

Akademik Bilişim Altyapısında Esneklik: Bilgisayar ve Enformatik Bölümlerinde Tecrübeler

Mehmet Gençer

İstanbul Bilgi Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Bilgisayar Bilimleri Bölümü
İstanbul Bilgi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sosyal Ağlar Araştırma Gurubu
mgencer@cs.bilgi.edu.tr

Özet

Bu çalışmada Bilgisayar Bilimleri, Matematik, ve Enformatik bölümlerine hizmet veren bir altyapıdaki tecrübeler ve üretilen çözümler özetlenmektedir. Söz konusu sistem bir bilgisayar bilimleri bölümü bünyesinde bulunması sebebiyle personel ve öğrencilerin bir kısmının dolaysız etkilerine, yeni teknolojilerin nüfuzuna açıktır. Bu değerlendirmede (1)altyapıdaki sistemin geçirdiği dönüşümün kullanıcılarının ve onların ihtiyaçlarının geçirdiği dönüşümle birlikte bir okuması, (2)kimi altyapı sorunlarına açık kaynak yazılımlar esas alınarak geliştirilen çözümler ve araçlar, ve (3)bu çözümlerin ihtiyaçlardaki esnekliği karşılama düzeyinin ve sistem maliyetlerinin genel bir değerlendirilmesi sunulmaktadır.

1 Giriş

Birbirinden farklı görünen kurumsal ağlar, karşıladıkları ihtiyaçlar ve bunları karşılayan yapısal bileşenler itibarıyla büyük benzerlikler gösterir. Bir lise bilgisayar laboratuvarı, internet kafe, üniversite bölümü, askeri haberasyon merkezi, ve paralel işlem laboratuvarı tasarlanırken, sınır güvenliği, veri paylaşım güvenliği ve performansı, arıza gi-

derim süresi, vb. kriterleri, önem derecelerine durumun gereklerine uygun şekilde karşılayan yazılım ve donanım bileşenleri seçilir.

Bu sistem örneğindeki farklılıklar iki gruba ayrılabilir. (1)Bileşenler üzerindeki seçim kriterlerinin önem derecesini belirleyen bağlam, sistem tasarımı sırasında yapılan seçimleri ağırlıklı olarak etkiler. Ancak (2)sistemin refleks ve evrilme hızının ihtiyaçların değişme hızını karşılaması, uzun vadede önemli olmakla birlikte öngörülmesi veya birlikte karşılanması zor bir ihtiyaçtır[1]. Ayrıca seçilen yazılım enstrümanlarının kullanıcı ve yöneticilere uygunluğu benzeri faktörler sistemin genel hızında belirleyicidirler ve bu etkiler de her zaman öngörülemezdir. Bundan dolayı teknolojiyi geniş anlamda kullanılan araçlarla birlikte kullanıcıların bunlarla çalışabilme kapasitesi olarak almak gerekir[2]. Ancak bu kapsamda seçilen bir teknoloji uygun bir tasarımla birleştğinde, hızlı refleks gösterebilir ve kurumun yenilikçi yönünü besleyen bir rol oynayabilir[3].

Yönetim stratejisi açısından genel olarak sistemlerin esnekliği ve talebe göre değişkenliği rekabet gücü ve verimlilik açısından önemli olmakla birlikte, örneğin bir üniversite uygulamasında akademik yöntemlerin ve değerlerin bu değişim hızı dolayısıyla yıpranmadan devam etmesi bek-

lentisi vardır. Öte yandan teknoloji kullanımının artmasına, eğitimin niteliğini zayıflatacağı endişesi eşlik etmektedir[4]. Bilişim sistemlerinin üniversitelerdeki uygulamalarına baktığımızda, gitgide artan ölçüde eğitimdeki sorunları aşmak konusunda bu sistemlerle ilgili beklenti artmaktadır. Ancak bir yandan artan teknoloji(yazılım ve donanım) talebi ve öğrenci sayısı, bir yandan kısıtlı bütçeler altında doğru tercihleri bulmak zorlaşmış görünmektedir. Öte yandan değişen öğrenci ve akademisyen profili sebebiyle kampüste birebir ve eşzamanlı olanın ötesinde, elektronik ortamdan ve eşzamansız olarak eğitim ve araştırma sürecine katılma(sanal kampüs) talebi bu tercihlerin üzerindeki baskıyı daha da arttırmaktadır. Eğitimi sırasında çalışan veya başka sebeplerle eğitimle ilgili takvimini farklı şekillerde düzenlemek isteyen öğrenci sayısında artış gözlenmektedir.

Üniversiteler üzerinde artan kapasite baskısı kampüsle kısıtlı eğitimi bir dizi açmazla karşı karşıya bırakır[4]. Herşeyden önce öğrenci başına maliyet açısından artan öğrenci sayılarını absorbe etmek güçtür. Ayrıca akademik işleyişin temposu bu hızda büyümeye uygun değildir. Bu baskılar altında iletişim teknolojilerinin kullanımı sıklıkla denenmiştir. Bugün pek çok üniversite web üzerinde ders malzemesi, dijital kütüphane, ve benzeri sistemlerle hem kampüs eğitimini destekleme hem de kapasite artışı yaratmayı başarıyor. Anadolu Üniversitesi'nin Açık Öğretim programı 500.000'i aşan öğrenci sayısı ile bunun başarılı bir örneğidir.

Bu çalışmada birkaç üniversite bölümüne hizmet veren örnek bir sistem ele alınıyor ve yapılan teknolojik tercihlerin olumlu ve olumsuz sonuçlarını özetleyen bir değerlendirme sunuluyor. Bu değerlendirme içerisinde teknik bölümler bulunmakla birlikte değerlendirme eksenini genel olarak denenen tekniklerin eğitim pratiğinde sağladıkları yarar ve akademik gündeme

uyum sağlama kapasitesidir. İkinci bölümde örnek sistemin hizmet verdiği ortam ve belirleyici fiziki koşullar anlatılmaktadır. Üçüncü bölümde sistemden beklentilerin geçirdiği dönüşüm ele alınmaktadır. Dördüncü bölümde uygulanan teknolojilerin, yaklaşımların, uygulama kolaylığı ve maliyet konusunda alınan sonuçların bir özeti bulunuyor. Son bölümde de sonuçlar, özellikle açık kaynağın rolü izlenerek verilmekte ve bazı öneriler sunulmaktadır.

2 Örnek sistem: bir üniversite bölümü

Bir bilgisayar bilimleri bölümüne hizmet veren bu sistem 2001 yılında 7 personel ve 120 öğrenciye hizmet vermek üzere kuruldu. Sistem ders malzemelerine web üzerinden erişimi sağlamakla eşzamansız eğitimi de destekliyordu. Ancak öğrencilerin kullandığı bilgisayarlar merkezi bilgi işlem birimi tarafından yönetiliyor ve bölümün öğrencilerine sunmak istediği kendine özgü yazılım imkanlarının sağlanmasında sıkıntılar bulunuyordu. İstemci sistemlerin kullanıcıların branşlarına özel ihtiyaçlarını karşılaması lisans maliyetleri ve işgücü maliyetleri açısından zor, ancak Bilgisayar Bilimleri bölümü örneğinde yokluğu kabul edilemez bir koşuldur.

Bu yüzden birkaç bilgisayar laboratuvarının ayrı bir merkeze bağlanması ile bilgisayar bilimleri bölümü idaresinde ayrı bir sistem oluştu. Bugün bu sistem pek çok bölümden 600 kişiye hizmet veriyor. Bünyesinde daha fazla sayıda laboratuvar ve istemci var. Kullanıcı hangi istemciyi kullanırsa kullansın kendi sistem özelleştirmeleri ile karşılanıyor ve merkezi dosya sistemindeki kişisel alanından yararlanıyor. Kullanıcıların birer web alanı, e-posta servislerine erişimi bulunuyor. Derslere veya çalışma gruplarına özel e-posta grupları, yazılım geliştirme ser-

visleri veriliyor. Açık kaynak yazılımlar, ve özellikle GNU/Linux işletim sistemi sayesinde yazılım maliyetleri düşük. Daha da önemlisi bakım gereksiniminin düşüklüğü sayesinde, adanmış işgücünün son derece kısıtlı olmasına rağmen üniversitedeki diğer sistemlerin çoğunda bulunmayan hizmetleri verebiliyor.

Yeni sistemde istemci özelleştirme ve bakımı tamamen tek bir merkeze ötelendiğinden istemci parkındaki değişiklik talepleri çok kısa sürede karşılanabiliyor. Ayrıca CDden açılır istemci sistemleri de içeren bir dizi servisle, öğrencilerin ve çalışanların bu kampüsteki ortamdaki ve dosya alanından ev ve yurtlarda kullandıkları bilgisayarlarda da yararlanabilmelerini sağlıyor. Ve yine açık kaynak lisanslarının verdiği imkan ile bu açılımların maliyete yansması çok düşük.

3 Beklentilerin dönüşümü

Sistemin merkezi sistemden ayrılmasındaki anahtar faktör istemcilerin özelleştirilebilmesi ve entegrasyonu ihtiyacıydı. Türkçe bilmeyen öğrencilerin varlığı gibi sebeplerin yanısıra çalışmalardaki verimlilik için de, örneğin kullanıcının işletim sisteminin dil ve diğer masaüstü ayarlarını özelleştirebilmesi, ve işletim sisteminin kişisel dosyalara zahmetsiz erişim sağlaması isteniyordu. Ancak merkezi sistemde kullanılan ticari teknolojiler, yüksek maliyetlerine rağmen bu türden bir ihtiyacı karşılamıyordu.

Yukarıda bahsedilen beklenti bugün genişlemiş ve kampüsteki bilgisayar laboratuvarında sunulan servislerin tamamına diğer kampüslerden, kampüs dışından(evde, yurttaki, seyahatte), ve kampüslerde kablosuz ortamda da erişim talep edilir olmuştur. Bu yüzden güvenlik konusu ilk tasarıma göre

son derece farklı bir konumdadır ve sıkıntı yaratmıştır.

Hizmetlerin birçok bölüme verilmeye başlanması, tek departmanın organizasyonel şablonu için tasarlanmış kullanıcı muhasebesi sisteminde sorunlar yaratmıştır. Ayrıca laboratuvarları kullanan departman ve ders sayısındaki artış, istemci özelleştirmelerinin güncellenmesi taleplerinin sıklaşmasına yol açmış ve varolan işgücü ile bu talepler karşılanamadığından durumsuz istemci(*stateless client*) çözümüne ihtiyaç doğmuştur.

Eğitim sürecine dair kritik beklenti ise, bilgisayar bilimleri eğitimi alan öğrencilerin, programlama araçlarına ve bunlarla ilgili eğitsel malzemelere erişebilmesiydi. Ayrıca hizmet verilen matematik ve enformatik bölümü öğrencileri için ayrı yazılım araçları gerekti. Başlangıçta eğitimde kullanılan Java(©Sun Microsystems) ve MatLab gibi yazılım teknolojilerin çoğu farklı işletim sistemleriyle uyumluydu. Öğrencilerin ev bilgisayarlarda da bu yazılımları kullanabilmesi ise biraz farklı bir konuydu. Bu faktörlerin toplam etkisiyle müfredat pratiğinde gitgide daha fazla açık kaynak ve kamu lisanslı yazılım[5] kullanımı ağırlık kazandı.

Servis verilen tüm bölümlerdeki müfredatın gelişimi, öğrencilerin giderek daha fazla sayıda yeni teknolojiye maruz kalmasını gerektirdi. Bu farklı yazılım sistemlerinin kurulum ve özelleştirme sürecinin öğrenciler tarafından deneyimlenmesi ihtiyacı büyüdü. Bilgisayar bilimleri öğrencileri için de işletim sistemi dahil tüm yazılımların kodlarına erişim, dökümantasyonlarına erişim, yazılımları değiştirme ve yeniden derleme talebi bulunuyordu.

Genel olarak açık kaynak yazılım çözümlerine ve GNU/Linux'a¹ geçişten sonra kul-

¹Bu sistemler arasında Debian, Gentoo gibi kamu lisanslı işletim sistemleri ile beraber, RedHat, SuSe gibi ticari sistemler bulunuyor

lanıcıların yeni yazılımlarla tanışma düzeyinin arttığı gözlemlendi ve sistemde özelleştirme talepleri bununla paralel olarak arttı. Bunda yazılımlara erişimde maliyet düşmesi en olası etken olarak görünüyor. Ayrıca -dökümantasyonlara kolay erişimin etkisiyle- sistem yöneticiliği için gönüllü olan personelin sistemi kontrol etme yetkinliği arttıkça, bu taraftan sisteme yapılan yenileştirmelerin miktarında ve çeşitliliğinde artış görüldü.

Kullanıcıların yapısal dönüşümünü de kaydetmek gerekiyor. Hem bilgisayar bilimleri kontenjanının artması, hem de personelin akademik veya diğer faaliyetlerinin kapsamının genişlemesiyle yeni araştırma ve çalışma grupları ortaya çıktı. Sistemde kullanıcı gruplarını ve kaynaklara erişimi düzenleyen mekanizmalar, sistemin yapısal bileşenleri içerisinde üzerindeki talep en fazla artan ve stres altında kalanlar oldu.

4 Sistemin dönüşümü

İstemciden bağımsız olarak kullanıcı özelleştirmelerinin yapılabilmesi ve dolayısıyla merkezi dosya sistemi ile entegrasyon ihtiyacının, eldeki ticari sistemlerce karşılanamaması sonucu GNU/Linux sistemler denendi. Önce Kerberos kullanıcı tanımlaması ve AFS dosya sistemi test edildi. Ancak bu teknolojilerin o günlerdeki performansı, kod olgunluk düzeyi ve personelin tecrübesi gözönüne alınarak NIS kullanıcı yönetimi ve NFS dosya sisteminde karar kılındı. Güvenlik açısından bilinen eksikliklerine rağmen bu sistemler kampüs içindeki ihtiyacı tam olarak karşıladı. Kullanım tarzı sistem yönetimi personeli tarafından benimsendi ve erişim hızı performansı son derece yüksek oldu. Başlangıçta elimizdeki donanım imkanlarıyla toparlanan 512MBlık sunucu 80 istemciyi rahatlıkla karşılayabildi. Hem sunucu hem istemci sistemlerinde RedHat ve SuSe GNU/Linux

kullanıldı. Ağgeçidi ve güvenliği için ise kararlı ve yüksek performanslı FreeBSD sistemi kullanıldı. Bu sistem de dökümantasyonun yüksek kalitesi ve erişilebilirliği sayesinde sistem yöneticileri tarafından kolay benimsendi.

İlk faz sırasında sistem, yönetim kalitesi olarak profesyonel bir sistemden çok bilgisayar bilimleri bölümü personel ve öğrencilerinin "hobi" sistemi niteliğindedir. Ancak seçilen pek çok yazılımın kararlı ve problemsiz oluşu bizi enkazını kaldıramayacağımız birçok kazadan ve saldırıdan korumuş görünüyor.

Bu aşamada, geniş bir kamu lisanslı yazılım havuzundan yararlanabilecek bir durum oluşmasıyla sistemin verdiği servislerin kapsamı geliştirildi. Dersler ve çalışma grupları için e-posta listeleri, kişisel web alanı ve yedeklenen kişisel dosya alanı, yazılım ve içerik geliştirme servisleri, yüksek işlem gücü gerektiren araştırma projeleri için hesaplama kümeleri gibi servislerin² etkisiyle Matematik, Finansal Matematik ve Enformatik bölümleri ile bazı yüksek lisans ve doktora programları da bu sistemden yararlanmaya yöneldi.

Sistemin kullanıcı tabanının ve kalite düzeyi beklentisinin büyümesinden sonra ortaya çıkan bazı sorunlar ve çözümleri şöyle özetlenebilir:

1. Büyüyen GNU/Linux tabanlı sistem, performansla dayalı ve "dostane" bir dahili ağ varsayımına dayalıydı. Sistemde, bu geçişte zorlanan ya da başka sebeplerden ellerindeki Windows(©Microsoft) ticari işletim sistemlerine bağlı kalan kullanıcılar bulunuyordu. Uzunca bir süre öğrencilerin bu platformu deneyimleyebilmesi için istemciler her iki sistemi de barındırdı.

²Bu servisler için kullanılan yazılımlardan bazıları: Mailman, Apache ve WebDAV teknolojisi, CVS, Borg. Borg kümesine erişim için <http://borg.cs.bilgi.edu.tr/>

Ancak ticari işletim sistemlerinde sık yaşanan virüsler sistemin tamamını tehlikeye attığından istemcilerde bu sistemin kullanılmasından vazgeçildi. Şu anda geriye kalan birkaç ticari sistem kullanıcısı -sistemdeki tek ücretli yazılım olan- bir virüs koruma yazılımı ile kontrol ediliyor. Bu konuda bir çözüme ulaşıncaya kadar ticari sistemlerdeki virüslere bağlı alarmlar sistem yöneticisi personelin en fazla vaktini alan konulardan oldu.

2. Hata toleransının arttırılması için RAID türü sistemler, düzenli yedekleme, ve afete dayanıklılık prosedürleri ihtiyacı doğdu. GNU/Linux sistemlerinde bu çözümler kolayca uygulandı. Çoğu türden kriz aşım süresi yaklaşık iki saat civarında stabilize oldu.
3. İstemci makine parkının genişlemesiyle birlikte istemcilerin güncellenmesi işi çok fazla zaman alır hale geldi. Bu sorunu çözmek için ağ üzerinden sistem açılışı yapabilen PXE teknolojisinden ve NFS dosya sisteminden yararlanan ağdan açılır sistemler geliştirildi. Yine açık kaynak yazılımlar kullanıldı. Bu sayede tüm istemci sistemleri tek bir merkezden vakit harcamadan güncellenabiliyor. Ayrıca bu çözümde yerel depolama alanına ihtiyaç olmadığından, bundan sonraki donanım tedariklerinde kayda değer bir maliyet tasarrufu getiriyor.
4. Genişleyen istemci ve sunucu parkının izlenmesi için Nagios ve Cacti benzeri açık kaynak sistemlerden yararlanıldı
5. Kullanıcı bilgilerinin güncellenmesi hem çok vakit alan, hem de NIS sistemini zorlayan bir konu haline geldi. Şu anda bu sorunları aşmak için LDAP sistemine geçiliyor[6].
6. Bunlara ek olarak telsiz yerel ağ teknolojisinin yaygınlaşmasıyla birlikte

bu konuda artan talepler, NFS sisteminin güvenlik açıkları yüzünden karşılanamadı. Bu sorunun aşılması için NFS'in güvenli dördüncü sürümü ve Kerberos sistemi test ediliyor. Yeni gelişen ve Linux çekirdeğine nüfuz etmekte olan NFS sisteminin³ 2006 ortalarında güvenle kullanılabilir bir kod olgunluğuna erişmesi bekleniyor.

İlk başta kullanım arayüzünün basitliği sebebiyle tercih edilen RedHat GNU/Linux sistemi hem kod kararlılığı problemleri hem de alt düzeyde müdahale zorluğu nedeniyle terkedildi ve yerine kullanılan Debian sistemi düşük arıza sayısı ve süresi sergilediği için benimsendi.

4.1 Durumsuz ve CDden açılır sistemler

Sistemde durumsuz(yerel depolama aygıtı kullanmayan) istemci kullanımı ince istemciler(thin client) tercih edilmiştir. Bunda ana etmenler sunucu donanımımızın zayıflığı ile birlikte, ince istemcilerde sunucu tarafını ölçeklemenin zorlukları oldu. Ayrıca durumsuz istemciler ince istemciler gibi istemci kaynaklarını(işlemci ve bellek) atıl bırakmıyordu. Ne yazık ki ince istemci çözümleri halihazırda bulunmasına rağmen, varolan durumsuz istemci çözümleri kullanılabilir bulunmadı.

Un*x ailesinde kullanılan dosya sistemi mimarisinin esnekliği ve makina parkında varolan BIOS desteği sayesinde PXE ile çalışan bir durumsuz istemci yapmak mümkün oldu.

Durumsuz istemcilerin açılışı için kullanılan teknoloji geliştirilerek CDden açılır sistemler oluşturuldu. Bu sayede çalışan bir Debian

³Internet Engineering Task Force. NFSv4. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3530.txt>. Ayrıca Michigan Üniversitesinin projesi: <http://www.citi.umich.edu/projects/nfsv4/>

GNU/Linux sistemi tüm özelleştirmeleri ile birlikte CD ya da DVDden açılır hale getirilip herhangi bir PC üzerinde kullanılabilir. Bugün bunlar kampüsteki bilgisayar ortamını aynen kampüs sınırları dışında da sunmak konusunda bir çözüm olarak test ediliyor. Öğrencilerin bir CD ve küçük bir taşınabilir depolama aygıtı ile (ya da doğrudan ağ üzerinden kişisel dosya alanlarına bağlanmak suretiyle) örneğin bizim ağımızın ve kontrolümüzün dışında bulunan yurtlardaki bilgisayarlar üzerinde bölüm laboraturalarındaki benzer bir sistemi kullanmaları mümkün oluyor.

Ayrıca kritik sunucuların güncellenmesinden önce tüm sunucu sistemi açılabilir bir CD üzerine yedeklenerek güncelleme sorunlarında arıza süresi kontrol altına alınabiliyor.

CDden açılır sistemlerin geliştirilmesinde UnionFS⁴ türü açık kaynak araçlar kullanıldı. Üretilen çözüm araçları ve uygulama notları akademik tavıra uygun olarak kamu lisansı ile sunuluyor⁵.

5 Sonuçlar

Sistemin dönüşümü izlendiğinde genişlemede karşılaşılan sıkıntılar daha genel bir çerçevede şöyle özetlenebilir:

1. Yekpare istemci konfigürasyonların fizibilitesi düşüş eğilimi göstermektedir. Hem istemci sayısı hem de faaliyet alanı çeşitliliğinin artmasıyla bu kullanıcıların bilgisayarları kişisel özelleştirmeleriyle kullanabilecekleri bir entegrasyon düzeyi gerekli olmuştur.

⁴<http://www.fsl.cs.sunysb.edu/project-unionfs.html>

⁵bkz.: <http://babbage.cs.bilgi.edu.tr/svnrepos/acarix/> ve <http://cs.bilgi.edu.tr/mgencer/acarix>

2. Gerek dizüstü bilgisayar teknolojisinin gerekse internet bağlantısının yaygınlaşmasıyla fiziksel kampüs sınırları anlamsızlaşmaktadır. Bu yüzden, örneğin özellikle öğrencilerin eğitim için kullanılan yazılım ve ağ servislerini kampüs dışında kullanabilmesi ihtiyacı ön plana çıkmıştır.
3. Hem kullanıcılar hem de sistem yöneticileri açısından genişleyen ihtiyaçların hızla karşılanmasında, alternatif yazılım çözümlerine erişim imkanı veya alternatif çözüm geliştirme hızı güçlü bir parametre olarak kalmaktadır.

Sözkonusu uygulama örneğinde açık kaynak çözümlere yönelim, özellikle yukarıdaki son faktörle ilgili olarak oluşmuştur. Mali kısıtlar erişilebilen çözüm havuzunu büyük ölçüde kamu lisanslı yazılımlarla sınırlamaktadır. Bir zorunluluk olarak başlamasına rağmen, bunu takip eden süreçte açık kaynak çözümler, standartlara uyumlu ve güvenli olmaları, hızlı geliştirme süreçlerine sahip olmaları gibi nedenlerden ötürü ihtiyaçları karşılama konusunda ticari araçlarla olan tecrübemize göre çok daha verimli olmuşlardır.

Kurulum, yönetim, ve hatta donanım maliyeti düşük bir sistemle birinci sıkıntı tamamen karşılanabilmektedir. Halen test aşamasında olan, CDden açılır çözümleri de içeren teknikler sayesinde hem ikinci sıkıntının da tam olarak karşılanması, hem de makine parkı yönetiminin daha da rahatlatılması eşzamanlı olarak olası görünmektedir. Bu sistemin dosya sistemi sunucusu ayağına karşılık olarak ise yeni nesil güvenli Linux dosya sistemi(NFSv4) teknolojisi öngörülmektedir.

Bu süreçte özellikle açık kaynak sistemler üçüncü sıkıntının aşılmasında önemli olmuştur. Bu alternatiflerde eğitim malzemesine erişimin rahatlığı, öğrencilerin ve sistem yöneticilerinin kendi ihtiyaçlarına

uygun yazılım araçlarını seçme ve deneyim biriktirme konusunda proaktif davranış biçimleri geliştirmesini tetiklemiş görünmektedir. Daha genel anlamda, başta GNU/Linux olmak üzere, açık kaynağın sağladığı araç havuzunun kapsamı ve bunların öznelikleri, hem sistem kullanıcısı hem de sistem yöneticisi açısından, genişlerken esnekliğini ve ihtiyacı karşılama oranını muhafaza eden altyapı ve üst-yapıların serpilmesini mümkün kılan bir stratejik açılım sağlamaktadır. Açık kaynak geleneğinin çözüm üretmedeki verimliliği[7], bu çözümlerin sağlam yaklaşımlarla kullanılması ile birlikte[8] değerlendirilirse, hem akademik hemde diğer türden uygulamalarda, ölçeklemeleri karşılamak ve genel olarak bilişim altyapısının evrilme kapasitesini arttırmak konusunda maliyeti ve bakım ihtiyacı düşük, sağlam bir çözüm olabilir.

Kaynaklar

- [1] Killcrece, G., Kossakowski, K.P., Ruffe, R., Zajicek, M. Organizational Models for Computer Security Incident Response Teams (CSIRTs). Carnegie Mellon Software Engineering Institute. 2003. pp 135-137
- [2] Weick, K.E. Making Sense of the Organization. Blackwell, Oxford. 2001. pp 148-151
- [3] Loveridge, R. Technology and Organizations. Organizations, Thomson, 2002. pp 264-273
- [4] Daniel, J.S. Mega-Universities and Knowledge Media: Technology Strategies for Higher Education. 1999. Kogan Page, Londra. pp 10-17
- [5] Free Software Foundation. GNU General Public License, Version 2. 1991. <http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html>
- [6] Howes, T.A., Smith, M.C., Good, G.S. Understanding and Deploying LDAP Directory Services. 2002, Addison Wesley, Boston. pp 322-327
- [7] Raymond, E.S. The Magic Couldron. 2000. Yayınlanmamış revizyon. pp 21-22
- [8] Wang, H., Wang, C. Open Source Software Adoption: A Status Report. IEEE Software. Mart/Nisan 2001. pp 90-95