



T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ
KOORDİNASYON BİRİMİ

**Linux Tabanlı Açık Kaynak Kodlu Milli Bir İşletim Sistemi
Geliştirilmesi - MİLİS**

Proje No: 4212

Proje Türü
Normal Araştırma Projesi

SONUÇ RAPORU

Proje Yürütücüsü:
Melih GÜNAY
Bilgisayar Bilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezi

Muhammed Numan İNCE
Bilgisayar Mühendisliği

Aralık 2019
ANTALYA

TEŐEKKÜR

Linux Tabanlı Açık Kaynak Kodlu Milli Bir İşletim Sistemi Geliştirilmesi (MİLİS) adlı ülkemiz için çok önemli olan bu araştırma projesinde kurumsal ve finansal desteklerini sunan Akdeniz Üniversitesi BAP Birimine teşekkürlerimizi sunarız. Ayrıca projede emeği geçen proje ekibimize, katkı sunan öğrencilerimize ve ilgili arkadaşlarımıza da teşekkürü borç biliriz.

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa No |
|---------------------------|----------|
| ÖZET | 1 |
| ABSTRACT | 2 |
| 1. GİRİŞ / AMAÇ VE KAPSAM | 3 |
| 2. GENEL BİLGİLER | 3 |
| 3. GEREÇ VE YÖNTEM | 5 |
| 4. BULGULAR | 13 |
| 5. TARTIŞMA VE SONUÇ | 16 |
| 6. KAYNAKLAR | 18 |
| 7. EKLER | 18 |

ÖZET

Günümüzde çalışan her kapsamlı elektronik aygıt içinde kendi mimarisine has işletim sistemi barındırmaktadır. Kullandığımız masaüstü bilgisayarlarda da aynı şekilde yaygın olarak 64 bit mimarisi başta olmak üzere çeşitli işletim sistemleri kullanılmaktadır. Mevcut işletim sistemlerini kullandığı çekirdek (Kernel) yapısına göre gruplarsak Windows, Linux, Mac ve BSD temelli işletim sistemleri olarak ele alabiliriz. Bunlardan Windows ve Mac çekirdek yapıları ile kapalı kaynak olup geliştirici ve kullanıcıların kaynak koda erişimi mümkün değildir. Ayrıca bu iki özelleşmiş işletim sistemi belli bir lisans ücretiyle dağıtılmaktadır. Bunun yerine hem çekirdek hem de kullanıcı ekosistemi olarak açık kaynak geliştirilen Linux ve BSD çekirdekli sistemlerinin kullanımı günümüzde giderek yaygınlaşmaktadır. Fakat teknolojik gelişmeler doğrultusunda Linux işletim sisteminin her platformda ve mimaride BSD'den önde olduğu açıktır.

Ayrıca Linux çekirdeği üzerinden çeşitli dağıtımlar geliştirilmekte olup bunlar ücretsiz olarak kullanılabilir. Aynı şekilde bu açık kaynak birikimini değerlendirerek kendi ihtiyaçlarımız doğrultusunda şekillenmiş ve gelişim süreçlerine hâkim olabileceğimiz yerli/milli bir işletim sisteminin geliştirilmesi de mümkündür.

Her ne kadar ülkemizde de geçmişten günümüze farklı dağıtım çalışmaları olsa da hiçbir proje kalıcı etki ve kararlı geliştirme süreci bırakamamıştır. Son yaşanan gelişmelerin tetiklemeyle hareketlenen milli ve yerli yazılım hamlesiyle kurum ve kuruluşların yaygın olarak TÜBİTAK tarafından geliştirilmiş Debian tabanlı işletim sistemi Pardus'a geçişi artmıştır. Fakat üniversite ve gönüllü geliştiricilerin Pardus'a, intibakı yeteri kadar sağlanamamıştır.

Önerdiğimiz projeye geliştirilen ve yaratılan işletim sistemi açık kaynak Linux çekirdeğine dayanmakta olup, paket yönetim algoritmaları ve dağıtım teknikleri bakımından özgün olarak tarafımızdan geliştirilmiştir. Bu sistemin minimal ve masaüstü sürümlerini yayınlamış durumdadır. Hazırlanan masaüstü sistemi günlük işletim sistemi kullanım ihtiyacına uygun hazırlanmıştır. Ayrıca Akdeniz Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü ve Bilgisayar Bilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezi işbirliği sayesinde oluşturulan proje ekibiyle bölüm öğrencilerinin projeye katkı sunabilmesi için stajyer ve gönüllü olarak çalışabilmeleri sağlanmıştır. Bu sayede teorik derslerin işletim sistemi projesi üzerinde pratik yapabilme olanağı sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Linux, İşletim Sistemi, Milli İşletim Sistemi

ABSTRACT

Today, every computational electronic device runs with an operating system. The desktop computers also run widely within various operating systems, especially for x86_64-bit architecture. There are some operating systems according to their kernel architecture, we can treat them as Windows, Linux, Mac and BSD based operating systems. Windows and MacOS both of them are closed source, developers and users are not able to access the source code. In addition, these two operating systems are distributed at a certain license fee. Instead, the use of Linux and BSD kernel systems, which have open source development as both a kernel and a user ecosystem, is becoming increasingly common today. However, it is obvious that Linux operating system is ahead of BSD in every platform and architecture in line with technological developments.

On the other hand, various distributions are being developed over the Linux kernel and can be used free of charge. Likewise, it is aimed to develop a domestic and national operating system, which is shaped in line with our own needs, by evaluating this open source accumulation and we will dominate the development processes. Although there are different distribution works in our country from past to present, no project has left a lasting impact and a stable development process. With the latest events, national and domestic software development is more important and with this situation migrations of institutions and organizations to Debian-based Pardus (developed by TUBITAK) increased. However, the adaptation of university and volunteer developers to Pardus has not been achieved sufficiently.

The operating system developed and created with our proposed project is based on the open source Linux kernel and was developed by us in terms of package management algorithms and distribution techniques. It has released minimal and desktop versions of this system. The prepared desktop system has been prepared in accordance with daily operating system usage needs. In addition, the project team created by the collaboration of Akdeniz University Computer Engineering Department and Computer Science Research and Application Center enabled the department students to work as a trainee and volunteer to contribute to the project. In this way, it is possible to practice theoretical courses on the operating system project.

Keywords: Linux, Operating System, National Operating System

GİRİŞ / AMAÇ VE KAPSAM

Ülkemizde geçmişten günümüze açık kaynak işletim sistemleri konusunda farklı dağıtım projeleri yapılmıştır. Fakat hiçbiri ülke bazında bireysel/kurumsal düzeyde kullanılamamış, yetersiz bir geliştirici grubu ve kullanıcı desteğiyle zaman içinde etkinliğini yitirmiş ve dolayısıyla yaygınlaşamamıştır. Bu projelerden birine örnek olarak Tübitak Kurumu'nun 2003-2013 yılları arasında yürüttüğü Pardus projesini verebiliriz.

Son zamanlarda ivme kazanan milli ve yerli yazılım ürünleri geliştirme ve kullanma bilinç düzeyinin artmasıyla, kişilerin ve kuruluşların açık kaynak Linux tabanlı sistemlere ilgisi ve geç etme ihtiyacı artmıştır. Bu ihtiyacın temelinde bilgi güvenliği ve işletim sisteminin güvenilirliği gibi kiritik özellikler yatmaktadır. Bu ihtiyacın yerine getirilmesinde işletim sistemi araştırması ve geliştirme süreçleri büyük rol oynamaktadır. Her ne kadar Linux işletim sistemlerine örnek verilecek dağıtım olarak nitelendirdiğimiz ülke dışı projeler olsa da kendi öz kaynaklarımızla geliştireceğimiz projeler elde edeceğimiz deneyim bakımından büyük önem arz etmektedir.

Bu doğrultuda bu projenin amacı, Akdeniz Üniversitesi desteği ile açık kaynak milli bir işletim sistemi geliştirilmesidir. Milli olarak nitelendirilmesi kendi kurum ve insanımızla özgün yaklaşımlar ortaya konularak geliştirilecek olmasıdır. Üniversitemizde Bilgisayar Mühendisliği bölümünün akademik desteği ve öğrencilerinin de yazılım geliştirme sürecine dâhil olabileceği bu proje sonucu elde edilen sistem, öncelikle Akdeniz Üniversitesi bünyesinde seçilmiş birimlerde pilot olarak kullanılacaktır. Alınan geri dönüşler ve iyileştirmeler sonunda güncellenen sistem, tüm kamu kurum ve kuruluşlarının kullanımına sunulacaktır.

GENEL BİLGİLER

Günümüzde Linux tabanlı farklı dağıtımlar geliştirilmektedir. Yalnız bunların kurumsal ölçeklenmesi ve kullanılan depoların güvenilir olmaması sorunu vardır. Mevcut bir dağıtım taban almak sistemi sıfırdan inşa etmekten daha çok zahmetli olmakta ve fazladan iş yükü getirebilmektir. Burada önemli olan güvenli ve kararlı bir sistem sağlanmasının zorunluluğudur. Linux tabanlı sistemlerin kullanılması güvenlik ve kararlılık avantajlarının yanı sıra ayrıca ekonomik olarak ta büyük tasarruf imkânı sağlayacak olmasıdır.

Kişisel bilgisayar sistemlerinin gelişmesiyle beraber gelen Windows kapalı kaynak işletim sistemi ailesi bugün çoğunlukla kişisel ve kurumsal bilgisayarlarımızda kullanılmaktadır. Çoğu ofis vb. yazılımlar da bu işletim sistemi tabanlı geliştirildiği için çok kullanıcı bir kurum için genelde bu sistemler tercih edilmektedir. Yaygın kullanımının getirdiği avantajlarının yanında Windows tabanlı bu sistemler temel dezavantajlar içermektedir.

- Kapalı kaynak koda sahip olması: Bu sistemler derlenmiş şekilde kullanıcı ve kurumlara sunulduğundan sistemin arka planda ne çalıştığını ağ ile nasıl etkileşimde bulunduğu bilinmemektedir. Bu durum özellikle kamudaki kullanımlar için kritik güvenlik zafiyeti olarak görülmelidir.
- Yüksek donanım gereksinimi: Windows işletim sistemlerinin boşta çalışmasında kaynak tüketimlerini dikkate aldığımızda Linux tabanlı işletim sistemlerine kıyasla daha çok işlemci ve ram kullanımı gerektirmektedir.
- Yazılım bakım/güncelleme sorunları: Sistemin temel olarak güncellenmesi ve yazılımlar güncellemeleri için ayrıca bir takip gerekmektedir. Virüs, trojan ve spam gibi zararlılar için ek güvenlik yazılımları kullanılmaktadır. Bu yazılımlar da kapalı kodla geldikleri için güvenilirlikleri tartışılmaktadır.
- Lisanslama maliyetleri: Windows sistemlerinin ücretli lisansları ile dağıtımı yapılmaktadır. Bunun için her istemci bilgisayar için lisans ücreti ödenmekte olup ayrıca sistemlerin güncellemesinde ek ücretler ödenmesi gerekmektedir.

Bu dezavantajları göz önünde bulundurduğumuzda açık kaynaklı bir işletim sisteminin kullanılması ve geliştirilmesi ülkemiz için daha mantıklı olacaktır. Örneğin açık kaynak Linux çekirdeğini ele alırsak, ilk çıktığı yıllardan itibaren günümüze kadar Linux tabanlı birçok dağıtım geliştirilmektedir. Bunlara örnek Slackware, Debian, Ubuntu, CentOS, Fedora, Arch Linux gibi örnekler verilebilir. Bunların bir kısmı taban dağıtımlarken bazıları da taban dağıtımını temel alan dağıtımlardır. Bu dağıtımları birbirinden ayıran temel özellikler paket yönetimi ve kendilerine özgü yazılımlarıdır. Bu bağlamda ülkemizde de Tübitak tarafından 2003 yıllarında özgün tabanlı Pardus İşletim Sistemi projesi başlatılmıştır. Sonrasında birkaç sürüm çalışmasından sonra 2013 yılında Debian tabanına geçilmesi kararı alınmıştır. Şu an itibariyle Pardus çalışmaları daha çok kurumsal destek verme yönünde ilerleme göstermektedir.

Projemizde yapılmak istenen ise Pardus vb. dağıtımlarda yürütülen tema, yapılandırma seviyesinde yürütülen çalışmalar yerine daha çok işletim sistemi kararlılığı ve güvenliği üzerinden derinlemesine gelişim sürecine sahip işletim sistemi çalışması oluşturmaktır. Bu süreçte temel dosya sistemi hazır paketler yerine sıfırdan derlenerek oluşturulacağı gibi proje dâhilinde yazacağımız paket yöneticisi ile sistemin uygulama düzeyinde kararlı yönetilmesi sağlanacaktır. Ayrıca geliştirilecek web tabanlı yönetim uygulamaları ile sisteme uzaktan güvenli erişim imkânı olacaktır. Bütün bu yapılan çalışmalar ile üniversite bazında ihtiyaçları karşılayan sistem olma özelliği yanı sıra kurumsal ve geliştirici desteği yönünden güçlü bir ekosistem oluşturulacaktır.

Genel olarak bütün bu olguları değerlendirdiğimizde yerli/milli felsefe ile geliştirilecek işletim sisteminin AR-GE açısından önemi daha da iyi anlaşılacaktır. İlerleyen bölümlerde proje kısa ad olarak Milis (Milli İşletim Sistemi) Linux olarak ifade edilmiştir.

GEREÇ VE YÖNTEM

Linux tabanlı bir sistemin geliştirilmesinde en temel yöntem, doğrudan Linux çekirdeğinin üzerine sıfır kaynak koddan derlenerek sistemin inşasıdır. Bu yöntem Linux from Scratch [1] yöntemi diyoruz. Bu yöntem genel olarak saf bir Linux sistemin nasıl oluşturulabileceğini anahatlarıyla anlatır ve uygular. Çoğu dağıtım bu yöntemi kendi teknik yaklaşımlarıyla gerçekleştirerek kendi özgün sistemlerini oluşturmuşlardır.

Burada dağıtımların LFS yönteminden ayrıldığı bir nokta ise temel sistemin oluşturulmasında seçilen uygulamalar ve paket yöneticisi uygulamasıdır. Çünkü LFS'de derlemeler direk sistem üzerinde derlenerek ve sisteme kurularak ilerler. Modern dağıtımlarda paket kavramı vardır. Her uygulama ve kütüphaneler paket yapısında ele alınarak derlenir. Paketlerin derleme, kurulum ve güncellenmelerini yöneten ayrıca bir paket yöneticisi uygulaması vardır.

Genellikle temel sistemlerin üretimleri de paket yöneticisi veya bootstrap dediğimiz betik/ler yardımıyla yapılır. Çalışabilir en temel sistemin elde edilmesine kadar olan süreçlerin izlenmesi gerekmektedir. Aşağıda bu adımlar sıralanarak projede uygulanan özgün yöntemler ve gerçeklemler anlatılmıştır. Bütün bu adımlar Milis Linux'un sıfırdan yapım tekniği ortaya koymaktadır.

1) Konak sistemin belirlenmesi ve derleme ortamının oluşturulması:

Konak sistem, sıfır kaynak koddan uygulamaları derleyebilmek için mevcut bir Linux sistemini ifade eder. Başka bir ifadeyle fabrika üretebilmek için önce bir fabrika kullanılması gerekliliği gibi düşünülebilir. Bu projede konak sistem olarak Ubuntu Linux'un 18.04 sürümü kullanılmıştır.

Sıfırdan Linux tabanında minimal düzeyde dosya sistemi oluşturmak için temel sistem diye tarif edebileceğimiz yapı, belirlenen paket bileşenlerinden meydana gelmektedir. Fabrika örneğine uyarlıysak aslında biz bina üretebilecek bir fabrika yapmaya çalışıyoruz. Bu bina bizim temel sistemimize karşılık gelecektir. Dolayısıyla temel bir sistem için öncelikle bir ön derleme sistemi oluşturmamız gerekir.

Ubuntu'da ön derleme sistemi için aşağıdaki paketleri kurarız:

```
apt install build-essential bison bsdtar lua5.3 liblua5.3 lzip squashfs-tools xorriso
```

Ayrıca konak sistemimizin ön derleme sistemi için yapılacak derlemelerden etkilenmemesi için yeni kullanıcı oluşturup farklı bir dizinde bu işlemleri yapmaya devam ederiz.

```
sudo su
groupadd mlfs
useradd -s /bin/bash -g mlfs -m -k /dev/null mlfs
passwd mlfs
```

Ön sistemin oluşturulması için kullanılan uygulamalar aşağıda verilmiştir.

- binutils
- gcc
- linux-header
- glibc
- libstdc++
- binutils2
- gcc2
- tcl
- expect
- dejagnu
- m4
- ncurses
- bash
- bison
- bzip2
- coreutils
- diffutils
- file
- findutils
- gawk
- gettext
- grep
- gzip
- make
- patch
- perl
- python
- sed
- tar
- texinfo
- xz
- lzip
- attr
- acl
- zlib
- openssl
- libarchive
- readline
- wget
- lua

Bu uygulamalar temel bir sistem üretebilmek için asgari düzeyde gerekli olan uygulamalar olmaktadır.

2) Paket yöneticisinin geliştirilmesi:

Konak sistemin hazırlanmasından sonra bir paket yöneticisi ile idare edilerek ön derleme sistemin hazırlanması en sağlıklı yoldur. Bu aynı zamanda sistemin bir sonraki sıfırdan üretebilme tekniğini de hazırlamış olmaktadır. Bu aşamada proje önerisinde de bahsedildiği gibi bir paket yöneticisi geliştirilmiştir. Paket yöneticisi sistemin sıfırdan inşasında görev alacağı gibi temel sistemin üzerinde yeni paketlerin derlenip kurulum ve güncelleme işlevlerini yerine getirecek düzeyde tasarlanarak geliştirilmiştir.

Bu amaçla paket yönetici yazılımının geliştirilmesinde Lua programlama dili [2] kullanılmıştır. Başlangıçta Bash [3] kabuk dili planlansa da yapılan ön araştırmalarda kabuk dilinin genel paket yönetim süreçleri için yetersiz kalacağı görülmüştür. Bash betik dili derleme ve sistemle ilgili olan komutların uygulanmasında yardımcı praogramlama dili olarak kullanılmıştır.

Proje kapsamında yazdığımız paket yöneticisi MPS (Milis Paket Sistemi) olarak adlandırılmıştır. İlerleyen bölümlerde bu şekilde anılacaktır. MPS'nin temel işlevleri aşağıda belirtilmiştir:

- Ön derleme sistemini üretilmesi
- Temel sistemin üretilmesi
- Paket derleme
- Paket arşiv oluşturma
- Paketler arası bağımlılık tespiti
- Paketlerin kurulması, silinmesi ve güncellenmesi
- Paket ve talimat depolarının yönetilmesi

Milis Linux'ta her pakete bir talimat dosyası karşılık gelmektedir. Talimat dosyaları bir paketin üst bilgilerini içeren ve nasıl üretilip paketleneyeceğini gösteren INI[4] formatına benzer bir yapıda oluşturulmuş dosyalardır. Şekil-1 de örnek bir talimat dosyası gösterilmiştir.

```
[paket]
tanim   = S-lang betik dili
paketci = milisarge
grup    = kütüphane
url     = https://www.jedsoft.org/slang

[gerek]
derleme = pcre
calisma =

[kaynak]
bz2     = https://www.jedsoft.org/releases/slang

[sha256]
1       = fc9e3b0fc4f67c3c1f6d43c90c16a5c42d117b8e28457c5b46831b8b5d3ae31

[derle]
ekconf = --disable-static
tip     = gnu

[pakur]
betik   = make DESTDIR=${PKG} install-all
```

Şekil 1- Bir talimat dosyasının genel biçimi

Talimat dosyasının içerdiği bölümler aşağıda açıklanmıştır:

- Paket: pakete ait açıklama, url gibi üst bilgilerin tutulduğu bölümdür.
- Gerek: derleme veya çalışma için gerekli bağımlılık paket listesini gösterir.
- Kaynak : pakete ait kaynak değişkenleri tutulur.
- Shasum : kaynak arşivlerinin sha256/512 olarak dosya bütünlük değerleri
- Derle: paketin nasıl derlenmesi gerektiğinin adımları
- Pakur: paketin sisteme kurulması gerektiği gibi arşiv dosyasının hazırlanma adımları

Ayrıca talimat dosyaları talimatname adlı bir üst dizin altında hiyerarşik olarak kayıt edilirler. MPS tarafından Git versiyon kontrol sistemiyle güncellenirler. Milis Linux'ta talimatname `/usr/milis/talimatname` dizini altında toplanmıştır. Bu dizin altında da sayısal seviyeler vardır. Her seviye talimatların kullanım amaçlarını ifade etmektedir:

- 0. seviye : Ön derleme sistemin oluşturulması için gerekli talimatlar
- 1. seviye : Temel çalışabilir bir sistem için gerekli talimatlar
- 2. seviye : Genel uygulamalar içeren talimatlar (Xorg, masaüstü, tarayıcı, ofis vs.)
- 3. seviye : Test aşamasında olan talimatlar. 2. seviye ile uyumlu olmaktadır.

Talimat depolarından ayrı olarak MPS ayrıca betik ve ikili paket depolarını da Git yoluyla güncellemektedir. İlgili ayar dosyası Şekil-2'de gösterilmiştir:

```
#!/usr/bin/env lua

local mpsconf={
  repo_dizin="/sources",
  sunucu={
    [1]="https://mls.akdeniz.edu.tr/paketler",
  },
  talimatdepo={
    -- git repo adres, ilgili düzeye aktarılacak içerik
    -- tname düzeylere göre
    [1]={"https://mls.akdeniz.edu.tr/git/milislinux/milis19"}="talimatname/1",
    [2]={"https://mls.akdeniz.edu.tr/git/milislinux/milis19"}="talimatname/2",
  },
},
  betikdepo={
    -- ilgili repodan bin/ ayarlar/ gibi betik içeren dizinlerin alınması
    bin={"https://mls.akdeniz.edu.tr/git/milislinux/milis19"}="bin",
    ayarlar={"https://mls.akdeniz.edu.tr/git/milislinux/milis19"}="ayarlar",
  },
}

return mpsconf
```

Şekil 2- MPS ayar dosyası

Bu dosya `/usr/milis/mps/conf/conf.lua` olarak sistemde kayıtlıdır. Ayrıca Şekil3'te görüldüğü gibi basit komutlar ile paket yönetim arayüzü sağlamaktadır.

```
root [ /tmp ]# mps -h
Kullanım: mps [-v] [--renk <renk>] [--kok <kok>] [--ilkds] [--ilk]
          [--ona] [--debug] [--test] [-h] [<komut>] ...

Milis Linux Paket Yöneticisi

Seçenekler:
-v, --version          Sürüm bilgisi gösterir
--renk <renk>         Çıktının renkli olup olmama durumunu belirler
--kok <kok>           Mps işlemleri için hedef kök dizini belirtir (öntanımlı: /)
--ilkds               Milis dosya sistemi için hedef kök dizinde ilk yapılandırmaları yapar
--ilk                 Mps nin hedef kök dizinde ilk yapılandırmaları yapar
--ona                 Yapılacak mps işlemi için onay verir
--debug               Yapılan işlemlerin ayrıntılı çıktısını verir
--test               Yapılan işlemlerin sadece test işlevini çalıştırır
-h, --help            Yardım mesajını göster ve çık.

Komutlar:
kur                   paket kurma işlemi
sil                   paket silme işlemi
gun                   güncelleme işlemleri
der                   paket derleme işlemi
in                   paket indirme işlemi
ara                   paket/talimat/tanım arama işlemi
bil                   paket bilgi işlemleri
sor                   genel sorgu işlemleri
kos                   paket için kur/sil/servis kosuk işlemleri
```

Şekil 3- MPS yardım menüsü

3) Ön derleme sisteminin oluşturulması:

Proje ilerlerken paket yöneticisi derleme süreçlerini yönetebilecek düzeye eriştikten sonra ön derleme sistemi derlenmeye başlanmıştır. Aşağıdaki komutlar ön derleme sistemi için gerekli adımları göstermektedir:

```
git clone https://mls.akdeniz.edu.tr/git/milislinux/milis19 /home/mlfs/milis
git clone https://mls.akdeniz.edu.tr/git/mps /home/mlfs/mps
```

```
cp /home/mlfs/milis/bashrc-onsistem.temp /home/mlfs/.bashrc
cp /home/mlfs/milis/bash_profile.temp /home/mlfs/.bash_profile
```

```
mkdir -p /home/mlfs/{onsistem,sources}
mkdir -p /home/mlfs/onsistem/tools
ln -sv /home/mlfs/onsistem/tools /
ln -sv /home/mlfs/sources /
```

```
chown -R mlfs:mlfs /home/mlfs
```

Milis ön derleme sistemi Milis19, MPS ise mps adlı Git deposunda bulunmaktadır. Bu depoları konak sistemi altında açtığımız kullanıcı dizini altına klonladık. Ayrıca derleme için gerekli izinler oluşturulup bunların izinleri verilmiştir.

Ön derleme sistemini oluşturmayı başlatmak için mlfs kullanıcısıyla giriş yaparız.

```
su - mlfs ; source ~/.bash_profile
```

Aşağıdaki komutlarla MPS i ön derleme sisteminin derlenmesi için hazırlayıp kontrol ederiz. MPS aslında konak sistem üzerinde çalışabilir bir hale getirilmektedir.

```
cd ~/mps ; bash derle.sh
```

```
mlfs@makine1:~/mps$ mps.lua -v  
MPS 2.0.0 - Milis Paket Sistemi milisarge@gmail.com
```

Aşağıdaki komutlarla ön derleme sistemi derlemeye başlatılır.

```
cd ~/milis ; ./01-onsistem.sh
```

01-onsistem betik dosyası 0. seviye talimatları kullanarak gerekli paketleri üretir. Fakat burada paket üretimi geçicidir, bu paketler sadece geriye dönük hata olursa sıfırdan derleme sürecini hızlandırmak için kullanılabilir. Bu aşamada ön derleme sistemi /tools altına kısayol yaptığımız dizin altına kurulacaktır. Derleme bittiğinde talimatname/0/order dosyası içindeki paketlerin kurulduğundan emin olduktan sonra önsistem sıkıştırılarak yedeklenir.

```
./onsistem_sfs.sh
```

Ön derleme sisteminin yedeklenmesi bu aşamada önemlidir, çünkü temel sistemin hatalı üretimlerinde yeniden derlenmesine gerek kalmadan bu arşiv dosyası kullanılabilir. Bundan sonraki adımda temel sistemin üretilmesi için gerekli ortamın hazırlanması vardır. Aşağıdaki komutlarla temel sistem derleme ortamı hazırlanır.

```
exit  
cd /home/mlfs/milis  
sudo su  
bash --rcfile ../.bashrc
```

```
./02-enter-chroot-tools
```

```
# aşağıdaki çıktıyı görmeniz gerekir.  
Chroot ortamı bağlanıyor...  
mount: /dev bound on /home/mlfs/onsistem/dev.  
mount: devpts mounted on /home/mlfs/onsistem/dev/pts.  
mount: proc mounted on /home/mlfs/onsistem/proc.  
mount: sysfs mounted on /home/mlfs/onsistem/sys.  
mount: tmpfs mounted on /home/mlfs/onsistem/run.  
temel sistem talimatları kopyalandı.
```

```
'/etc/ssl/certs/ca-certificates.crt' ->  
'/home/mlfs/onsistem/tools/etc/ssl/certs/ca-certificates.crt'  
'/etc/resolv.conf' -> '/home/mlfs/onsistem/tools/etc/resolv.conf'
```

4) Temel sistemin derlenmesi:

Temel sistem derlemeleri artık konak sistem üzerinde yapılmayacaktır. Bunun için hazırladığımız ön derleme sistemi kullanılacaktır. Bu derleme aşamasında chroot yöntemi kullanılarak izole bir derleme ortamına girilerek derlemeler yapılmaktadır.

02-enter-chroot-tools.sh betiği kullanılarak ortama girilmektedir.

(temel) I have no name!:/#

Yukarıdaki komutta no name ifadesi görülmesinin nedeni henüz sistem için bir kullanıcının olmamasıdır. Çünkü temel sistem daha oluşturulmaya başlanmadı. Aşağıdaki komutu verildiğinde temel sistem için gerekli ilklemeler yapılır ve ön derleme sistemi içinde gelen Bash shell komut satırına ulaşılır.

*(temel) I have no name!:/# 03-temel-dosya-sistemi-hazirla
bash-5.0#*

03-temel-dosya-sistemi-hazirla betiği ile Milis Linux sisteminin ilk dosyaları kurulmuş olur. Bunlar sistem için gerekli olan öntanımlı dosya ve dizinlerdir. Ayrıca MPS'nin de ön derleme sistemi içinde çalışabilmesi için gerekli ayarlama yapılır ve kontrol edilir.

*bash-5.0# 04-mps-hazirla && mps.lua -v
MPS 2.0.0 - Milis Paket Sistemi milisarge@gmail.com*

Aşağıdaki komut ile temel sistem derlenmeye başlanır.

bash-5.0# 05-temel-sistemi-derle.sh

Milis Linux temel sistemi minimal düzeyde çalışabilen bir Linux sistemini ifade etmektedir. Milis Linux temel sistemi için aşağıdaki paket uygulamaları kullanılmıştır.

| | | | |
|---|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• glibc• tzdata• zlib• file• readline• m4• bc• binutils• gmp• mpfr• mpc• shadow• attr• acl• gcc• bzip2• pkg-config• ncurses• pam• libcap• sed• psmisc• iana-etc | <ul style="list-style-type: none">• bison• flex• grep• bash• libtool• gdbm• gperf• expat• inetutils• perl• perl-xml-parser• intltool• autoconf• automake• xz• kmod• gettext• elfutils• libffi• openssl• coreutils• diffutils• gawk• findutils | <ul style="list-style-type: none">• gzip• libmnl• libnftnl• iptables• linux-atm• kbd• libpipeline• make• patch• groff• man-db• libarchive• tar• lzip• lz4• lzo• cpio• squashfs• dialog• wget• popt• rsync• procps-ng• util-linux | <ul style="list-style-type: none">• e2fsprogs• sysklogd• eudev• nano• sudo• dhcpcd• libaio• lvm2• iproute2• libidn2• run-parts• ca-certificates• curl• pcre2• git• lua• sysvinit• lfs-bootscripts• grub• dracut• intel-ucode• b43-fwcutter• linux-firmware• kernel |
|---|--|---|---|

Bu 95 paket kategorik olarak başta kernel ve sürücüler olmak üzere geliştirme, ağ, metin düzenleme ve işleme ve sistem araçlarından oluşmaktadır. Bu temel sistemle asgari düzeyde işletim sistemi kullanım şartları yerine getirilmiş olmaktadır. Temel sistm derlemesi bitince bu paketlerin derleme yapılan dizin altında oluştuğu görülecektir. Temel sistem ön derleme sisteminin aksine doğrudan / kök dizin altına kurularak ilerleyen bir süreçtir. Dolayısıyla aşağıdaki komutlarla temel sistemin düzgün bir şekilde paketlenildiğinden ve kurulduğundan emin olunur.

```
# çıktı olmamalı, olursa etkileri incelenecek
bash-5.0# grep -l 'compilation terminated' /tmp/*.log
bash-5.0# grep -l '.h: No such file or directory' /tmp/*.log
# çıktı TM olmalı.
```

```
[ `ls /var/lib/mps/db | wc -l` -eq `cat /usr/milis/talimatname/1/order | wc -l` ]
&& echo "TM"
# çıktı olmamalı
find /var/lib/mps -name kurulan -size 0
# kırık linklerin kontrolü, çıktı olmamalı
rm -rf /tools
find /usr -xtype l
```

5) Minimal sistem imajının oluşturulması:

Temel dosya sistemi oluşturulduktan artık /tools altındaki ön derleme araçlarına ihtiyaç yoktur, silinebilir. Bundan sonraki adımda el edilen temel sistemin taşınabilir hale getirilmesi gerekmektedir. Dosya sistemini imaj haline getirmeden önce canlı ortamda açılabilmesi için gerekli başlatıcı dosya sistemi oluşturulur.

```
dracut -N --force --xz --add 'dmsquash-live polldrom' --omit systemd
/boot/initramfs_live `ls /usr/lib/modules`
```

Ayrıca canlı sistem için ön tanımlı kullanıcı root olacağı için gerekli parola ataması yapılır.

```
passwd
```

Bundan sonraki işlem ortamdan çıkıp temel sistemin taşınabilir ISO imaj dosyasına dönüştürülmesidir. Ayrıca imaj dosyası ile istemciler için gerekli imaj kopyası sağlanacaktır. Canlı denenebilir imaj oluşturmak için geliştirdiğimiz imaj üretici uygulaması [5] ile aşağıdaki komutlarla Milis Linux imajı oluşturulur.

```
cd /home/mlfs
git clone https://mls.akdeniz.edu.tr/git/milislinux/imaj-uretici
cd imaj-uretici
./iso_olustur.sh
```

Bu son adımla temel sistemin canlı(live) ortamda denenebilir ISO uzantılı imajı üretilmiş olacaktır [12].

BULGULAR

BAP biriminin sağladığı destek kapsamında Milis Linux projesi için bir adet güçlü sunucu alınmıştır. Bu sunucu proje geliştirme sürecinin ortalarında elimize geçmiş olmasına rağmen sunucu bilgisayarın sanallaştırılması ve gerekli yazılım kurulumları proje gereksinimlerine göre tamamlanmıştır. Sunucunun proje ile ilişkili kullanım detayları aşağıda listelenmiştir.

1. İnternet Sitesi: Sunucu üzerinde oluşturulan sanal makineye kurulan sunucu ile proje hakkında bilgi ve diğer işlemler için internet sitesi oluşturulmuştur. Site <https://mls.akdeniz.edu.tr> altında sunulmaktadır.
2. Git Depo Sunucusu: Proje ve ilişkili Git depolarının yönetilmesi için açık kaynak Gitea [6] yazılımı kullanılarak Git sunucusu kurulmuştur. Resmi ve gönüllü katkılar bu sunucu üzerinden işlenerek proje geliştirilmiştir. Bu Git sunucusu <https://mls.akdeniz.edu.tr/git> yolu üzerinden sunulmaktadır. Barındırılan depolar:
 - milis19 : Milis Linux resmi git deposu ve geliştirme kodları
 - mps : MPS paket yöneticisi kaynak kodları
 - imaj-ureticisi : Canlı imaj üretim uygulama kaynak kodları
 - milis-site-statik : Proje internet sayfası html kodları
3. Mesajlaşma Sunucusu: Projeye resmi ve gönüllü katkı sunmak isteyen kişiler için Mattermost [7] adlı açık kaynak web tabanlı mesajlaşma uygulaması kurulmuştur. Bu uygulama üzerinden proje gelişim süreçleri tartışılarak sunulan fikir ve görüşler projeye dahil edilmiştir. Bu mesajlaşma uygulaması <https://mls.akdeniz.edu.tr/mm> yolu üzerinden sunulmaktadır.
4. Paket Derleme Ortamı (Build Farm): Milis Linux'un sıfır kaynak koddan ve bütün paket derlemeleri oluşturulan güçlü sanal sunucu üzerinde yapılmıştır. Güçlü sunucu sayesinde uzun süren derleme işlemlerinde kolaylık sağlanmıştır.
5. Paket Deposu: Milis Linux paketlerinin tutulduğu arşiv depolama alanıdır. Bu alan <https://mls.akdeniz.edu.tr/paketler> yolu üzerinden hizmet vermektedir. Bu yol ile Milis Linux paket eklemeleri ve güncellemeleri yapılmakta olup ayrıca kullanıcılar bu yol ile paketleri indirmektedir.
6. İmaj Deposu: Milis Linux temel sistemi canlı imaj üretimlerine geçtikten sonra elde ettikten sonra elde edilen imajlar sanal alanda kullanıcılar için deneme imajı adlarıyla yayınlanmıştır. Bu alan <https://mls.akdeniz.edu.tr/iso> yolu üzerinden sunulmaktadır.
7. Büyük Veri Kümesi (cluster): Yüksek lisans büyük veri dersi kapsamında öğrenilen bilgiler doğrultusunda dağıtık mimari teknolojileri için büyük veri kümesi kurulmuştur. Bu küme üzerinde ilgili büyük veri teknolojileri Milis ve diğer dağıtım tabanlı sistemlerle test edilmiştir.

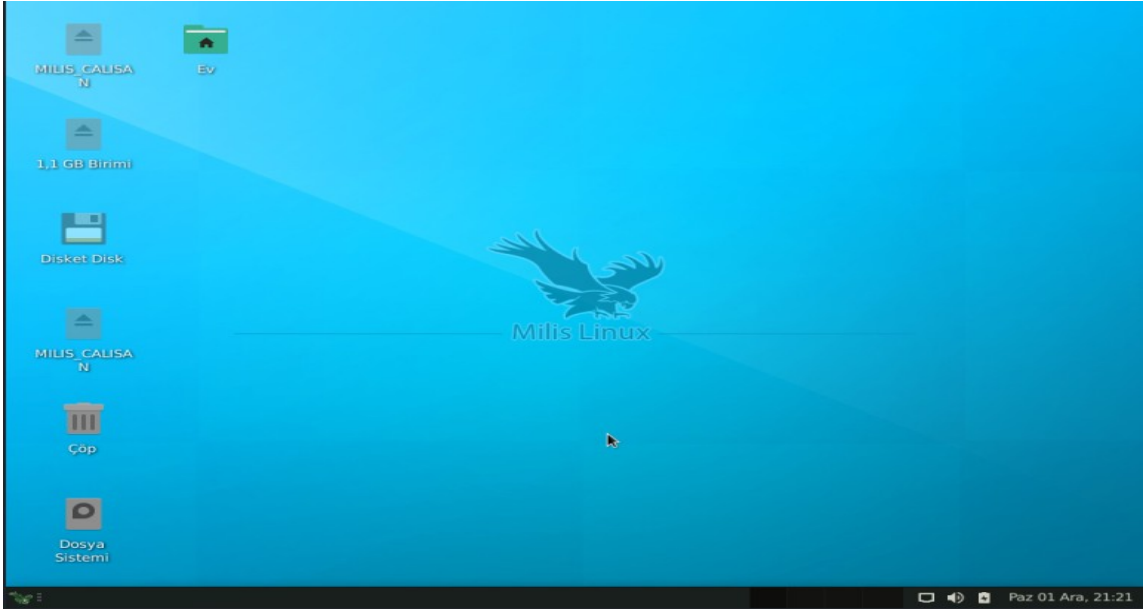
Milis Linux projesi ile çalışabilen ve kurulan bir sistem elde edilmiştir. İlk başta elde edilen sistem sadece canlı ortamda çalışırken ayrıca geliştirilen kurulum uygulaması[8] Şekil-4'de görüldüğü üzere Milis Linux'un konsol arayüz ile kullanıcı bilgisayarlara kalıcı kurulumları sağlanmıştır. Milis Linux temel olarak minimal sistem üretiminin üstüne ayrıca eklenen grafik sunucu ve masaüstü paketlerini de hazırlamıştır. Canlı-kurulabilir imaj olarak minimal ve masaüstü imajları olmak üzere iki imaj hazırlanmıştır. Şekil-5'de grafik sunuculu destekli imajının XFCE4 masaüstüne ait resmi görülmektedir. Yapılan çalışmalar doğrultusunda Milis Linux çalışmalarına dönük tüm belgelendirme <https://mls.akdeniz.edu.tr/belgeler> adresi altından sunulmaktadır. Bu adreste sistemin kurulmasından paket yöneticisi kullanımına kadar tüm belgeler mevcuttur.



Şekil 4- Milis Linux Kurulum Uygulaması

Milis Linux projesinde ön tanımlı masaüstü ortamı olarak XFCE4 kullanılmıştır. Ayrıca i3, Awesome, JWM gibi pencere yöneticileri desteklenmektedir. Bunun yanında internet erişimi için Firefox uygulaması, ofis işlemleri için LibreOffice uygulamaları depoya eklenmiştir. Ek olarak C, C++, Python, Java, Clojure, Rust, Zig, Ruby, Erlang, Elixir, NodeJS gibi çeşitli programlama dillerinin derleyici ve yorumlayıcı uygulamaları depoya eklenmiş bulunmaktadır. Daha birçok kategoride farklı uygulamaların talimatı hazırlanarak depoya alınmıştır. 2019 Aralık itibariyle 827 paket depoda mevcuttur. Halen sistemin günlük geliştirme ve ihtiyaçları doğrultusunda paketler eklenmektedir. Tüm paket listesi <https://mls.akdeniz.edu.tr/paketler/paket.vt> dosyasında kayıtlıdır.

Milis Linux projesi, projenin başlangıcı itibariyle tüm geliştirmelerini Git sunucusu ile entegre yürütmüştür. 2019 Aralık itibariyle 2400 değişiklik kaydı Milis19 deposunda, 335 değişiklik kaydı da MPS paket yöneticisi deposunda yapılmıştır. Bu kayıtların teknik içeriğine Milis Linux Git deposu[15] sayfasından ulaşılabilir.



Şekil 5- Milis Linux XFCE4 Masaüstü Görünümü

Milis Linux projesi, proje tanıtımı ve katkı sağlamak için Akdeniz Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği öğrencilerine farklı zamanlarda 3 adet seminer düzenlemiştir. Ayrıca Antalya Teknokent’de bir firmaya da proje tanıtım semineri düzenlenerek proje ve geliştirme süreci hakkında yazılım firmalarında farkındalık oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu çalışmalar sonucu öğrencilerin yaz staj döneminde 1 adet öğrenci resmi, 1 adet öğrenci de gönüllü olmak üzere stajyer öğrencilerin Milis Linux projesi üzerinde çalışması sağlanmıştır.

Ayrıca Yüksek Lisans müfredatı kapsamında işlenen büyük veri dersi kapsamında, büyük veri işleme üzerine gerekli teknolojilerin bulunduğu bir büyük veri platformunun kurulması konulu tez çalışması Milis Linux temel alınarak yapılmıştır. BAP projesi kapsamında alınan sunucu üzerinde kurulan büyük veri kümesi ile büyük veri işleme testleri yapılarak ön araştırmalar yapılmıştır. Bunun sonucu yapılan çalışma “Apache Hive Performance Improvement Techniques for Relational Data” başlıklı makaleye çevrilerek IDAP 2019 [9] konferansında sunulmuştur. Ayrıca makalemiz IEEE kayıtlarına geçmiştir [10].

Milis Linux açık kaynak bir işletim sistemi olduğu için sistemin, geleceğe dönük nasıl bir güvenilir donanımda çalıştırılması gerektiğine dönük ek araştırmalar da yapılmıştır. Bu araştırmalarımız da Milis Linux ile ilişkili olarak “Building An Open Source Linux Computing System On RISC” başlıklı makaleye (EK-1) dönüştürülmüş ve IEEE destekli UBYMK 2019 konferansında sunulmuştur [11]. Ayrıca Türkiye Bilişim Derneği tarafından düzenlenen 36. Bilişim Kurultayında Türkiye Açık Kaynak Platformu Çalıştayı’na katılanlar olarak ülkemiz için işletim sistemi düzeyinde yapılması gerekenler aktarılmıştır ve Milis Linux projesi hakkında bilgi verilmiştir [14].

Ek olarak Milis Linux projesini yaygın hale getirmek için dergi yayın hazırlık çalışması da yapılmaktadır. Bu çalışmaların Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi’nin [13] bir sonraki sayısına gönderilerek yayınlanması planlanmaktadır.

Bütün bu çalışmalarımıza ek olarak Türkiye'nin farklı yerlerinden katkı sunan gönüllülerin desteği de sağlanmıştır. Katkı sunan arkadaşlar projenin topluluk tarafını oluşturmuş ve paket üretim ve sistem testleri gibi konularda Milis Linux projesine destek olmaktadır.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Milis Linux projesinin öneri aşamasındaki hedefleri ve ulaşılma durumları aşağıda ayrıntılı olarak incelenmiştir:

1- Geliştirme ve test için sunucunun temini ve kurulumu: BAP projesi kapsamında satın alınan sunucu Mayıs 2019 başlarında elimize geçmiştir. Hızlı bir şekilde gerekli sanallaştırma sistemi kurulup sanal sunucular oluşturmak suretiyle projeye intibakı sağlanmıştır.

2- Proje ana sayfasının oluşturulması ve ekip için kod kontrol ve paylaşım sisteminin kurulması: Milis Linux projesi için mls.akdeniz.edu.tr alan adresi temin edilmiş ve sunucu üzerinde kurulan HTTPS sunucu ile proje internet sayfası hazırlanmıştır. Ayrıca projenin geliştirme süreçleri kurulan Git deposu üzerinden yürütülmüştür.

3- Seçilecek sunucu mimarisi için temel sistemin (Root File System) derlenmesi: x86_64 mimarisi için sıfır kaynak koddan derleme yöntemiyle temel sistem üretilmiştir.

4- Paket yöneticisinin geliştirilmesi ve derleme ortamının kurulması: Lua programlama dili ile temel paket yönetim işlemlerini yerine getiren paket yöneticisi kodlanmıştır. Paket yöneticisi ayrıca temel sistemi sıfır kaynak koddan derleyebilme yeteneğine sahiptir. Ayrıca izole derleme ortamında her türlü paketin bağımlılık tespiti yapılarak zincirleme üretilebilmiştir.

5- Sisteminin kurulabilir ve çalışabilir imajının elde edilmesi: Geliştirilen imaj-üretici uygulaması ile üretilen paketler kullanılarak her türlü özelleştirilebilir imaj üretilebilmiştir.

6- Bilgisayar laboratuvarlarında kurulup test edilebilmesi: Milis Linux imajları bilgisayar laboratuvarı bilgisayarlarına kurularak kullanım ve geliştirme testleri yapılmıştır ayrıca internet sayfasından yayınlanarak farklı bilgisayar kullanıcılarında ad test edilmişlerdir ve geri dönüşler sağlanmıştır.

7- Paket deposu için sunucuda gerekli kurulumun ve ayarların yapılması: talimat dosyalarından üretilen paketler kurulan paket deposu ile internet üzerinden yayınlanmışlardır. Sistemin bu yol ile uygulama kurulum ve güncellenmesi sağlanmıştır.

8- Gelişim sürecinin devamı için öğrenci topluluğu kurulması: Öğrenciler için gerekli seminerler verilmiş ayrıca BAUM bünyesinde Milis Linux çalışma ekibi kurularak ilgili arkadaşların dönemselsel olarak projeye gönüllü intibakı sağlanmaktadır. İnternet sitemizden haberdar olarak bize katkı sunmak isteyen gönüllü arkadaşlar, proje için gerekli iş paketlerinde görevlendirilerek sistemin paket sayısı artırılmış ve Türkçe dili desteği eksik paketlere çeviri desteği sunulmuştur.

Sonuç olarak bir sene boyunca yürüttüğümüz proje ile Linux çekirdeği üzerine kendi geliştirdiğimiz paket yöneticisi uygulamasına sahip bir sistem çalışması yapılmıştır. Bu sistem minimal ve masaüstü beta sürümlerini yayınlamış durumdadır. Minimal sistem, özelleştirilebilir farklı sistem çalışmalarına temel alınabilir. Masaüstü sistemi ise günlük kullanım hedeflerine uygun doğrultuda hazırlanmıştır. Ayrıca şu an hazırlanan rapor Milis Linux üzerinde hazırlandığı gibi, yapılan bilgilendirme sunumları da yine Milis Linux üzerinden sunulmuştur. Elbetteki işletim sistemi projesi bir senede yapıp bitirilecek bir proje değildir. BAP projesi kapsamında yapılan çalışmalar üniversite bünyesinde bu projenin başlangıç alması ve yapılabilirliğinin kanıtlanmasıdır.

İleriye dönük Milis Linux projesi geliştirilmeye devam edilecektir. Öncelikli bireysel kullanım olmak üzere üniversite kurumumuzda ve ders kapsamlarında öğretilmesi ve kullanımı teşvik edilecektir. Az olan proje ekibimizle her ne kadar bu sistemin temelleri atılsa da, işletim sistemi geliştirme sürecinin devam ettirilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda üniversitemizin Bilgisayar Mühendisliği öğrencilerine gerekli sunumlar periyodik olarak yapılacak ve projeye katılımları sağlanacaktır. BAUM bünyesinde kısmi zamanlı çalışma ekibi kurularak çekirdek ekip için geliştirici insan kaynağı sağlanacaktır. Ayrıca internet üzerinden oluşturulan gönüllü topluluk yapısıyla gönüllü katkı sunan kişilerin projeye dahili sağlanmıştır ve daha da artırılabilecektir. Akademik bağlamda ise yapılacak lisans, y.lisans ve doktora çalışmalarıyla Milis Linux projesinin akademik birikime katkısı artırılabilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] LFS, URL: <http://linuxfromscratch.org/> (Erişim zamanı; Aralık, 20, 2019).
- [2] Lua, URL: <https://www.lua.org/> (Erişim zamanı; Aralık, 20, 2019).
- [3] GNU, URL: <https://www.gnu.org/software/bash/> (Erişim zamanı; Aralık, 29, 2019).
- [4] Wikipedia, URL: https://en.wikipedia.org/wiki/INI_file (Erişim zamanı; Aralık, 12, 2019).
- [5] Milis Linux, URL: <https://mls.akdeniz.edu.tr/git/milislinux/imaj-uretici> (Erişim zamanı; Aralık, 29, 2019).
- [6] Gitea, URL: <https://gitea.io> (Erişim zamanı; Kasım, 13, 2019).
- [7] Mattermost, URL: <https://mattermost.com> (Erişim zamanı; Aralık, 29, 2019).
- [8] Milis Linux Git Depo Sunucusu, URL: <https://mls.akdeniz.edu.tr/git/milislinux/milis19/bin/milis-kur> (Erişim zamanı; Aralık, 29, 2019).
- [9] IDAP, URL: <http://idap.inonu.edu.tr/frontend/pages/accepted-papers.xhtml> (Erişim zamanı; Aralık, 29, 2019).
- [10] IEEE, URL:] <https://ieeexplore.ieee.org/document/8875898/> (Erişim zamanı; Aralık, 29, 2019).
- [11] UBYMK, URL: <https://ubymk.tbdakademi.org.tr/program> (Erişim zamanı; Aralık, 29, 2019).
- [12] Milis Linux Git Depo Sunucusu, URL: <https://mls.akdeniz.edu.tr/git/milislinux/milis19> (Erişim zamanı; Aralık, 29, 2019).
- [13] Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi, URL: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tbbmd> (Erişim zamanı; Aralık, 29, 2019).
- [14] Bilisim 2019, URL: <https://www.bilisim.org.tr/bilisim2019> (Erişim zamanı; Aralık, 29, 2019).
- [15] Milis Linux Git Depo Sunucusu, URL: <https://mls.akdeniz.edu.tr/git/milislinux> (Erişim zamanı; Aralık, 29, 2019).

EKLER

- 1 - Building An Open Source Linux Computing System On RISC-V makalesi