

Optimizacije kroz GCC, LLVM i Native Image

Tamara Stojković, Emilija Stošić, Teodora Isailović
tamara.stojkovic.1998@gmail.com, emilijazstosic@gmail.com,
teodora.isailovic@gmail.com

12. decembar 2022.

Sadržaj

1	Recenzent — ocena: 5	2
1.1	O čemu rad govori?	2
1.2	Krupne primedbe i sugestije	2
1.3	Sitne primedbe	3
1.4	Provera sadržajnosti i forme seminarskog rada	4
1.5	Ocenite sebe	5
2	Recenzent — ocena: 5	6
2.1	O čemu rad govori?	6
2.2	Krupne primedbe i sugestije	6
2.3	Sitne primedbe	7
2.4	Provera sadržajnosti i forme seminarskog rada	7
2.5	Ocenite sebe	8
3	Dodatne izmene	9

Glava 1

Recenzent — ocena: 5

1.1 O čemu rad govori?

Uvodni deo rada bavi se opštim delom teme optimizacija, gde je predstavljena definicija pojma optimizacije i čemu one služe. Naredni deo uvoda se bavi njihovom podelom. Definisana podela optimizacija je izvršena na osnovu vremena izvršavanja, a najveći akcenat je na optimizacijama medjukoda. Detaljno su opisane sve vrste optimizacija, zajedno sa nivoima i performansama koje se ostvaruju.

Dalji deo rada ulazi u srž ove teme. Prelazi se na konkretne opise GCC i LLVM kompajlera, gde je posvećena pažnja i jednom i drugom kompajleru i istaknute su najbitnije stavke koje važe za njih. Detaljno i precizno su opisani nivoi optimizacija oba kompajlera, načini pozivanja i data je nekolicina primera radi ilustracije rada kompajlera. Istaknuto je i za koje programske jezike je bolje koristiti koji kompajler, uz date argumente. Kako bi se razlike između njih videle što bolje, dodato je i par primera testiranja koji su detaljno opisani, a za kraj poredjenja bačen je fokus na nivoe optimizacija.

Krajnji deo rada je fokusiran na temu Native Image kompajlera kod koje su pojašnjene njene specifičnosti i tehnike koje koristi. Dodate su i mane i problemi u vezi Native Image-a, čime se na lep način ističu i njegove mane u odnosu na prethodne kompajlere.

Zaključak, kratak i jasan, govori o bitnosti optimizacija i razlozima zašto se koriste.

1.2 Krupne primedbe i sugestije

Pohvala za pažnju koja je usmerena ka uvodnom delu rada, gde su detaljno opisane optimizacije i njihova podela, kao i ravnomerno raspoređena objašnjenja većine stavki u podelama. S time rečeno, u uvodnom delu su po mom mišljenju mogle biti malo više objašnjene i druge dve stavke u podeli optimizacija, pored optimizacije medjukoda, a u okviru optimizacija medjukoda fali mi definicija medjuproceduralnih optimizacija i malo bolje pojašnjenje istih. Optimizacija je široka oblast, pa samim tim i podela optimizacija sadrži dosta detalja. U ovom radu ideja je da se čitaocu samo predstave vrste optimizacija koje postoje kako bi se upoznao sa njima i mogao da razume primarnu temu

rada, a to su optimizacije dostupne u okviru kompajlera GCC/LLVM, kao i odnos sa Native Image kompajlerom. Iz tog razloga fokus nije na previše detalja u prvoj sekciji rada i smatramo da nije neophodno previše je proširivati. Dodat je deo teksta, zarad boljeg razumevanja. Kod međuprocuduralnih optimizacija (strana 4, sekcija 2.1.3) dodat je sledeći deo „Međuprocuduralna optimizacija radi na celokupnom grafu kontrole toka (eng. *Control Flow Graph, CFG*) koji prati pozive funkcija i njihovu međusobnu interakciju. Ova optimizacija se vrši na nivou celog programa tj. više funkcija. “. Takođe, u sekciji koja govori o optimizaciji koda (strana 4, sekcija 2.2) za optimizaciju redosleda instrukcija dodat je deo teksta, kako bi se bolje razumele faze.

Glavni deo seminarskog u kome je razradjena sama tema je super odradjen. Sažet i detaljan opis GCC kompajlera je prikladan. Bilo bi super da su i za LLVM prikazane slike performansi kao i za GCC (STRANA 6 u seminarskom radu).

Na strani 8 je dodata slika koja prikazuje dužinu izvršavanja programa sa različitim nivoima optimizacije u okviru LLVM kompajlera.

Testovi koji su obavljeni nad oba kompajlera su mogli biti dopunjeni nekim grafikonom, kako bi se dobio i vizuelni utisak o celoj priči.

Rezultati testova koji su obavljani nad kompajlerima su detaljno objašnjeni i mogu se videti i na slikama, pa zbog toga nije dodat grafički prikaz rezultata testova, takođe, dodavanjem grafika, rad ne bi ispoštovao zadatu strukturu.

Poslednji deo teme koji se tiče Native Image-a bi trebalo još malo razraditi, kako bi se dobilo bolje poredjenje sa prethodna dva kompajlera.

Preporuka za dodavanje dela priče o llvm-gcc komandi kao spoj između LLVM-a i GCC-a.

Na strani 8 je dodat tekst o llvm-gcc komandi. Komanda **llvm-gcc** je modifikovana verzija komande gcc, koja kompajlira C/Objective-C programe u izvorne objekte, LLVM bajtkodove ili LLVM asemblerske kodove, u zavisnosti od opcija. Podrazumevano, llvm-gcc kompajlira programe u izvorne objekte baš kao što to radi GCC. Ako su date opcije -emit-llvm i -c, onda će se umesto toga generisati LLVM bajtkod datoteke. Ako su date opcije -emit-llvm i -S, onda će se generisati LLVM asemblerski kod. Opcija -emit-llvm se uvek navodi sa opcijama -c ili -S, inače nema nikakvog efekta. Komanda **llvm-gcc** ima mnoge karakteristike komande gcc i prihvata većinu gcc-ovih opcija.

1.3 Sitne primedbe

Gramatickih gresaka skoro da nema, i stil pisanja je i vise nego zadovoljavajuc.

- Na strani 5, gde se govori o nivoima optimizacije, ponavlja se sličan koncept rečenica za svaku stavku. Možda je bilo bolje postaviti nivoe u tabelu i štiklirati osobine koje važe za koji nivo, da bi se izbeglo ponavljanje fraza "Na ovom nivou", "Ovaj nivo".

Napravljene su izmene u tekstu na strani 5 kako bi se izbeglo ponavljanje fraza "Na ovom nivou", "Ovaj nivo". Tabela možda ne bi mogla da prikaže sve informacije o nivoima.

- Strana 6, prva slika ne sadrži nikakav *caption*.
Dodat *caption* „Program za izračunavanje n-tog stepena brojeva“ na strani

broj 6.

- Strana 10, štur opis slike, potreban kratak opis.
Zamenjen je opis slike opisom situacije prikazane na slici.
- Par gramatičkih grešaka, gde su u pitanju š,č itd.
Ukazane greške su ispravljene dodavanjem odgovarajućih slova.
- Korišćeno je dosta stranih izraza, za neke bi trebalo dodati fusnote kao dodatno objašnjenje.
Većina stranih izraza korišćena je da predstavi kako odgovarajući pojam glasi na engleskom, za koji je dat prevod na srpski jezik i objašnjeni su. Dodata je fusnota koja objašnjava šta predstavlja graf kontrole toka kao novo uvedeni pojam. Dodata fusnota: „Graf kontrole toka (eng. *Control Flow Graph, CFG*) je graf koji sadrži osnovne blokove funkcije.“
- Izgled tabele bi se mogao popraviti, da širina ne odstupa od širine teksta.
Popravljen pozicija tabele tako da bude u ravni sa ostatkom teksta.
- Strana 7, opis nivoa -O1, fali tačka na kraju.
Dodata je propuštena tačka na strani broj 7, kod opisa nivoa -O1.

1.4 Provera sadržajnosti i forme seminarskog rada

1. Da li rad dobro odgovara na zadatu temu?
Rad je ispratio zadatu temu, kroz tekstualna objašnjenja, koja su dopunjena tabelama i slikama, radi boljeg razumevanja prikazanih statistika i optimizacionih tehnika.
2. Da li je nešto važno propušteno?
Nije propušteno ništa važno. U tekstu iznad su date kritike, koji delovi bi se mogli dopuniti, kako bi se rad zaokružio kao celina.
3. Da li ima suštinskih grešaka i propusta?
Suštinske greške nisu primećene. Rad je opisan adekvatno, uz neke manje nedostatke.
4. Da li je naslov rada dobro izabran?
Naslov rada nije dobro postavljen i ne odgovara temi. Tema rada su većinski navedena tri kompajlera, prema tome su oni trebali stajati u naslovu.
Naslov rada je promenjen. Novi naslov rada je „Optimizacije kroz GCC, LLVM i Native Image“.
5. Da li sažetak sadrži prave podatke o radu?
Sažetak je jasno napisan i odgovara temi.
6. Da li je rad lak-težak za čitanje?
Rad nije težak za čitanje i razumevanje. Tema i način pisanja su razumljivi, ali zbog dosta stranih izraza koji nisu objašnjeni, moglo bi biti otežavajućih okolnosti pri razumevanju.

7. Da li je za razumevanje teksta potrebno predznanje i u kolikoj meri?
Potrebno je osnovno predznanje koje se tiče kompajlera, kako bi se bolje shvatila tema koja je obradena. Tekst je dobro sastavljen, tako da bez velikih poteskoca se moze razumeti, bez velikog prethodnog iskustva sa datom temom.
8. Da li je u radu navedena odgovarajuća literatura?
U radu je navedena odgovarajuća literatura.
9. Da li su u radu reference korektno navedene?
Reference su korektno navedene.
10. Da li je struktura rada adekvatna?
Ispunjeni su svi uslovi koji se tiču strukture rada.
11. Da li rad sadrži sve elemente propisane uslovom seminarskog rada (slike, tabele, broj strana...)?
Nabrojani elementi za uslov seminarskog rada su ispoštovani.
12. Da li su slike i tabele funkcionalne i adekvatne?
Slike i tabele su funkcionalne, potrebno je malo ih bolje opisati.

1.5 Ocenite sebe

Srednje sam upućena u ovu temu, uz dodatak da sam je i sama istraživala radi svojih ličnih potreba. O oblastima GCC-a sam učila tokom studiranja na osnovnim studijama, a o kompajleru Native-Image sam učila tokom pisanja seminarskog rada "Optimizacije dostupne u okviru kompajlera Native Image" u sklopu ovog kursa, gde sam zajedno sa timom izučila njegove specifičnosti.

Glava 2

Recenzent — ocena: 5

2.1 O čemu rad govori?

U uvodnom delu se definiše šta predstavlja optimizacija, njene podele i u koje svrhe se koristi, kao i to koliko je danas pojam optimizacije široko rasprostranjen kada su kompajleri u pitanju i na kakav način sve mogu optimizovati kodove. Definisane su podele optimizacije u odnosu na vreme izvršavanja i detaljno su objašnjene pojedinosti loklanih, globalnih i međuproceduralnih optimizacija.

Rad se dalje bavi naprednim optimizacijama u okviru kompajlera GCC i LLVM, gde se pored uopštenih informacija o ovim kompajlerima, detaljno i precizno opisuju nivoi optimizacije, način njihovog pozivanja i pojedinosti koje donose dati nivoi.

Zatim su na lep i jasan način prikazane razlike između GCC-a i LLVM-a, odnosno za koje programske jezike se upotrebljava jedan, a za koje drugi, kao i to zašto i u kojim specifičnim situacijama je bolje koristiti jedan kompajler u odnosu na drugi. Pored toga su prikazani i opisani rezultati testiranja primene oba kompajlera i to kakve su performanse prikazane u odnosu na to koji kompajler i koji nivo optimizacije je korišćen. Sve ove razlike i sličnosti su na transparentan način prikazane kroz tabelu.

Na kraju rada se uvodi pojam Native-Image kompajlera, gde se navode specifičnosti ovog tipa kompajlera, komponente od kojih je sačinjen, kao i optimizacije koje se primenjuju i koje su specifične za Native-Image kompajler.

Zaključak ovog rada je lepo sažet i još jednom naglašava bitnost optimizacija i koliko su zapravo bitne za performanse izvršivog koda.

2.2 Krupne primedbe i sugestije

Pohvale za prikazivanje optimizacionih performansi u okviru kompajlera GCC direktno na primeru, gde se na osnovu nivoa optimizacije pri kompajliranju programa prikazuje dužina izvršavanja izvršivog fajla. Jedino što mi nije jasno je komentar da se brzina izvršavanja povećava sa povećanjem optimizacionog nivoa, dok se na screenshot-u terminala može videti kako se vreme izvršavanja koda smanjuje uz povećanje optimizacionog nivoa, ali pretpostavljam da je to lapsus.

Komentar, na strani 6, da se brzina izvršavanja povećava sa povećanjem optimizacionog nivoa je zamenjen komentarom da se vreme izvršavanja programa smanjuje, kako se povećava nivo optimizacije.

Drugih primedbi i sugestija nemam.

2.3 Sitne primedbe

Stil pisanja veoma dobar i precizan, uočio sam svega par grešaka koje su date ispod.

- Na par mesta sam uočio pisanje karaktera otvorene zagrade i dvotačke odmah uz poslednji karakter prethodne reči koji može dovesti do pogrešnog prelamanja u slučaju promene teksta koji im prethodi.
Karakter otvorena zagrada odvojen je u radu od prethodne reči, gde god je bio napisan spojeno. Dvotačke su ostavljene kako su prvobitno bile napisane, sa obzirom na to da je analizom relevantnih sajtova (jedan od sajtova: <https://kakosepise.net/srpski-jezik/pravopis/dve-tacke-ili-dvotacka/>), seminarskih radova i skripti profesora uočeno da je tako ispravno napisati.
- Pod naslovom „Uvod“ u zagradi se nalazi rečenica gde se nalaze dva „se“ umesto jednog.
Ispravljen je deo rečenice u zagradi sa „(uglavnom se ne može se reći da predstavlja pronalazak „optimalnog rešenja“)“ na „(uglavnom se ne može reći da predstavlja pronalazak „optimalnog rešenja“)“.
- Na dva mesta sam primetio slovnu grešku u reči „može“ (promeniti z na ž).
Na oba mesta ispravljeno je napisano „moze“ na „može“.
- Prelamanje jednog slova u novi red u reči „cilj“ (ci-lj).
Problem prelamanja reči u rečenici u sekciji „Optimizacije u okviru kompajlera GCC“ rešen je preformulisanjem, tako da se red završava sa „čiji je cilj bio izgradnja“ i nema prelamanja.
- U prvoj rečenici pod naslovom „Native-Image kompajler“ treba dodati predlog „na“ uz „specifičnoj platformi“, kako bi rečenica imala smisla.
Prepravljena je rečenica tako da ima smisla.

2.4 Provera sadržajnosti i forme seminarskog rada

1. Da li rad dobro odgovara na zadatu temu?
Rad sasvim jasno i precizno opisuje zadatu temu, objašnjenja i poređenja su praćena praktičnim primerima, snimcima ekrana i tabelarnim prikazima koji doprinose boljem razumevanju teksta.
2. Da li je nešto važno propušteno?
Ja nisam uočio ništa važno što je propušteno i što bi moglo doprineti boljem kvalitetu rada.

3. Da li ima suštinskih grešaka i propusta?
Suštinske greške i propuste nisam primetio, sem ovog koji je opisan u odeljku primedbi i sugestija.
4. Da li je naslov rada dobro izabran?
Naslov rada koji mi je prosleđen na mejl za recenziju se ne podudara sa naslovom rada, ono što bih ja dodao u naslov jesu nazivi kompajlera na kojima je bio akcenat tokom pisanja, a to su GCC, LLVM i Native Image. [Naslov rada je promenjen. Novi naslov rada je „Optimizacije kroz GCC, LLVM i Native Image“.](#)
5. Da li sažetak sadrži prave podatke o radu?
Sažetak jasno opisuje teme koje su obrađene u radu.
6. Da li je rad lak-težak za čitanje?
Rad sam pročitao bez ikakvih problema, tako da bih rekao da je lak i jasan za čitanje i razumevanje.
7. Da li je za razumevanje teksta potrebno predznanje i u kolikoj meri?
Većina teksta je precizno i detaljno opisana kako bi ih mogli razumeti čitaoci različitog nivoa predznanja. Naravno da su neki detalji specifični i da bi ih osobe sa manjkom predznanja malo teže razumela, ali to je sasvim normalno i slažem se u potpunosti sa tim.
8. Da li je u radu navedena odgovarajuća literatura?
U radu je navedena odgovarajuća literatura.
9. Da li su u radu reference korektno navedene?
Ja nisam otkrio reference koje nisu korektno navedene.
10. Da li je struktura rada adekvatna?
Struktura rada mi deluje sasvim adekvatno i korektno.
11. Da li rad sadrži sve elemente propisane uslovom seminarskog rada (slike, tabele, broj strana...)?
Nabrojani elementi za uslov seminarskog rada su ispoštovani.
12. Da li su slike i tabele funkcionalne i adekvatne?
Slike i tabele su funkcionalne i čitljive.

2.5 Ocenite sebe

Smatram da sam srednje upućen u ovu temu, o oblastima GCC-a sam učio tokom studiranja na osnovnim studijama, a o kompajleru Native-Image sam učio tokom pisanja seminarskog rada "Optimizacije dostupne u okviru kompajlera Native Image" na ovom kursu, tako da smatram da imam osrednje znanje koje mi je bilo pomoglo da bih bez poteškoća razumeo sadržaj ovog rada.

Glava 3

Dodatne izmene