PREDGOVOR

Većina modernih sistema u telekomunikacijama predstavlja složenu kombinaciju hardvera i softvera. Dodatno, razvoj računara je omogućio da se mnoge telekomunikacione funkcionalnosti presele na računare i virtuelne mašine. Usvojene paradigme poput virtuelizacije mrežnih funkcija i softverski definisanih mreža potvrđuju ovaj trend. U većini slučajeva se kao operativni sistem koristi Linux pre svega zbog otvorenosti koda, široke zajednice, ali i velike fleksibilnosti i prilagodljivosti različitim platformama. Otuda je bitno poznavati rad u Linux okruženju jer bez tog znanja postaje gotovo nemoguć kvalitetan rad sa modernom telekomunikacionom opremom. Ovaj udžbenik je upravo posvećen sticanju osnova u radu sa Linux okruženjem kao početna stepenica u administraciji modernih telekomunikacionih sistema.

Ovaj udžbenik je namenjen predmetu Mrežna administracija i programiranje koji se predaje na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Cilj udžbenika je da upozna čitaoce sa osnovama Linux operativnog sistema, pre svega sa radom u konzolnom (negrafičkom) okruženju. Poseban akcenat je stavljen na konfiguraciju mrežnih podešavanja i mrežnu administraciju sistema, ali i programiranje skripti.

U okviru prvog poglavlja je dat kratak istorijat Linux operativnog sistema, i definisane su konvencije koje će biti korišćene u nastavku udžbenika. Takođe, date su i osnovne informacije o trenutnom statusu Linux operativnog sistema, a definisani su i osnovni pojmovi poput distribucije i *shell*-a.

U drugom poglavlju su obrađene osnove urada sa fajlovima. Naime, sa stanovišta Linux operativnog sistema, sve se radi preko fajlova, odnosno sve se predstavlja u vidu fajlova. Otuda je bitno poznavati fajlove, koji tipovi postoje i koja je njihova namena. U poglavlju su obrađene komande za rad sa direktorijumima i fajlovima poput kreiranja, brisanja, kopiranja i sl.

U konzolnom modu rada, odnosno u terminalu (*shell*-u), moguće je unositi veoma složene komande. Dodatno, nakon unosa komande sam *shell* može da transformiše delove unete komande. Stoga je veoma bitno dobro poznavati princip rada *shell*-a, tumačenje unosa i mogućnosti transformacije unosa u komandnoj liniji. Iz tog razloga, treće poglavlje je posvećeno objašnjenju kako *shell* tumači, procesira i eventualno transformiše korisnički unos pre obavljanja zadatka koji je korisnik zadao preko komandne linije. Objašnjeni su i načini kako sprečiti transformacije korisničkog unosa od strane *shell*-a. Na kraju su objašnjene promenljive okruženja,

kako sistemske, tako i korisnički definisane, koje omogućavaju dodatnu fleksibilnost i mogućnosti u konzolnom radu, naročito u radu sa skriptama.

Četvrto poglavlje objašnjava dve veoma bitne tehnike koje su na raspolaganju u konzolnom radu. Prva tehnika je redirekcija. Postoje redirekcija ulaza i redirekcija izlaza. Oba tipa redirekcija su objašnjena sa datim primerima, kao i tipičnim primenama u praksi. Druga tehnika koja je objašnjena u četvrtom poglavlju su neimenovani pajpovi. Ova tehnika je od izuzetnog značaja jer omogućava povezivanje različitih komandi u lanac u cilju postizanja složenog procesiranja. Ovim je omogućeno da se razvijaju jednostavniji alati specijalne namene koji mogu međusobno da se ulančavaju u cilju postizanja složenog procesiranja.

Peto poglavlje je veoma obimno jer daje pregled velikog broja komandi i alata koje se koriste za procesiranje fajlova i predstavljaju osnovne alate za sistemske i mrežne administratore Linux zasnovanih sistema. Takođe, u okviru ovog poglavlja su opisani i najpoznatiji tekstualni editori koji se koriste u konzolnom okruženju, a koje je bitno poznavati jer jedna od glavnih operacija u administraciji sistema jeste editovanje i kreiranje konfiguracionih fajlova, a za šta moraju da se koriste tekstualni editori.

U šestom poglavlju je obrađena pretraga fajlova u sistemu. Naime, već je rečeno da se u Linux sistemima sve predstavlja u vidu fajlova i samim tim rad sa fajlovima je od ogromnog značaja. Pošto broj fajlova u sistemu može biti ogroman, potreban je alat koji omogućava nalaženje željenih fajlova u sistemu. Stoga je šesto poglavlje posvećeno najpoznatijoj komandi za pretragu fajlova u sistemu.

U tipičnom radnom okruženju, na sistemu može raditi više korisnika, odnosno može se definisati više korisničkih naloga. Dodatno, ne trebaju svi korisnici imati iste privilegije. Takođe, potrebno je omogućiti korisnicima da podešavaju privilegije nad sopstvenim fajlovima i da ograničavaju, u skladu sa sopstvenim potrebama, pristup vlastitim fajlovima drugim korisnicima. U cilju saradnje korisnika u okviru istog sistema potrebno je omogućiti i rad u grupama. Sedmo poglavlje je upravo posvećeno ovim aspektima sistema: rad sa korisničkim nalozima, rad sa grupama, rad sa privilegijama.

Kada pokrenuta aplikacija krene da se izvršava, pokreće se jedan ili više procesa u sistemu. Dodatno, server aplikacije pokreću procese koji neprestano rade, na primer, osluškuju dolazeće veze. U osmom poglavlju su obrađeni procesi i nadgledanje procesa. Takođe, obrađeno je zakazivanje poslova koji treba da se obave u budućnosti (jednom ili periodično). Dodatno, obrađene su osnove menadžmenta sistema koje uključuje nadgledanje i rad sa servisima, sistem za vođenje dnevnika, upravljanje sistemskim vremenom. Na kraju su date i osnove rada sa kernel modulima.

U devetom poglavlju je obrađena mrežna administracija sistema. Prvo su obrađena mrežna podešavanja koja uključuju aktivaciju i deaktivaciju mrežnih

interfejsa, podešavanje statičke mrežne adrese na interfejsu, rad sa tabelama usmeravanja i dr. Potom su obrađene komande za prikupljanje i analizu mrežnog saobraćaja. Na kraju je dat pregled dva osnovna i često korišćena načina za udaljeni pristup: telnet i SSH (*Secure Shell*).

Za automatizaciju poslova se tipično koriste *shell* skripte. Skripte se koriste i za složeno procesiranje, ali i za poslove koji se često obavljaju. Neophodno je poznavanje skripti za administraciju sistema. Otuda je u desetom poglavlju izložen koncept skripti i rad sa njima. Pokrivene su sve tipične konstrukcije koje se koriste u skriptama, kako objašnjenjima tako i konkretnim primerima što omogućava čitaocu da na osnovu njih može da napiše sopstvene skripte.

Autor se nada da će ovaj udžbenik omogućiti polaznicima predmeta Mrežna administracija i programiranje dobro razumevanje osnova Linux sistema i njihove administracije. U budućim izdanjima udžbenik će biti proširen dodatnim primerima i alatima u skladu sa odzivom i mišljenjem čitalaca ovog udžbenika. Stoga su dobrodošle sve sugestije čitalaca za unapređenje sadržaja ovog udžbenika, kao i predlozi za nove teme koje bi bile deo budućih izdanja udžbenika.

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. RAD SA FAJLOVIMA 9

2.1. RAD SA DIREKTORIJUMIMA 13
2.2. RAD SA FAJLOVIMA 21

3. PROCESIRANJE KOMANDNE LINIJE 38

3.1. ALIJASI I TIPOVI KOMANDI 39
3.2. *SHELL* EKSPANZIJE 43
3.2.1. Brace ekspanzija 43
3.2.2. Tilde ekspanzija 45
3.2.3. Parametarska ekspanzija 46
3.2.4. Komandna supstitucija 46
3.2.5. Aritmetička ekspanzija 48
3.2.6. Ekspanzija naziva fajlova 49
3.3. UPOTREBA NAVODNIKA 52
3.4. PRIKAZ KONAČNOG IZGLEDA KOMANDE 54
3.5. KONTROLNI KARAKTERI 56
3.6. *SHELL* PROMENLJIVE 61

4. REDIREKCIJE I PAJPOVI 70

4.1. REDIREKCIJE 70
4.1.1. Redirekcija izlaza 71
4.1.2. Redirekcija ulaza 77
4.2. PAJPOVI 82

5. OBRADA SADRŽAJA 85

5.1. KOMANDA SORT 85
5.2. KOMANDA UNIQ 90
5.3. KOMANDA CUT 93
5.4. KOMANDA COMM 96
5.5. KOMANDA WC 97
5.6. KOMANDA OD 99
5.7. KOMANDA GREP 103
5.8. KOMANDA TR 120
5.9. KOMANDA SED 123
5.10. KOMANDA AWK 138
5.11. TEKSTUALNI EDITORI 154
5.12. ARHIVIRANJE FAJLOVA 162

6. PRETRAGA FAJLOVA 166

7. RAD SA KORISNIČKIM NALOZIMA I PRIVILEGIJAMA 190

7.1. KORISNIČKI NALOZI 191
7.2. VLASNIŠTVO NAD FAJLOVIMA 209
7.3. DOZVOLE 213
7.4. INODE 222

8. PROCESI 231

8.1. POKRETANJE KOMANDI 231
8.2. ODLOŽENO POKRETANJE KOMANDI 237
8.3. PROCESI 245
8.4. MENADŽMENT SISTEMA 260
8.5. MODULI 282

9. MREŽNA ADMINISTRACIJA 289

9.1. MREŽNA PODEŠAVANJA 289
9.2. ANALIZA MREŽNOG SAOBRAĆAJA 319
9.3. UDALJENI PRISTUP 352

10. SKRIPTE 356

LITERATURA 383

SPISAK SKRAĆENICA 389

SPISAK SLIKA 391

SPISAK TABELA 404

1. UVOD

Koreni Linux-a suštinski sežu dalje u prošlost od samog trenutka nastanka Linux operativnog sistema. U početku su računari bili veoma skupi i zauzimali su ogroman prostor. Samim tim su se računari dominantno koristili u industrijske, vojne, naučne i istraživačke svrhe. U početku se nije vodilo računa o kompatibilnosti, pa su računari različitih proizvođača koristili sopstvena rešenja koja nisu bila kompatibilna sa rešenjima drugih proizvođača. Naravno, ovo je bio velik problem i sa stanovišta troškova, ali i ograničene upotrebljivosti takvih sistema.

1969. godine napisan je Unix operativni sistem u C programskom jeziku [1]. Dennis Ritchie i Ken Thompson su bili autori prvog Unix operativnog sistema koji suštinski predstavlja početak razvoja modernih operativnih sistema [2]. Suština novog pristupa je bila u razdvajanju koda koji je specifičan za hardversku platformu na kojoj treba da se pokreće operativni sistem (kernel) i koda koji predstavlja ostatak sistema tj. aplikacije. Time najveći deo koda može da se koristi na različitim sistemima, a samo se prilagođava kernel deo operativnog sistema.

Sredinom 1970-tih godina, AT&T je počeo komercijalno prodavati Unix operativni sistem što je dovelo do problema sa zajednicom istraživača koji su u velikoj meri doprineli razvoju Unix operativnog sistema [2]. Kao rezultat razmimoilaženja u stavovima po pitanju otvorenosti i dostupnosti Unix operativnog sistema, došlo je do kreiranja AT&T komercijalnog Unix operativnog sistema i otvorenog i besplatnog BSD Unix operativnog sistema [2]. Ubrzo nakon ovoga, dodatnu komplikaciju su unele kompanije poput IBM, HP i drugih koje su takođe razvile svoje verzije Unix operativnog sistema pa se opet javio problem potpune kompatibilnosti.

Richard Stallman je pokušao da reši ovaj problem tako što će se napraviti jedinstveno besplatno i otvoreno rešenje dostupno svima. Glavni rezultat ovog pokušaja tj. GNU projekta je razvoj GNU alata koji se i danas koriste i razvijaju [2]. GNU je rekurzivni akronim od *GNU is Not Unix* čime se htelo naglasiti da je u pitanju novo rešenje, a ne još jedan Unix klon. Međutim, do razvoja novog operativnog sistema koji bi bio dominantno usvojen od većine korisnika nije došlo.

Početkom 1990-tih, Linus Torvalds je krenuo u razvoj novog operativnog sistema koji bi bio kompatibilan sa Unix standardom. Razvoj je krenuo od *minix* operativnog sistema koji se koristio u edukativne svrhe. Vrlo brzo se oformila Linux zajednica koja je brzo rasla. Razvijen je Linux kernel kao osnova Linux operativnog

sistema, a za alate (aplikacije) su korišćeni GNU alati. Podaci o GNU alatima i projektu se mogu naći na sajtu *https://www.gnu.org* [3]. U suštini, pun naziv Linux operativnog sistema bi trebao biti GNU/Linux jer Linux predstavlja sam kernel deo operativnog sistema, a GNU predstavlja alate tj. aplikacije bez kojih bi sam kernel bio beskoristan jer korisnici ne bi mogli mnogo šta da urade sa takvim sistemom. Zahvaljujući širokoj podršci, Linux operativni sistem je zaživeo, a razvija se i koristi se i u današnje vreme, a sigurno i u budućnosti.

Jedna od prednosti Linux operativnog sistema je otvorenost koda što čini mogućim njegovo prilagođavanje različitim hardverskim platformama. Dominantan je na tržištu superračunara [4] i mobilnih telefona [5], ali ima i značajno prisustvo u tržištu servera, ali i kućnih računara [5]. Veoma popularan Android operativni sistem je zasnovan na Linux operativnom sistemu [6] pa otuda dominacija na tržištu mobilnih telefona.

Na tržištu postoji velik broj tzv. Linux distribucija. Linux distribucija predstavlja operativni sistem zasnovan na Linux kernelu. Distribucija sadrži sam kernel, GNU alate i biblioteke, dodatni softver i dokumentaciju, a tipično i deo za grafički prikaz i menadžment prozora. Uglavnom je sve otvorenog koda i besplatno, ali postoji mogućnost da distribucija sadrži i tzv. binarne mehure (*binary blobs*) čiji kod nije otvoren već korisnik ima na raspolaganju samo izvršne fajlove određenih aplikacija. Neke od poznatijih i popularnijih Linux distribucija su svakako Ubuntu [7], Debian [8], Red Hat Enterprise Linux [9], CentOS [10], Fedora [11], Linux Mint [12], openSUSE [13], MX Linux [14], Manjaro [15], i dr. Broj distribucija koje su na raspolaganju je ogroman i to je možda i svojevrsna mana Linux operativnog sistema jer je teško odabrati koju Linux distribuciju koristiti i koja je najadekvatnija za određenu namenu. Međutim, broj prednosti je znatno veći: otvorenost koda, široka zajednica koja aktivno učestvuje u razvoju i otklanjanju problema, velik broj besplatnih distribucija, prilagodljivost različitim hardverskim platformama.

Svi primeri u okviru ovog udžbenika su rađeni na Ubuntu 20.04 distribuciji, sem ako nije naglašeno drugačije. Preporuka čitaocima ove knjige, naročito ako nemaju iskustva u radu sa Linux operativnim sistemom, da koriste virtuelizaciju operativnog sistema i tako podignu Linux operativni sistem na kom će testirati primere iz ove knjige, ali i sopstvene primere. Jednostavna varijanta je upotreba VirtualBox softvera [16]. U nastavku je dato kratko uputstvo za korisnike Windows operativnog sistema. Nakon skidanja VirtualBox instalacije [17], potrebno je pokrenuti instalaciju i instalirati aplikaciju. Nakon toga potrebno je kreirati virtuelnu mašinu na kojoj će biti instaliran Linux operativni sistem. Najjednostavnija varijanta je da se skine fajl koji sadrži već gotovu virtuelnu mašinu koju je potrebno samo uvesti (*import*) u VirtualBox aplikaciji. Navedeni fajl ima ekstenziju .ova čime se ukazuje da je u pitanju fajl pripremljen u *Open Virtualization* formatu, a koji je podržan od strane VirtualBox-a. Postoje brojni sajtovi odakle je moguće preuzeti već gotove .ova fajlove za različite Linux distribucije. Kada se preuzme .ova fajl,