmaşıklaşmıştır. Ağ topolojisine günlük ihtiyaçlara binaen yapılan eklemeler çarpıklıkları da beraberinde getirmiştir. Bu plansız ve niteliksiz eklemeler ağ alt yapısını iş göremez hale getirmiştir.

GÜ ağ alt yapısındaki bu hantallığı gidermek için öncelikle ağ topolojisi yeniden tasarlanmıştır. Daha önce rektörlük bilgi işlem merkezinden, fakülte bilgi işlem merkezlerine oradan bölümlere dağılan topoloji terk edilmiştir. İdari yapının ağ



Şekil 1. Fiber optik kablolama yapısı

topolojisine yansması olan bu yapıda yıldız topolojinin derinliğini artırmaktadır. Derinliği yüksek olan yıldız topolojiler ise yönetilebilirliği zorlaştırmakta, maliyetleri ise yükseltmektedir.

Şekil 1'de görüldüğü gibi yeni topoloji tasarımında merkez yerleşkede bulunan 38 adet bina doğrudan merkeze bağlanarak daha sade bir topoloji tasarlanmıştır. Tasarlanan bu topoloji için proje kapsamında inşa edilen sistem odasından her bir binaya doğrudan fiber optik kablo şebekesi kurulmuştur.

Kurulan FO şebekesinin bilgisayar ağlarının yanı sıra güvenlik kamerası sistemi ve telefon görüşmeleri gibi görüntü ve ses aktarımı içinde kullanımı öngörülmüştür. Yine bina bazında kullanıcı yoğunluğu, yedeklilik ve uzun vade ihtiyaçlar göz önüne alınarak 6, 8, 12, 24 ve 48 core sayısına sahip FO kablolar kullanılarak, toplamda 360 core, 15.000 metre FO kablo döşenmiştir.

FO kablo döşeme sürecinin ardından her binaya uygun kapasitede kabinler yerleştirilmiş. Kabinlerin içerisine güç dağıtım paneli, patch panel vb pasif cihazlar takılarak aktif cihazlar için hazır hale getirilmiştir.

3. Ağdaki Aktif Cihazların Yenilenmesi

Aktif Cihazlar, ağ altyapısı üzerinde iletişimi sağlayan elektronik cihazlar olup ağ üzerinde iletişim, yetkilendirme, paylaşım, güvenlik bu cihazlar ve üzerlerinde çalışan yazılımlar ile sağlanmaktadır.

GÜ mevcut alt yapısı incelendiğinde iki önemli sorunla karşılaşmıştır. Merkezdeki aktif cihazların üretimine ya da desteğine son verilmiş (end of life) cihazlardan oluştuğu, uçlarda ki aktif cihazların ise yönetilebilirliği olmayan dağıtım noktalarından oluştuğu görülmüştür. Bu sebeple merkezdeki yönlendirici ve omurga anahtarlar yenilenmiş, binalara yerleştirilen kabinlere ise binanın kapasitesine göre yönetilebilir anahtarlar yerleştirilmiştir.

3.1 Omurga Anahtar

Ana anahtar (core switch) olarak ta adlandırılan omurga anahtarlar, ağların merkezine konumlandırılırlar. Çok yüksek kapasiteli bu cihazlar yerel alan ağlarında omurga vazifesi görerek bütün alt ağlar arasındaki iletişimi ve ağa giriş çıkışları anahtarlama görevini yerine getirirler. Geniş alan ağlarında ise farklı ağların

uç noktalarında ara bağlantı anahtarı olarak görev yaparlar.

Omurga anahtarlar şase tipinde olup yuva (slot) mimariye sahip cihazlardır. Cihaz üzerindeki yuvalara ihtiyaca göre çeşitli denetim kartları ya da giriş çıkış birimleri takılabilir.

Gazi Üniversitesinin yeni omurga anahtarı üzerinde dokuz yuva yer almakta olup sekiz bölümünde ilgili parçaların takılmasına uygun bağlantı noktaları yer almaktadır.

Bu sekiz bölümden ikisinde ayrı ayrı yedekli yönetici birimi bulunmaktadır. Yönetici birimlerinin her birinde 2*10 Gigabit (Gb) bağlantı sağlayan fiber bağlantı noktaları yer almaktadır. İki yönetim biriminde toplam 4 adet 10 Gb bağlantı birimi bulunmaktadır.

Omurga üzerinde yer alan yuvalardan ikisinde fiber bağlantı noktalarının yer aldığı fiber birimler bulunmaktadır. Fiber birimlerin her birinde 48 adet 1 Gb fiber bağlantı noktaları bulunmaktadır. İki birimde toplam 96 adet 1 Gb fiber bağlantı noktası yer almaktadır. Bu fiber bağlantı noktalarına merkez yerleşkede bulunan 38 binadan gelen 76 FO uç bağlanmıştır.

Diğer iki yuvada Gb bakır bağlantı noktalarının yer aldığı bakır birimleri bulunmaktadır. İki birimde toplam 96 adet Gb bakır bağlantı yer almaktadır. Bakır bağlantı noktaları ile sistem odasında bulunan sunucu bilgisayarlar 1 Gb hızla yedekli olarak ağa dâhil edilmiştir.

Omurga üzerindeki yuvalardan birine proje kapsamında kurulan telsiz (wireless) yerel alan ağının yönetimi için telsiz hizmet birimi (Wireless Service Module) yerleştirilmiştir. Bu birim sayesinde üniversitenin bütün yerleşkelerine konumlandırılan erişim noktaları tek bir noktadan denetlenebilmektedir. Ayrıca yerleşke içerisinde hareketli halindeki kullanıcılar yerleşke boyunca kesintisiz bağlantı kurabilmektedirler.

Ağ güvenliğini ve verimliliğini artırabilmek için omurga üzerinden akan tüm ağ trafiğinin ihtiyaca bağlı olarak gözlenebilmesi, çözümlenebilmesi ve denetlenebilmesi gerekmektedir. Omurga üzerine yerleştirilen ağ çözümleme birimi (network analysis module) ile ağ içinde gerçek zamanlı görünürlük ve gelişmiş sorun çözme imkanları sunmaktadır. Uygulama trafiği, ağ kullanımı ve ağın eğilimleri hakkında öngörüler sunmaktadır. Omurga üzerinde yer alan ağ çözümleme birimi ile ağ trafik kaynakları istenilen bağlantı noktalarına odaklanarak ayrıntılı incelenebilmekte ve raporlanabilmektedir.

Omurga üzerinde yerleştirilen güvenlik duvarı birimi ile daha önce açık kaynak yazılım ile sunucu üzerinden sağlanan güvenlik duvarı hizmeti terk edilmiştir. Doğrudan omurga üzerinde gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Güvenlik duvarı birimi, akıllı uygulama ve geniş bant hizmetleri dâhil olmak üzere yüksek güvenilirlikli, yüksek başarımlı ile hizmet vermektedir. Güvenlik duvarı üzerinde dört bölüm (görev) yer almaktadır. Bunlar Gazi Üniversitesi dış yerleşkesinin trafiğinin, içeriye gelen trafik ile dışarıya giden trafiğin kontrol edildiği bölümler ve silahsızlandırılmış bölgedir.

Omurga üzerinde yer alan yuvalardan bir tanesi doğabilecek ihtiyaçları karşılayabilmek için boş bırakılmıştır.

3.2. Kenar Anahtarlar

Projenin aktif cihazlar kısmında yerleşke içerisindeki bütün binaların merkezlerine yönetilebilir anahtarlar yerleştirilmesi kararı alınmıştır. Hizmet verilecek binalar kullanıcı yoğunluğu, yapısal kablolamaya sahip olup olmadığı göz önüne alınarak ikiye ayrılmıştır.

Bu kapsamda merkez yerleşkesinde yer alan dört bina kullanıcı sayısının çok fazla olması, binanın yapısal kablolamasının düzgün olması ve tüm uçların bina içerisinde tek bir merkezde toplanmış olması ile diğer binalardan ayrılmıştır. Maliyetler de göz önüne alınarak bu binalara şase tipi 7 yuvaya sahip yönetilebilir anahtarlar yerleştirilmiştir.

Gazi Üniversitesi merkez yerleşkesinde yer alan diğer 34 adet binaya 48 adet bakır bağlantı noktasına 4 adet fiber bağlantı noktasına sahip yönetilebilir anahtarlar yerleştirilmiştir. Bu anahtarlar binanın sistem odasının omurgasını oluşturmakta ve merkez sistem odasında bulunan omurga anahtar ile iletişimi sağlamaktadır.

3.3. Yönlendirici

Yönlendirici ya da yönlendirici (router), aynı ağ iletişim kurallarını kullanan en az iki bilgisayar ağı arasında veri çerçevelerinin iletimini sağlayan ağ donanımdır [5]. Gazi Üniversitesi yerleşkelerini kapsayan geniş alan ağı, Ulusal Akademik Ağ ve Bilgi Merkezi (ULAKBİM) tarafından sağlanan ULAKNET bağlantısı ve Türk Telekom Anonim Şirketi tarafından sağlanan metro ethernet bağlantıları arasında görev yapmak üzere yeni bir yönlendirici temin edilmiştir.

Proje kapsamında temin edilen yönlendirici üzerinde 5 adet yuva bulunmaktadır.

Çalışma kapsamında, üzerinde, 5 adet Gigabit Ethernet ara yüz kartının takılabileceği yuva bulunduğu ve bu yuvalardan 3 tanesine 1000BaseSX, 2 tanesine ise 1000BaseLX ara yüz kartı takılı olduğu bir yönlendirici kullanılmıştır.

Yönlendirici üzerinde 16 bin adet erişim denetim listesi (ACL, Access Control List) tanımlanabilmektedir. Tek yöne yayın (unicast) yönlendirme tablosu 1 milyon adet IPv4 rotayı tutabilecek büyüklüktedir. Tek yöne yayın (unicast) yönlendirme tablosu 256 bin adet Ipv6 rotayı tutabilecek büyüklüktedir. Çoklu gönderim (multicast) yönlendirme tablosu 128 bin adet rotayı tutabilecek büyüklüktedir. Yönlendiricinin üzerinde 4 GB DRAM ve 1 GB flash bellek bulunacaktır.

3.4. Sunucular ve Sanallaştırma

Sanallaştırma, mevcut bulunan fiziksel donanımın sanal makineler (virtual machines) yardımıyla çok daha verimli kullanılabilmesini sağlayan, çeşitli yazılım ve donanım bağımlılıklarını ortadan kaldıran, bu sayede de yeni ürün ve servis geliştirme maliyetlerinde büyük tasarruflar sağlayan bir yazılım çözümdür. Sanallaştırma yazılımı, üzerinde yüklü olduğu donanımı, sanal makinelerin sanal kaynakları olarak organize eder ve paylaşır. [6]. Günümüzde sanallaştırma yazılımlarını destekleyen donanımlarda üretilmektedir.

Özellikle veri merkezleri düşünüldüğünde sunucu donanımlarının satın alma bedellerine enerji, iklimlendirme, bakım, onarım gibi işletme bedelleri eklendiğinde maliyetler oldukça yüksek rakamlara ulaşmaktadır. Ayrıca kullanılan donanımların düşük kapasitede kullanılması da verimlilik açısından önemli kayıplara neden olmaktadır.

Gazi Üniversitesi alt yapısında çeşitli amaçlarla kurulmuş ve hizmet veren pek çok sunucu sistemi mevcuttur. Bu sunuculardan önemli bir kısmı uzun yıllar önce kurulmuş ve sahip oldukları donanımlar teknolojik eskimeye maruz kalmışlardır. Bazı sunucu sistemler ise imkanlar dahilinde kişisel bilgisayarlar üzerinden hizmet vermişlerdir.

Proje kapsamında GÜ bünyesinde hizmet verecek sunucu sistemler için düşük maliyet ve yüksek verimlilik sağlamak amacıyla sanal sunucu kullanılması benimsenmiştir. Gazi Üniversitesi sunucu ihtiyaçları için beş adet 4 "Intel Xeon

7450" işlemcili, sunucular temin edilmiştir. Gazi Üniversitesi bünyesinde bulunan eski sunucular sanallaştırma teknolojisi kullanılarak 45 adet sunucu sanallaştırılmıştır. Böylece Gazi Üniversitesi'nde de kullanılan sanallaştırma yazılımı sonucu enerji tasarrufu, geriye alma kolaylığı, düşük sunucu kapama süresi, donanım hasar gördüğü zaman kolaylıkla başka bir yere taşınabilme avantajlarından faydalanılmaktadır.

Hizmet veren sunucular sanallaştırma sürecinde yazılım boyutunda da yeniden düzenlenmiştir. Bu bağlamda farklı farklı zamanlarda farklı ekipler tarafından kurulan ve bu nedenle farklı işletim sistemi ve sürümüne sahip olan sunucuların mümkün olduğunca ortak yazılımları kullanması sağlanmıştır. Linux tabanlı işletim sistemine sahip sunucular için CentOS dağıtımının 5.5. sürümü tercih edilmiştir. Yine Ms Windows işletim sistemine sahip sunucular için Ms Windows 2008 işletim sistemi tercih edilmiştir.

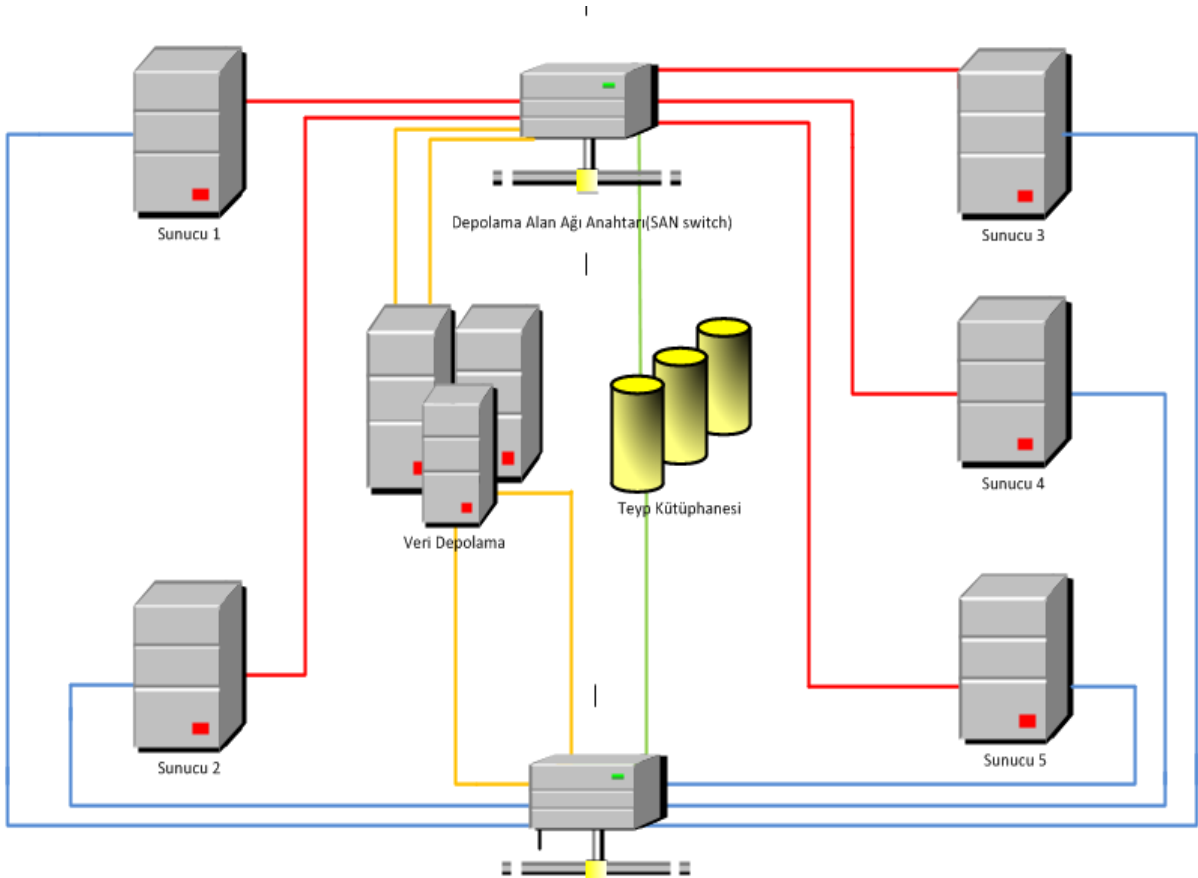
3.5. Veri Depolama ve Teyp Kütüphanesi

Proje öncesi GÜ sunucu sistemlerinin veri depolama ihtiyacı sunucu makinelerin üzerlerindeki sınırlı kapasitedeki disklerle sağlanı gelmiştir. Bu durum başta e-posta kullanıcı kotaları olmak üzere pek çok sunucu sisteminde ihtiyacın çok altında veri depolama alanı ile süreçler sürdürülmüştür.

Veri depolama kapasiteleri yetersiz olan sunucu sistemlerin sanallaştırılarak 5 sunucu makineye yerleştirilmesi sonucu veri depolama ihtiyacının veri depolama sistemleriyle (VDS, Disk Storage System) sağlanmasına karar verilmiştir.

İhtiyaç olan VDS'nin niteliklerini belirlemek için öncelikle sunucular üzerinde yürütülen uygulamaların disk kapasitesi ihtiyaçları tespit edilmiştir. İkinci olarak uygulamalar veri erişim hız gereksinimlerine göre ikiye ayrılmıştır. Sonuç olarak veri tabanı, e-posta gibi yüksek hız gerektiren uygulamalar için toplam 50 TB kapasiteye sahip SAS diskler, sahip güvenlik kayıtları, yedekleme işlemleri gibi nispeten düşük hız gereksinimine sahip uygulamalar için 25 TB SATA disk teminine karar verilmiştir. Disk dizilerine RAID 6 uygulanmıştır.

İhtiyaç analizi sonucu alınan kararlar doğrultusunda GÜ merkezi sistem odasında kullanılmak üzere veri depolama ünitesi, teyp kütüphanesi ve iki adet depolama alan ağı anahtarı (SAN switch) temin edilmiştir. Şekil 2'de görüldüğü gibi beş adet sunucu depolama alan ağı anahtarlarının her birine bağlanmıştır. Her iki anahtara bağlanarak yedekliliği sağlanmıştır. Depolama alan ağı anahtarları da ikişer adet bağlantı ile veri depolama ünitesine bağlantısı sağlanmıştır. Teyp kütüphanesi de Şekil 2 'de yer aldığı gibi her bir depolama alan ağı anahtarına bağlanmıştır.



Şekil 2. Sunucu ve veri depolama yapısı

3.6. Telsiz Yerel Alan Ağı

Bir yandan mikroişlemcili sistemlerin küçülmesi ve taşınabilirliğinin artması bir yandan da teliz ağların yaygınlaşması ile bilgiye her an her yerden erişim talepleri artış göstermektedir. Telsiz teknoloji ve taşınabilir mikroişlemcili sistemlerin artmasıyla mekândan bağımsız internet tabanlı hizmetlerin alınması kolaylaşmıştır.

Proje kapsamında GÜ personel, öğrenci ve misafirlerinin GÜ yerleşkelerinde telsiz ağ bağlantısı sağlanması ve internete erişebilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda adet 85 adet harici 9 adet dahili erişim noktası (EN) temin edilerek, GÜ yerleşkelerine konumlandırılmıştır.

Bunlara ek olarak proje öncesinde GÜ merkez kütüphanesinde hizmet veren 15 adet dâhili EN ile yine Maltepe Yerleşkesinde faaliyet gösteren GÜ vakfı okullarına ait 42 adet dâhili EN de sisteme dahil edilerek toplamda 150 adet EN ile GÜ yerleşkelerinin dış mekanlarının tamamı iç mekanlarının ise büyük bir kısmı telsiz alan ağı kapsama alanına alınmıştır.

GÜ telsiz alan ağı dahilindeki tüm hizmetleri tek noktadan yönetebilmek omurga anahtar yuvasına uyumlu telsiz hizmet birimi (Wireless Service Module) temin edilmiştir. Bu birim sayesinde telsiz alan ağının hizmet kalitesi

Kullanıcıların ağa erişim için kimlik doğrulaması yapılmaktadır. Bu kapsamda bir RADIUS sunucu kurularak üniversite kapsamındaki bilgi sistemleriyle irtibatlı bir kimlik doğrulama sistemi geliştirilmiştir.

4. Sonuç ve Öneriler

Tüm altyapı çalışmalarında olduğu gibi ağ ve sistem altyapı çalışmaları da maliyeti yüksek yatırımlardır. Yapılan yatırımlar uzun vadede yönetim maliyetleri düşürmekte, en az kesinti ile hizmet vermeye olanak sağlamakta ve yeni projelerin üretimine olanak sağlamaktadır.

İhtiyaçları karşılayamayan bir yapıda yönetim için harcanan insan gücü ihtiyacı artmakta ya da hizmet kalitesi düşmektedir. Bu yapılarda personel hareketliliğine karşı esneklik kaybolmaktadır. Personel açısından da görev tanımı kapsamındaki işlerin yürütülmesini güçleşmektedir.

Kablosuz ağlar, güvenlik amaçlı görüntüleme merkezli yapı, ip telefon, bilimsel araştırmalar için merkezi sunucu havuzu vb. yapılması planlanan projelerde öncelikli olarak yapının bu ihtiyaçlara cevap verecek nitelikte olması gerekmektedir.

Altyapı ihtiyaçlarının karar mercilerine doğru şekilde anlatılabilmesi için, mevcut yapının eksikleri, bu eksikliklerden kaynaklı aksaklıklar ve bunların giderilmesi için gerekli yatırımlar doğru şekilde ifade edilmesi gereklidir.

5. Kaynaklar

[1] İnternet: "Fiber optik teknolojisi ile geleceğe hazırlanın", <http://www.basimbultenim.com/2008/fiber-optik-teknolojisi-ile-gelecege-hazirlanin> (2010).

[2] Işık, Y., Kahvecioğlu, A., "Veri İletim Yöntemleri Ve Optik Veri İletiminin Aviyonik Sistemlerdeki Kullanımı", Havaçılık Ve Uzay Teknolojileri Dergisi, 1(2): 91-97 (2003).

[3] Tekin, S.A., Yenice, Y.E. "Kampüs Ağları için LMDS ile Kablosuz Optik Haberleşme Sistemlerinin Karşılaştırılması", Akademik Bilişim Konferansı, (2004)

[4] Gazi Üniversitesi Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı 2009 Faaliyet Raporu.

[5] İnternet: "Yönlendirici" <http://tr.wikipedia.org/wiki/Yönlendirici> (2010)

[6] Alparslan, E., "Sanallaştırma Ve Sanallaştırmanın Büyük Oyuncusu VMware", <http://www.enderunix.org/docs/Sanallastirma.pdf>

[7] İnternet: "Sanallaştırma Teknolojisi Nedir? Yararları Nelerdir?", <http://farkbul.net/anlatim-ve-makaleler/1821-sanallastirma-teknolojisi-nedir-yararlari-nelerdir.html> (2010).