

Napredno korištenje operacijskog sustava Linux

1. Boot proces i datotečni sustavi

Josip Igrec

Nositelj: Stjepan Groš

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet elektrotehnike i računarstva

07.03.2020

Sadržaj

- 1 Boot
- 2 BIOS/UEFI
- 3 Particije; MBR/GPT
- 4 Bootloader
- 5 initrd, kernel
- 6 init, systemd
- 7 Kernel

- Pokretanje sustava ukratko izgleda ovako:
 - Procesor iz firmwarea čita i pokreće BIOS/UEFI
 - BIOS/UEFI saznaju lokaciju bootladera na disku iz MBR-a/GPT-a
 - S diska se pokreće bootloader
 - Bootloader pokreće odabrani OS
 - OS prvo učitava kernel i initrd/initramfs da može učitati *root filesystem*
 - Nakon toga, kernel pokreće init proces s PID-om 1 (nekad SysVinit, danas uglavnom systemd)
 - init proces pokreće sve potrebne pozadinske procese, servise, uređaje. . .
 - Korisnik pali terminal i u svojem omiljenom *shellu* pokreće naredbu *sl* i zadovoljan je

Od uključivanja do /bin/bash

- BIOS/UEFI
- MBR/GPT
- Bootloader i odabir OS-a
- Učitavanje initramdiska i kernela
- Init proces
- Bash

BIOS

Basic Input and Output System

- Firmware na matičnoj ploči – spremljen u ROM čipu
- Prvi softver koji se pokreće
- Izvršava Power-On Self-Test (POST) nad matičnom pločom i u nju spojenim uređajima (S.M.A.R.T. test diskova, Extension ROM dodatnih uređaja itd.)
- Konfigurira se preko ugrađenog firmwarea ili hardverski (jumperi, DIP switchevi, ...)
- Omogućuje odabir uređaja s kojeg se pokreće operacijski sustav (*boot sequence*)

UEFI

Unified Extensible Firmware Interface

- Specifikacija sučelja između OS-a i *firmwarea*
- Nadgradnja BIOS-a
- Nudi sve funkcionalnosti BIOS-a
- Puno naprednije mogućnosti
 - Servisi, aplikacije, driveri ...
 - EFI system partition (ESP)
- Najveći doprinos specifikacije – **GPT**, nasljednik MBR-a

UEFI

- Boot manager je dio UEFI specifikacije
- Traži i izvršava bootloader s neke od particija
- Detekcija UEFI bootladera na sustavu
- *Compatibility support module (CSM)*
 - Omogućuje *backward compatibility* s klasičnim bootloaderima

Particije

- Hard disk sadrži particije formatirane određenim datotečnim sustavima
- Particije se koriste za funkcijsko i logičko odjeljivanje podataka
- Za pokretanje sustava s diska nužno je na njemu imati boot particiju
- Informacije o particijama sadržane su u
 - **M**aster **B**oot **R**ecord (MBR), ili
 - **G**UID **P**artition **T**able (GPT)

MBR

- Zapisan u prvom sektoru diska (512 B / 2 KiB)
- Sadrži redom:
 - **Bootstrap code** – minimalni podaci potrebni za nastavak boot procesa (446B)
 - *Partition table* – informacije o particijama (4*16B)
 - *Magic number* – zaštitna suma (2B)
- Može adresirati najviše 2 TB:
 - 4B (32 bita) za adresiranje sektora
 - Sektori veličine 512B (2^9 B)
 - $\rightarrow 2^{32} * 2^9 B = 2^{41} B = 2 * 2^{40} B = 2 \text{ TB}$

- Podržava (samo) 4 *primarne* particije
- Za veći broj particija koriste se *logičke* particije koje se upisuju u jednu primarnu particiju tipa *extended*
- U pravilu se MBR koristi s BIOS-om
 - UEFI-eva kompatibilnost unatrag omogućuje korištenje MBR-a i s UEFI-em
 - Nije idealno i ne koristi sve mogućnosti UEFI specifikacije

GPT

- Služi istoj svrsi kao i MBR, ali je napredniji i nudi više mogućnosti
 - Može adresirati 9.4 zetabajta ($9.4 \cdot 10^9$ TB)
 - Nema realnog ograničenja na broj particija
 - Replikacija GPT-a na više mjesta na disku → robusnost
- Sadrži i "protective MBR" na nultoj logičkoj adresi
 - Zaštita od "nesporazuma" s alatima koji očekuju MBR disk
 - *backward compatibility* s BIOS-om
- Za bootanje se koristi isključivo s UEFI-em
 - BIOS može koristiti GPT diskove za podatke – ali samo do 2TB!

Bootloader

- Izvršava se nakon POST-a
- Pokreće operacijski sustav – učitava kernel
- Prva faza bootloadera zapisana u tzv. *bootstrap code* MBR diskova
- Često se pokreće druga faza (npr. GRUB) s neke od particija
- UEFI&GPT diskovi imaju suštinski sličan, ali drugačije implementiran mehanizam
- EFI System Partition sadrži:
 - Bootloadere
 - Informacije o kernelima instaliranih OS-eva
 - Informacije o driverima
 - ...

Popularni bootloaderi

GRand Unified Bootloader

- GNU projekt
- Konfigurabilan za više operacijskih sustava na jednom računalu (*multiboot*)
- **GRUB Legacy**
 - Starija verzija
 - Više se ne razvija
- **GRUB 2**
 - Drugačije konfiguracijske datoteke
 - Modularan, puno mogućnosti

Syslinux

- *Lightweight* bootloader
- Jednostavna konfiguracija

initrd/initramfs

- Kernel prepoznaje sve uređaje na sustavu i učitava **initial ramdisk**
- Riječ je o pomoćnom datotečnom sustavu učitanoj direktno u RAM
- Omogućuje kernelu učitavanje osnovnih modula kako bi došao do *root* filesystema
 - moduli
 - enkripcija
 - RAID / LVM
 - ...
- initrd se po završetku briše iz memorije
- Pokreće se init

Zašto initrd?

- initrd sadrži osnovni i vrlo mali *filesystem* koji zna baratati diskom na kojem se nalazi kernel
- Nužan za učitavanje stvari poput potrebnih drivera i jezgrinih modula
- Važan dio koncepcije otvorenih računarskih sustava je **modularnost**
- Od otvorenog se sustava očekuje podrška za lagano proširivanje funkcionalnosti kroz **module**
- initrd upravlja učitavanjem samo potrebnih modula pri pokretanju sustava
- Ostali se moduli mogu uključivati po potrebi (korištenjem naredbe *modprobe*)

init

- init je sustav zadužen za inicijalizaciju OS-a, a pokreće se odmah nakon pokretanja kernela
- System V (jedna od prvih komercijalnih Unix distribucija)
- Proces *sysvinit*
- Serijsko učitavanje modula
- Prilično monolitno i nefleksibilno

systemd

- Moderni sustav upravljanja procesima i cijelim sustavom
- Istiskuje iz uporabe monolitni i glomazni init
- systemd koristi svaka popularna moderna distribucija
- Konfiguracija zasnovana na *unit* datotekama
- Neki tipovi *unit* datoteka:
 - daemon* označava pozadinske, neinteraktivne procese
(provjeravanje IO uređaja, logovi, mreža, ...)
 - target* grupira unite u skupine
 - service*, *socket*, ...

systemd

- Upravljanje systemd sustavom: naredba *systemctl*
 - *systemctl* – ispis svih jedinica
 - *systemctl status ime* – ispis trenutnog stanja jedinice *ime*
 - *systemctl enable httpd* – pokretanje httpd daemona pri pokretanju sustava
 - *systemctl start httpd* – instantno pokretanje httpd daemona
- Upravljanje logovima systemd sustava: naredba *journalctl*
 - systemd logove ne zapisuje tekstualno nego u binarnom zapisu
 - *journalctl* omogućuje čitanje tih zapisa
- Analiza vremena trajanja systemd sustava pri pokretanju OS-a: naredba *systemd-analyze*
 - *systemd-analyze blame* – distribucija trajanja po procesima pri pokretanju

Primjer dodavanja systemd servisa

- Servisi se dodaju u direktorij `/etc/systemd/system/`
- Primjer: `/etc/systemd/system/moj-program.service`
- Unit file opisuje servis i sastoji se od nekoliko glavnih dijelova:

Unit – opis jedinice i ovisnosti o ostalim jedinicama

Service – implementacijski detalji servisa – tip servisa, korisnik, okolina, program za pokretanje...

Install

- Na sljedećem je slajdu primjer systemd unit fajla koji opisuje servis
- Nakon dodavanja user fajla potrebno je pokrenuti naredbu `systemctl daemon-reload`
- Nakon toga je za pokretanje servisa dovoljno pokrenuti `systemctl start moj_program`

```
[Unit]
Description=The Nice and Accurate Prophecies
After=network.target # ne pokreći prije dizanja mreže

[Service]
Type=simple
User=my_username
ExecStart=/opt/my_program.sh
# tu se mogu dodati stvari poput
# ExecStop=/opt/program.sh --stop # ako postoji
# neki poseban način za zaustaviti program
# ExecReload=/opt/program.sh --reload # ako postoji
# neki poseban način za restartati program
# systemd ima defaultan način za gašenje programa (signali)
# tako da nije potrebno eksplicitno pisati to
# i po defaultu restart smatra gašenjem i paljenjem

# ovdje mogu doći fajlovi koji specificiraju environment varijable
Restart=always
# systemd sada prati je li program živ i restarta ga ako nije

[Install]
WantedBy=default.target # u kojoj grupi se pokreće servis
```

Kernel moduli

"Kernel modules are pieces of code that can be loaded and unloaded into the kernel upon demand. They extend the functionality of the kernel without the need to reboot the system."

- Moduli su spremljeni na lokaciji
`/usr/lib/modules/kernel_release`
- `lsmod` – trenutno učitani moduli
- `modprobe module_name parameter_name=parameter_value` – učitavanje modula
- `modprobe -r module_name` – *unload* modula

`/etc/modprobe.d/`

`options module_name parameter_name=parameter_value`

Kernel domesticus

Kompajliranje kernela (CentOS)

```
yum -y groupinstall 'Development tools'
yum -y install ncurses-devel rpm-build qt-devel
```

```
cd /usr/src/kernels
wget https://www.kernel.org/pub/linux/kernel/v3.x/linux-3.12.6.tar.bz2
tar xvjf linux-3.12.6.tar.bz2
cd /usr/src/kernels/linux-3.12.6
```

Izmijeniti konfiguraciju (promjeniti verziju u Makefile):

```
cp /boot/config'-uname -r' .config
make menuconfig \# ili make xconfig
```

Spremiti .config i kopajlirati

```
make; make modules_install; make install;
vi /boot/grub/grub.conf \# (default=1 to default=0)
```

- Dakle, pokretanje sustava ukratko izgleda ovako:
 - Procesor iz firmwarea čita i pokreće BIOS/UEFI
 - BIOS/UEFI saznaju lokaciju bootladera na disku iz MBR-a/GPT-a
 - S diska se pokreće bootloader
 - Bootloader pokreće odabrani OS
 - OS prvo učitava kernel i initrd/initramfs da može učitati *root filesystem*
 - Nakon toga, kernel pokreće init proces s PID-om 1 (nekad SysVinit, danas uglavnom systemd)
 - init proces pokreće sve potrebne pozadinske procese, servise, uređaje. . .
 - Korisnik pali terminal i u svojem omiljenom *shellu* pokreće naredbu *sl* i zadovoljan je

Literatura

<https://www.happyassassin.net/2014/01/25/uefi-boot-how-does-that-actually-work-then/>

<https://wiki.archlinux.org/index.php/GRUB>

http://wiki.gentoo.org/wiki/GRUB2_Quick_Start

<https://wiki.archlinux.org/index.php/Syslinux>

https://wiki.archlinux.org/index.php/Kernel_parameters

https://wiki.archlinux.org/index.php/Unified_Extensible_Firmware_Interface

<http://0pointer.de/blog/projects/the-biggest-myths.html>

<http://users.cecs.anu.edu.au/~okeefe/p2b/power2bash/power2bash.html>