

UNIVERZITET U BEOGRADU
MATEMATIČKI FAKULTET



Aleksa Kojadinović

ARHITEKTURA I DIZAJN VEB PLATFORME
ZA UPRAVLJANJE KORISNIČKIM ŽALBAMA
I ZAHTEVIMA

master rad

Beograd, 2024.

Mentor:

Vladimir Filipović

Članovi komisije:

Saša Malkov

Aleksandar Kartelj

Datum odbrane: xx. januar xxxx.

Naslov master rada: Arhitektura i dizajn veb platforme za upravljanje korisničkim žalbama i zahtevima

Rezime: Razvoj veb aplikacija u današnje vreme jedna je od najrasprostranjenijih grana softverskog inženjerstva. Moguće je implementirati veoma kompleksne softverske sisteme kao veb servise. U ovom radu se razmatra i analizira arhitektura kompleksne veb platforme za rešavanje konkretnog poslovnog problema - asinhrona korisničke podrške u vidu kartica. Predloženo rešenje razvijeno je korišćenjem modernih veb tehnologija zasnovanih na Node.js ekosistemu. Rad prikazuje proces dizajna domenskog modela putem ER dijagrama i DDD principa, a zatim i kompletnu implementaciju serverskog i klijentskog dela aplikacije u okruženjima NestJS i Next.js. Pored domenskog dizajna i razvoja, razmatra se i izolacija okruženja koristeći sistem za virtuelizaciju Docker. Rad obuhvata i prikaz implementacije minimalnog analitičkog servisa u jeziku *python* uključujući ETL procese i vizuelizaciju.

Ključne reči: veb, DDD, servisi, API, analitika

Sadržaj

1	Uvod	1
2	Sistem STS	3
2.1	Sistem STS iz ugla korisnika	3
	Osnovne funkcionalnosti, prikaz kartice, statusi	4
	Sistem oznaka, konfigurabilnost	4
	Upravljanje korisnicima	7
	Postavljanje kartice	8
	Podrška veštačke inteligencije	9
2.2	Entiteti i njihovi odnosi, ER dijagram	9
	Odnos kartice i korisnika, složeni odnosi	11
	Oznake i grupe oznaka, slabi entiteti	13
3	Bekend	14
3.1	DDD	14
	Domenski jezik i njegova upotreba u programskom kôdu	15
	Slojevita arhitektura	17
3.2	Okruženje NestJS	18
3.3	Sloj infrastrukture	19
	Repozitorijumi	20
	Sheme, mutacije podataka, šablon Event Sourcing	23
3.4	Sloj domena	26
	Tok podataka kroz domenski sloj	27
	Obrada grešaka	31
3.5	Sloj aplikacije	32
	REST API, svojstva	32
	Kontroleri, validacija, mapiranje	33

4	Frontend	37
4.1	Kratak pregled evolucije jezika Javascript i frontend razvoja	37
	Statički sajtovi	37
	Dodavanje klijentske interaktivnosti	38
	Jednostranične aplikacije - SPA	39
	Hibridna okruženja	40
4.2	React i Next.js	41
	React kao biblioteka i okruženje	41
	Next.js i šabloni renderovanja korisničkih interfejsa	41
	SSR i tok jednog zahteva	42
4.3	Dohvatanje podataka, upravljanje stanjem, biblioteka RTK	44
	Deklaracija API sloja, upravljanje keš oznakama	44
	Izazivanje dohvatanja podataka i korišćenje u komponentama	46
	Mutacije podataka	47
4.4	Internacionalizacija	47
5	Analitika	51
5.1	Skladišta podataka, ETL procesi, cron	52
5.2	Prikaz metrika, biblioteka streamlit	54
6	DevOps	57
6.1	Kontejneri, sistem Docker	58
	Docker slike	58
	Docker kontejneri	60
	Orkestracija putem modula docker-compose	61
6.2	Reverzni proksi nginx	64
6.3	Produkciono okruženje, višefazna izgradnja slika, DockerHub	67
	Višefazna izgradnja	67
	DockerHub	68
7	Zaključak	70
	Bibliografija	72

Glava 1

Uvod

Prilikom razvoja bilo kakvog poslovnog softvera namenjenog za korišćenje od strane velikog broja zaposlenih neke kompanije, u današnje vreme pribegava se implementaciji datog sistema kao jedne kompleksne veb platforme. Razlozi za izbor veba su mnogobrojni, uključujući:

- **Univerzalnost veb pregledača kao platforme na kojoj se izvršava aplikacija.** U kontekstu vizuelnog dela aplikacije, prilikom razvoja tradicionalnih desktop aplikacija potrebno je voditi računa o mogućnosti pokretanja na različitim platformama i arhitekturama, kao i restrikcijama pojedinih sistema. Razlike između veb pregledača, iako postoje, jesu umanjene¹.
- **Lakše ažuriranje aplikacije.** Ažuriranje desktop aplikacije često zahteva korisničku akciju u vidu nekakve instalacije, tako da implementacija ovakvog sistema nije trivijalna. U slučaju veba ovo je značajno olakšano zbog same prirode klijent-server arhitekture.
- **Integracije sa eksternim servisima.** Uveliko ustanovljeni veb standardi, kao što je REST API² doveli su do olakšane međusobne integracije veb platformi.

Veb je od svog originalnog oblika, koji se zasnivao na prikazivanju i povezivanju statičkih HTML stranica, evoluirao do kompleksne platforme za razvoj softvera. Iz tog razloga vremenom se javljala potreba za formalizovanjem principa razvoja softvera za veb, baš kao i za tradicionalne aplikacije [1]. Za ove potrebe nastali

¹I u situacijama kada su značajne postoje alati za njihovo prevazilaženje, kao što je *corejs*.

²O REST API-u će biti reči u sekciji 3.5.

su mnogi standardi i okviri za uspešan razvoj veb aplikacija, koji se vremenom pokazuju kao dobre prakse uprkos konstantnom menjaju konkretnih tehnologija i trendova.

Ovaj rad predstaviće razvoj kompleksne veb platforme za upravljanje korisničkim žalbama i zahtevima. Pod kompleksnošću platforme primarno se podrazumeva tehnička kompleksnost - mogućnosti sistema iz ugla korisnika su ograničene, ali način na koji je sistem dizajniran omogućava njegovo lako proširenje. Iako se dobri standardi i prakse razvoja veb aplikacija obično vezuju za tradicionalne platforme, cilj ovog rada jeste da predstavi njihovu upotrebljivost i u modernim bibliotekama i okruženjima.

Poglavlje 2 najpre će prikazati sistem STS iz ugla korisnika, kako bi bila jasna problematika realnog sveta koja se rešava, dok se naredni deo bavi projektovanjem sistema putem modela entiteta i odnosa.

Treće poglavlje bavi se serverskim delom aplikacije, odnosno bekendom, primenom domenskog dizajna i pregledom svakog od slojeva serverske aplikacije.

U poglavlju 4 fokus se prebacuje na klijentski deo aplikacije, gde se osim prikaza rada aplikacije daje i kratak istorijat primene jezika Javascript, kao i na neke druge aspekte razvoja klijentskih aplikacija.

Naredno poglavlje prikazuje implementaciju minimalnog sistema za analitiku, uz propratne ETL procese i vizuelizaciju.

Pretposlednje poglavlje uvodi nas u postavku infrastrukture za razvoj, koncept veb servera i proksija, kao i kratak prikaz sistema Docker, kao neizostavnog alata za moderan veb razvoj.

Poglavlje 7 daje zaključna razmatranja.

Glava 2

Sistem STS

Svaki biznis koji pruža neku vrstu usluge korisnicima neizostavno mora imati korisničku podršku u nekom obliku. Pre razvoja veb tehnologija telefonski sistemi bili su jedini način direktne podrške koju korisnik može da dobije. Razvoj i pristupčanost veba doveli su do evolucije sofisticiranih onlajn proizvoda koji rešavaju problem korisničke podrške, kako putem pisanih rasprava u vidu kartica, tako i putem tradicionalnih telefonskih linija uz određenu integraciju¹.

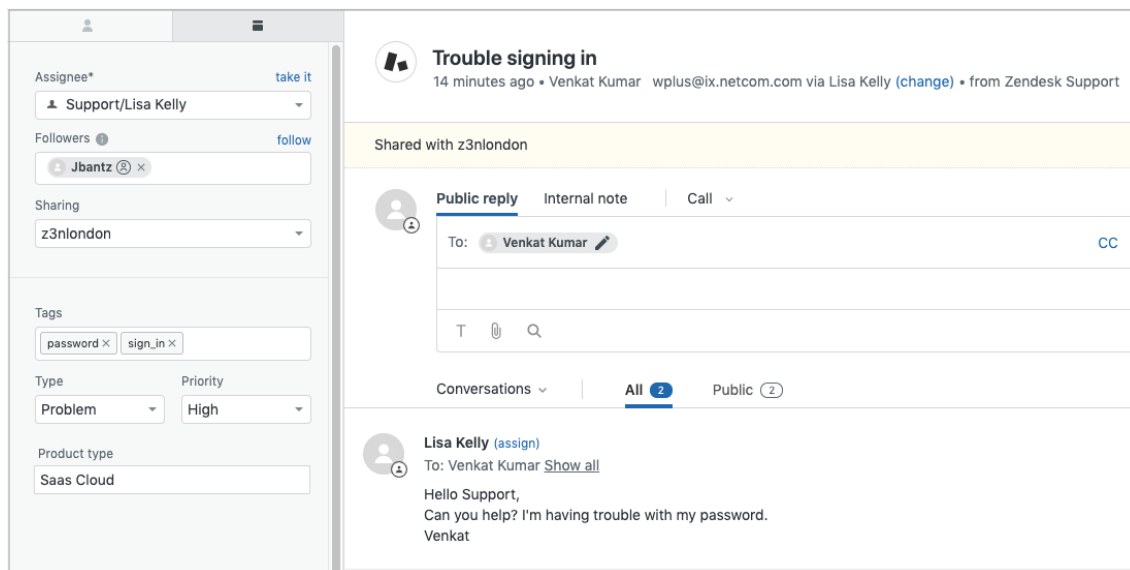
2.1 Sistem STS iz ugla korisnika

Sistem STS², razvijan za potrebe ovog rada, obuhvata osnovnu funkcionalnost za pružanje podrške u vidu kartica. Kartica (eng. ticket) predstavlja jednu tekstualnu korisničku žalbu ili zahtev, na kojoj se može pokrenuti diskusija, a sve sa ciljem asinhronog³ razrešenja korisničkog problema. Pojam kartice poznat je iz mnogih postojećih platformi za pružanje podrške. Jedna od najpoznatijih takvih platformi je Zendesk [2], čiji se primer kartice može videti na slici 2.1. Pojam kartice u Zendesk-u je u velikoj meri inspirisao iste u STS-u, što će se u nastavku pokazati poklapanjem nekih osnovnih funkcionalnosti - mogućnosti dodeljivanja kartica (eng. assignment), ostavljanja javnih i privatnih komentara (eng. public reply, internal note), dodavanja oznaka (eng. tags) i slično.

¹Zendesk, 8x8, Jira Service Management.

²Skraćeno od eng. Simple Ticket Service, jednostavan servis za kartice.

³Pod asinhronošću podrazumeva se suprotnost u odnosu na telefonski sistem u kom korisnik i agent podrške vode komunikaciju u realnom vremenu.



Slika 2.1: Primer kartice platforme Zendesk.

Glavni akteri sistema su:

- **Klijenti** - koji mogu postavljati kartice u cilju dobijanja podrške.
- **Agenti** - koji su zaduženi da odgovaraju na kartice, upravljaju njihovim statusima i rešavaju probleme.
- **Administratori** - zaduženi za podešavanje sistema, dodeljivanje uloga korisnicima, zabranu pristupa korisnicima, ili uopšteno bavljenje kompleksnim problemima.

Osnovne funkcionalnosti, prikaz kartice, statusi

Osnovni pojam sistema, kao što je rečeno, jeste kartica. Na slici 2.2 vidi se primer zaglavlja jedne kartice. Sastoji se primarno iz naslova i opisa, dok se mogu videti imena klijenta i trenutno zaduženog agenta.

Kartica može prolaziti kroz više statusa, kao što ilustruje slika 2.3. Promene tih statusa vidljive su kako agentima tako i korisnicima.

Sistem oznaka, konfigurabilnost

Često postoji potreba klasifikacije kartica po raznim kriterijumima - departman unutar firme koji se bavi karticom, hitnost, prioritetnost i slično. Kako bi se

Brzina interneta je iznenada opala

29/04/2024 u 11:32 AM
by Benjamin Turner
[Novo](#)

DODELI NEKOME

Dodaj oznaku

PROMENI STATUS

Dobar dan,

Koristim usluge Vašeg interneta već nekoliko meseci bez problema. Međutim, od skoro sam primetio značajan pad u brzini.

Da li biste mogli da proverite šta se dešava?

Hvala unapred.

Slika 2.2: Primer kartice.

ES Emma Smith

premešteno iz

Novo

na

Otvoreno

na 29/04/2024 u 11:37 AM

ES Emma Smith

premešteno iz

Otvoreno

na

U toku

na 29/04/2024 u 11:37 AM

ES Emma Smith

premešteno iz

U toku

na

Rešeno

na 29/04/2024 u 11:37 AM

Ne možete komentarisati ovaj tiket

Slika 2.3: Promene statusa.

postigla maksimalna fleksibilnost uveden je sistem oznaka (eng. tags). Oznaka se može nakačiti na datu karticu i može dati brzu informaciju o nekim njenim aspektima. Ovaj sistem u potpunosti je konfigurabilan od strane korisnika (u ovom slučaju administratora), tako da nije potrebna intervencija programera prilikom dodavanja novih ili promene postojećih oznaka.

Na slici 2.4 vidi se kako izgleda kartica označena oznakama histnosti i odeljenja.

Slike 2.5 i 2.6 prikazuju kontrolnu tablu na kojoj administratori mogu upravljati oznakama. Primetna je dodatna fleksibilnost u sistemu kojom se može konfigurisati koji tip korisnika ima pravo da vidi, dodaje i uklanja koju oznaku. Takođe može se primetiti da sistem podržava višejezičnost, tako što se imena i opisi mogu podešavati i na srpskom i na engleskom jeziku. O jezicima i sistemu internacionalizacije

Ullamco laboris eu consequat pariatur

19/08/2023 u 05:54 PM
by Olivia Reynolds
Otvoreno

Administrator Administrator

DODELI NEKOME

Hitnost

Veoma hitno

Odeljenje

Tehnička podrška

Dodaj oznaku

PROMENI STATUS

Slika 2.4: Kartica sa oznakama hitnosti i odeljenja.

biće više reči u sekciji 4.4.

Odeljenje

Koje odeljenje treba da adresira ovu karticu?

Ime

Jezik	Value
en	Department
sr	Odeljenje

Opis

Jezik	Value
en	Which department should handle this?
sr	Koje odeljenje treba da adresira ovu karticu?

Slika 2.5: Kreiranje oznake, višejezička imena.

Dozvole:

Ko može dodavati ove oznake?

administrator ✕ agent ✕

Ko može ukloniti ove oznake?

administrator ✕ agent ✕

Ko može videti ove oznake?

administrator ✕ agent ✕ customer ✕

[SAČUVAJ](#)

Slika 2.6: Kreiranje oznake, permisije.

Upravljanje korisnicima

Administratori poseduju mogućnost upravljanja korisnicima sajta putem kontrolne table na adresi `manage/users`. Tabla prikazuje listu svih korisnika i akcije koje mogu biti primenjene nad njima. Od akcija podržana je promena tipa korisnika (pod određenim uslovima) i promena statusa korisnika.

NAPRAVI NOVOG KORISNIKA

Pretraži	Uloge	Status		
Puno ime	Uloga	Status	Pristup AI	Akcije
Administrator Administrator	Administrator	Aktivan	Da	PROMENI STATUS PROMENI ULOGU POVUCI PRISTUP AI
Emma Smith	Agent			PROMENI STATUS PROMENI ULOGU POVUCI PRISTUP AI
Oliver Johnson	Agent			PROMENI STATUS PROMENI ULOGU

Promeni status

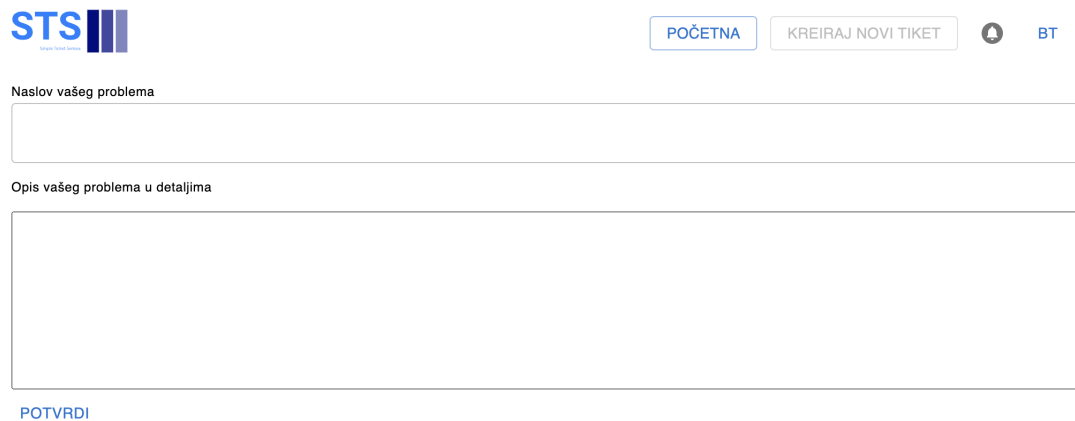
PROMENI NA REGISTROVAN

PROMENI NA ZABRANJEN

Slika 2.7: Upravljanje korisnicima.

Postavljanje kartice

Stranica na kojoj klijenti mogu postavljati nove kartice jednostavan je obrazac koji se sastoji iz naslova i tela kartice.

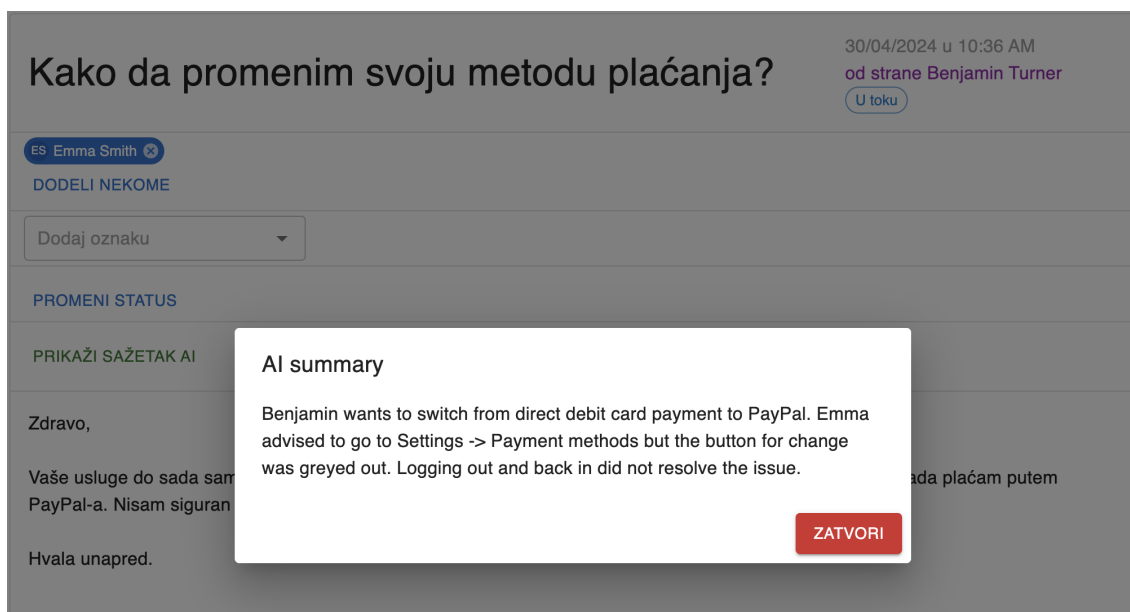


The screenshot shows the STS website interface for creating a new ticket. At the top left is the STS logo. To the right are navigation links: 'POČETNA' (Home), 'KREIRAJ NOVI TIKET' (Create New Ticket), a user profile icon, and 'BT'. Below the navigation bar, the form is divided into two sections. The first section, titled 'Naslov vašeg problema' (Title of your problem), contains a single-line text input field. The second section, titled 'Opis vašeg problema u detaljima' (Detailed description of your problem), contains a large multi-line text area. At the bottom left of the form is a 'POTVRDI' (Confirm) button.

Slika 2.8: Kreiranje kartice.

Podrška veštačke inteligencije

Neke kartice mogu se pretvoriti u dugačku raspravu. Čest je slučaj da jedan agent započne razgovor, pa drugi agent prezume. U toj situaciji drugi agent morao bi da pročita sve dosadašnje komentare da bi shvatio šta treba uraditi. Nekada je dovoljno samo dobiti kratak rezime radi brze reakcije. Ovo je omogućeno integracijom sa modelom veštačke inteligencije GPT 3.5-turbo kompanije OpenAI [3], koji za datu karticu pruža kratak rezime dosadašnje rasprave.



Slika 2.9: Rezime kartice generisan veštačkom inteligencijom.

2.2 Entiteti i njihovi odnosi, ER dijagram

ER model⁴ predstavlja jedan vid konceptualnog modelovanja podataka u softverskom sistemu [4]. Sam po sebi je apstraktan pojam bez vidljive reprezentacije, s tim što se često poistovećuje sa pojmom *ER dijagrama* koji je notaciono sredstvo za prikaz modela nastalog ER modelovanjem.

Sastoji se od nekoliko vrsta elemenata:

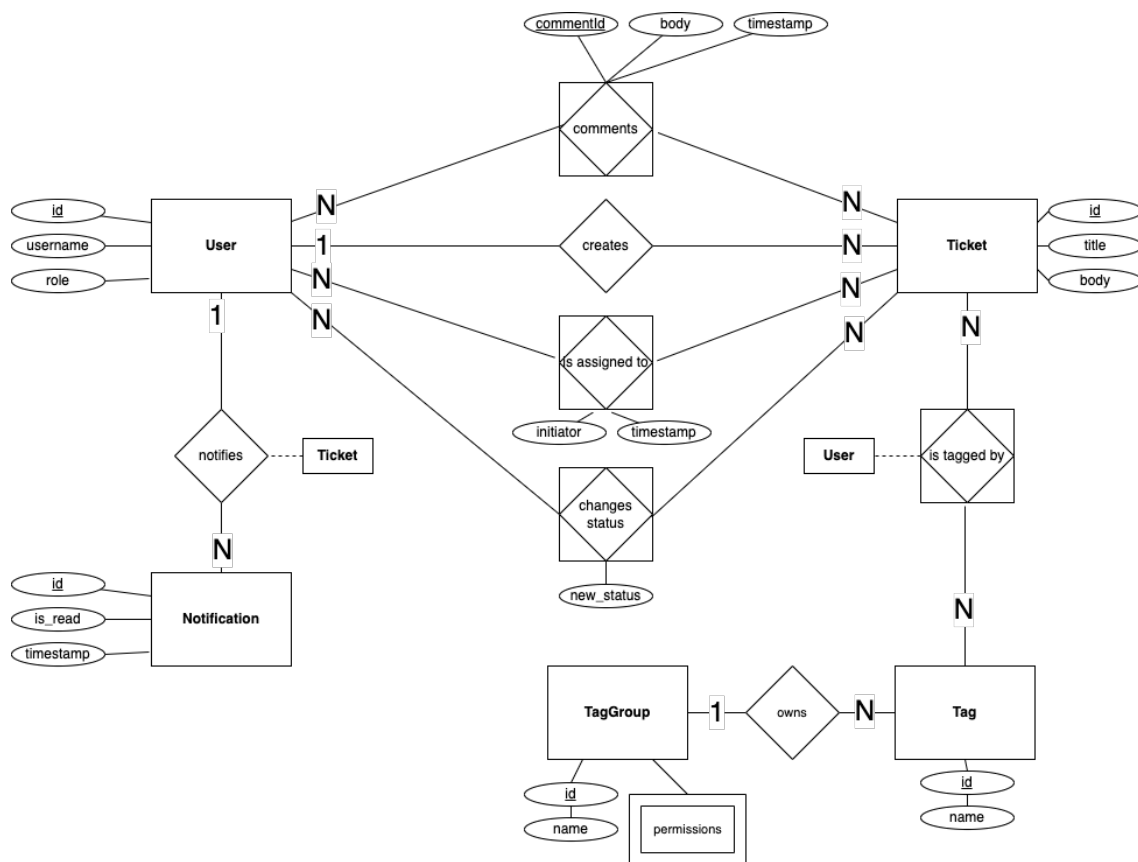
- **Entiteti** predstavljaju stvari iz realnog sveta koje se modeluju. Jedna pojedinačna pojava entiteta naziva se *instanca entiteta* [4]. ER dijagram koristi pravougaonike za oznaku entiteta.

⁴eng. Entity-relationship model - model entiteta i odnosa.

- **Odnosi** predstavljaju asocijacije između entiteta u najopštijem smislu. Karakteriše ih i brojnost koja pruža informaciju o broju instanci svakog entiteta u datom odnosu. Ovakav sistem poznat je i u modelovanju relacionih baza pod nazivima „1 na 1”, „1 ka više” i „više ka više”. ER dijagram koristi kvadrat za označavanje odnosa.
- **Atributi** jesu karakteristike entiteta ili odnosa koje pružaju dodatne detalje o njima. Atributi mogu biti ključni, u kom slučaju učestvuju u identifikaciji entiteta ili odnosa, ili deskriptivni, kada se odnose na nejedinstvene osobine [4]. Prikazuju se elipsama koje su strelicama povezane za entitet ili odnos kom pripadaju, dok se imena ključnih atributa podvlače.

ER modelovanje neretko se dovodi u vezu sa modelovanjem relacionih baza podataka. Model ipak nije ograničen na vrstu baze podataka, tako da se koristi i ovde uprkos tome što je baza sistema nerelaciona - konkretno MongoDB. Štaviše, proces transformacije ER modela u dokumentni model dodatno je olakšan, jer za određene asocijacije nije potrebno praviti dodatne tabele/dokumente usled mogućnosti čuvanja kompleksnih polja u dokumentima. Na narednom dijagramu prikazan je uprošćen⁵ ER dijagram sistema STS.

⁵Neki atributi nisu prikazani zbog kompaktnosti, neki odnosi korisnika i kartica nisu prikazani jer su jednostavni (promena naslova, promena tela).



Slika 2.10: ER dijagram sistema STS.

Odnos kartice i korisnika, složeni odnosi

Može se primetiti da dva glavna entiteta - kartica i korisnik - mogu biti u više različitih odnosa:

- Korisnik može kreirati više kartica (odnos **creates**), dok kartica može biti kreirana od strane samo jednog korisnika.
- Korisnik može komentarisati na karticu (odnos **comments**). Vredno pomena je da ovaj odnos sadrži dodatne podatke, kao što su identifikator, telo i vreme komentara.
- Korisnik može biti dodeljen kartici (odnos **is_assigned_to**), i tu dodelu može izvršiti drugi korisnik, označen atributom **initiator**.
- Korisnik može menjati status kartice (odnos **changes_status**).

Kompleksni odnosi, kao što su komentarisanje i dodeljivanje, u relacionoj bazi podataka morali bi biti izvedeni odgovarajućim zasebnim veznim relacijama. Na primer, u slučaju komentarisanja, ako bi korisnik i kartica bili predstavljani sledećim relacijama (koristeći relacionu notaciju):

Ticket(id, title, body, status, creator_id)

User(id, username, role)

tada bi komentar zahtevao dodatnu relacija koja sadrži identifikator kartice i korisnika:

Comment(comment_id, user_id, ticket_id, body, timestamp)

Budući da se koristi MongoDB i dokumentni model podataka, moguće je komentare čuvati u okviru dokumenta kartice. Tačnije, u sloju baze podataka, ovi komentari se ne čuvaju eksplicitno, već kroz sistem istorije. Ukratko, svaka promena nad karticom se pamti kao jedan događaj u nizu **history**, uz odgovarajući tip promene i neophodne podatke.

```
1 export class TicketHistoryItem {  
2   timestamp: Date;  
3   initiator: UserDb;  
4   type: TicketHistoryEntryType;  
5   payload:  
6     | TicketHistoryEntryCreated  
7     | TicketHistoryEntryStatusChanged  
8     | TicketHistoryEntryCommentAdded  
9     | TicketHistoryEntryTitleChanged  
10    | TicketHistoryEntryBodyChanged  
11    | TicketHistoryEntryAssigneesChanged  
12    | TicketHistoryEntryTagsChanged  
13    | TicketHistoryEntryCommentChanged  
14    | TicketHistoryEntryCommentDeleted;  
15 }
```

Primer 2.1: Tip podataka istorije kartice.

O ovom sistemu iz domenskog ugla biće više reči u sekciji 3.3. Svakako, ER model sam po sebi ne propisuje način realizacije odnosa, jer nije vezan ni za jedan model baze podataka.

Oznake i grupe oznaka, slabi entiteti

Kao što je pomenuto u prethodnoj sekciji, uveden je fleksibilan sistem oznaka takav da je moguće upravljati samim sistemom bez intervencije programera. Oznake se mogu dodeljivati kartici, a same mogu pripadati grupi oznaka. Jedan očigledan primer upotrebe ovog sistema je označavanje koliko je data kartica hitna - grupa oznaka bila bi **hitnost**, dok bi konkretne oznake bile, primera radi, **veoma hitno**, **umereno hitno** i **nije hitno**.

Dodatni nivo fleksibilnosti postiže se ograničavanjem ko može koju akciju da vrši nad kojom grupom oznaka. Na primer, klijent koji postavlja karticu može videti kojom hitnošću je označeno njegovo pitanje, ali ne može sam označiti hitnost usled činjenice da se ne može smatrati objektivnim po tom pitanju. Ovim se uvodi još jedan element ER modela, prikazan na dijagramu pravougaonikom sa duplim ivicama, poznat kao **slab entitet**⁶. Uglavnom nastaju od kompleksnih atributa, odnosno atributa koji se ne mogu izraziti jednom vrednošću⁷ i odlikuje ih nedostatak sopstvenog identiteta - identitet slabog entiteta je „pozajmljen” od strane jakog entiteta kome pripada [4]. U ovom slučaju, slab entitet **dozvola** (eng. permissions) sastoji se od sledećih podataka:

- lista uloga korisnika koji mogu da vide oznake iz date grupe
- lista uloga korisnika koji mogu da dodaju oznake iz date grupe
- lista uloga korisnika koji mogu da uklanjaju oznake iz date grupe

U domenskom sloju softverskog sistema, o kome će biti reči u sekciji 3.1, slabi entiteti se najčešće preslikavaju u pojam *vrednosnih objekata*⁸, dok se u kôdu realizuju putem običnih klasa⁹.

⁶eng. weak entity

⁷Knjiški primer slabog entiteta je adresa - sastoji se od ulice i broja. Ipak, postoje situacije gde adresa može biti i (jak) entitet.

⁸eng. value objects

⁹U praksi postoji konvencija nazivanja takvih objekata kao *Plain Old* (stari dobri) objekti. Tako u slučaju jezika Javascript nazivaju se POJO (Plain old Javascript Object), dok bi za PHP bili POPO, i sl.

Glava 3

Bekend

Kod velikog broja softverskih sistema serverski deo aplikacije (bekend) može se uopšteno shvatiti kao aplikacija koja apstrahuje pristup podacima na udaljenom serveru. Podaci se skoro uvek čuvaju u nekoj vrsti baze podataka, dok se pristup i manipulacija podacima dodatno apstrahuje aplikativnim¹ serverom.

Navedeni gradivni delovi - baza podataka i aplikativni server - tehnički su dovoljni za implementaciju backend dela aplikacije. Mnogi kursevi razvoja veb aplikacija, pogotovu oni zasnovani na MEAN i MERN² okruženjima, upravo ovakve primere i prikazuju. Tu se neretko sreće arhitektura od samo dva sloja - sloja aplikativnog programskog interfejsa (eng. Application Programming Interface - API) i sloja pristupa bazi podataka. Međutim, za izgradnju složene aplikacije koja uzima u obzir čistoću kôda, razdvajanje odgovornosti, održivost i iskustvo programera (eng. Developer Experience - DX) potrebno je dodatno raslojiti aplikaciju i pratiti neke ustanovljene principe.

3.1 DDD

Često korišćena sintagma u praktičnom radu softverskog inženjera jeste *domensko znanje* koje obuhvata znanje o realnom problemu koji se rešava softverom. Prirodan pravac pri implementaciji softverskog sistema jeste izbegavanje kompleksnosti - praćenje onog puta koji vodi najjednostavnijem rešenju. Kada domen koji

¹Opštosti radi, izbegnuti su pojmovi **web server** i **http server**. Veb server predstavlja server za dostavljanje statičkog sadržaja na vebu, i često kada se govori o backend aplikacijama ne misli se na ovaj tip servera (nginx, apache2). HTTP server takođe ne bi bio ispravan pojam usled postojanja drugih protokola komunikacije na vebu.

²Mongo, Angular ili React, Express, Node.js, dve popularne kombinacije veb tehnologija.

se modeluje postane dovoljno kompleksan, taj luksuz se više ne može priuštiti, i kompleksnost ne treba izbegavati već na pravi način kontrolisati ([5], predgovor). Posmatrajući dalje stvari iz ugla domena, glavna uloga softvera postaje ništa drugo do rešavanje domenskog problema za korisnika - ostale komponente mogu biti neizostavne i imati svoje specifičnosti, ali uvek služe postizanju tog višeg cilja ([5], poglavlje 1).

Prethodno razmatranje predstavlja samo jednu od mnogobrojnih inspiracija za formalizovanje domenskog razvoja softvera što je upravo postignuto kroz dizajn zasnovan na domenu (eng. Domain Driven Design - DDD). Domenski dizajn već se smatra za fundamentalnu temu softverskog inženjerstva i kao takav može biti predmet zasebnog istraživanja. Za svrhe ovog rada dva aspekta od najveće su koristi - prvi je zajednički/sveprisutni jezik (eng. ubiquitous language, u daljem tekstu takođe i *domenski jezik*), dok je drugi izolacija domena, odnosno slojevita arhitektura.

Domenski jezik i njegova upotreba u programskom kôdu

Potreba za uspostavljanjem domenskog jezika pri izgradnji kompleksnog softvera je jasna - softverski inženjeri prirodno koriste tehnički žargon i primarno sagledaju stvari u tehničkim terminima. Domenski stručnjaci, slično, koriste se žargonom iz svog domena. Ukoliko se ova neusklađenost u jeziku ne adresira cena prevođenja postaje velika, kao i rizik od nerazumevanja ([5], poglavlje 2).

Nakon uspostavljanja, domenski jezik postaje sastavni deo komunikacije programera i domenskih stručnjaka (i svih ostalih učesnika razvoja), ali isto tako i programskog kôda. Naime, programski kôd koji nastaje kao produkt modelovanja principa DDD-a postaje jasniji i dostiže viši stepen samodokumentovanosti. U takvom kôdu sama imena klasa, metoda i promenljivih mogu biti dovoljna da programeru daju jasnu sliku šta koja celina kôda radi. Upravo zbog ovoga, primena DDD-a nije ograničena samo na velike kompanije ili velike timove, i ne služi samo kao sredstvo prevazilaženja „jezičkih” barijera, već doprinosi čistoći kôda i arhitekture i u manjim timovima, čak i jednočlanim. U sledeća dva primera prikazan je deo metode koja vrši ažuriranje komentara na kartici. Primer 3.1 prikazuje ovu metodu, ne uzimajući domenski jezik u obzir.

```
1 function updateComment(...){
2   const ticket = //...
3
4   if (!ticket) {
5     throw new NotFoundException('Ticket not found.');
```

```
6   }
7
8   if (ticket.status === TicketStatus.CLOSED ||
9       ticket.status === TicketStatus.RESOLVED) {
10    throw new BadRequestException('Ticket closed.')
```

```
11  }
12
13  if (user.role === Role.CUSTOMER &&
14      ticket.createdBy.id !== user.id) {
15    throw new ForbiddenException('Not your ticket');
```

```
16  }
17
18  const comment = //...
19
20  if (!comment) {
21    throw new NotFoundException('Comment not found.')
```

```
22  }
23
24  if (comment.user.id !== user.id) {
25    throw new ForbiddenException('Not your comment.');
```

```
26  }
27 }
```

Primer 3.1: Kôd koji nije na domenskom jeziku

Odlikuje se ručnim proverama identifikacionih polja i direktnim podizanjem HTTP grešaka unutar servisa. Iako može biti razumljiv u toku pisanja, ovakva vrsta kôda u kompleksnom sistemu postaje neodrživa zbog nečitljivosti.

```
1 function updateComment(...) {  
2   const ticket = // ...  
3  
4   if (!ticket) {  
5     throw new TicketNotFoundError(ticketId);  
6   }  
7  
8   if (ticket.isFinalStatus()) {  
9     throw new CannotChangeTicketInFinalStatusError(ticket.status);  
10  }  
11  
12  if (user.isCustomer() && !ticket.isOwner(user)) {  
13    throw new CannotCommentOnOthersTicketsError();  
14  }  
15  
16  const comment = // ...  
17  
18  if (!comment) {  
19    throw new CommentNotFoundError();  
20  }  
21  
22  if (!comment.isOwner(user)) {  
23    throw new CannotUpdateOthersCommentsError();  
24  }  
25 }
```

Primer 3.2: Kôd koji je na domenskom jeziku

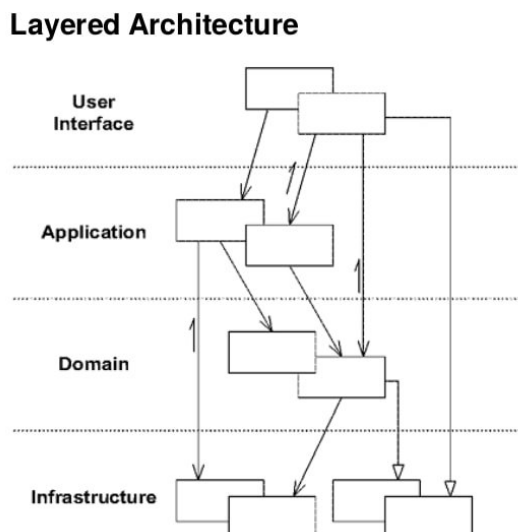
U ovom primeru evidentno je prisustvo domena u svim aspektima. Metode kao što su `isFinalStatus` i `isOwner` i semantičke klase grešaka kao `TicketNotFoundError` doprinose da određeni delovi kôda dostižu nivo čitljivosti bliske prirodnom jeziku.

Slojevita arhitektura

Prilikom izrade softvera, usled rokova i nedostatka resursa, neretko dolazi do isprepletanosti poslovne logike, logike korisničkog interfejsa, logike pristupa bazi podataka i drugih komponenti sistema ([5], poglavlje 4). Ovakve odluke u razvoju, iako rezultuju kratkoročnim rešenjem, dugoročno dovode do borbe sa *tehničkim dugom* (eng. technical debt). Postojanje tehničkog duga javlja se i iz drugih odluka tokom razvoja i u praksi je pokazano da opšte rešenje ovog problema ne postoji; svaki tim se pre ili kasnije susretne sa tehničkim dugom koji otežava i usporava

rad. Ipak, ta neminovnost ne treba da obeshrabri rano uvođenje dobrih praksi kao što je raslojavanje arhitekture.

DDD razaznaje četiri sloja, s tim što se ovo poglavlje odnosi na prva tri, dok je sloj korisničkog interfejsa predmet narednog poglavlja. Detaljna diskusija o slojevima, uz relevantnu implementaciju, prikazana je u sekcijama 3.3, 3.4 i 3.5.



Slika 3.1: Slojevi sistema [5].

3.2 Okruženje NestJS

NestJS [6] je Node.js okruženje za razvoj serverskih aplikacija. Izgrađeno je nad bibliotekom `express` [7] koja je i danas popularan izbor za izradu manjih serverskih aplikacija, kao i za edukativne svrhe. U srž ovog okruženja ugrađeni su koncepti modula, servisa i umetanja zavisnosti (eng. Dependency Injection - DI), što ga čini idealnim za konstrukciju aplikacije zasnovane na DDD principima.

Osnovni gradivni elementi NestJS aplikacije su *moduli*. Svaki modul obuhvata jednu smislenu celinu aplikacije koja može sadržati *kontrolere* i *provajdere*. U slučaju DDD-a, modul odgovara jednom izolovanom kontekstu³. Moduli se definišu na deklarativni način, pri čemu se u okviru modula mogu uvoziti i drugi moduli kako bi se postigla saradnja različitih delova sistema.

Kao što se vidi u primeru 3.3, NestJS se u velikoj meri oslanja na metaprogramiranje i mogućnosti jezika `typescript` u vidu dekoratora. Prilikom pokretanja

³eng. Bounded Context [5]

```
1 @Module({
2   // Sekcija koja uvozi ostale module
3   imports: [
4     mongooseModule.forFeature(...),
5     UsersModule,
6     TicketTagSystemModule,
7     NotificationsModule,
8   ],
9   // Sekcija koja deklarise kontrolere
10  controllers: [TicketsController],
11  // Sekcija koja deklarise servise i repozitorijume
12  providers: [
13    TicketService,
14    TicketCommentService,
15    TicketRedactionService,
16    TicketTagUpdateService,
17    TicketAssigneesService,
18    TicketsRepository,
19  ],
20 })
21 export class TicketsModule {}
```

Primer 3.3: Deklaracija modula za kartice.

NestJS aplikacije vrši se korak poznat kao **bootstrap**, odnosno priprema aplikacije za rad. U tom koraku se razrešavaju sve međuzavisnosti modula i servisa, i instanciraju sve klase kojima se upravlja putem umetanja zavisnosti.

Što se tiče strukture direktorijuma i fajlova u okviru projekta, iskorišćen je hibrid između mnogo sistema viđenih u praktičnom radu. Takva struktura najbolje odgovara zahtevima okruženja i sistema koji se modeluje. Primer strukture prikazan je u 3.4.

3.3 Sloj infrastrukture

Sloj infrastrukture ima više uloga u DDD sistemu, ali zajednička osobina je odsustvo iniciranja akcija u sloju domena [5]. Veliki deo ovog sloja često zauzima implementacija trajnosti podataka (eng. data persistence), i to neretko šablonom repozitorijuma (eng. Repository pattern). Uloga ovog šablona jeste odvajanje logike za čuvanje podataka van domenskog modela [8]. Često se ostvaruje uz pomoć


```
1 |-- api/  
2 |   |-- dto/  
3 |   |-- profiles/  
4 |-- domain  
5 |   |-- entities/  
6 |   |-- errors/  
7 |   |-- services/  
8 |   |-- value-objects/  
9 |-- infrastructure  
10 |   |-- interceptors/  
11 |   |-- schema/
```

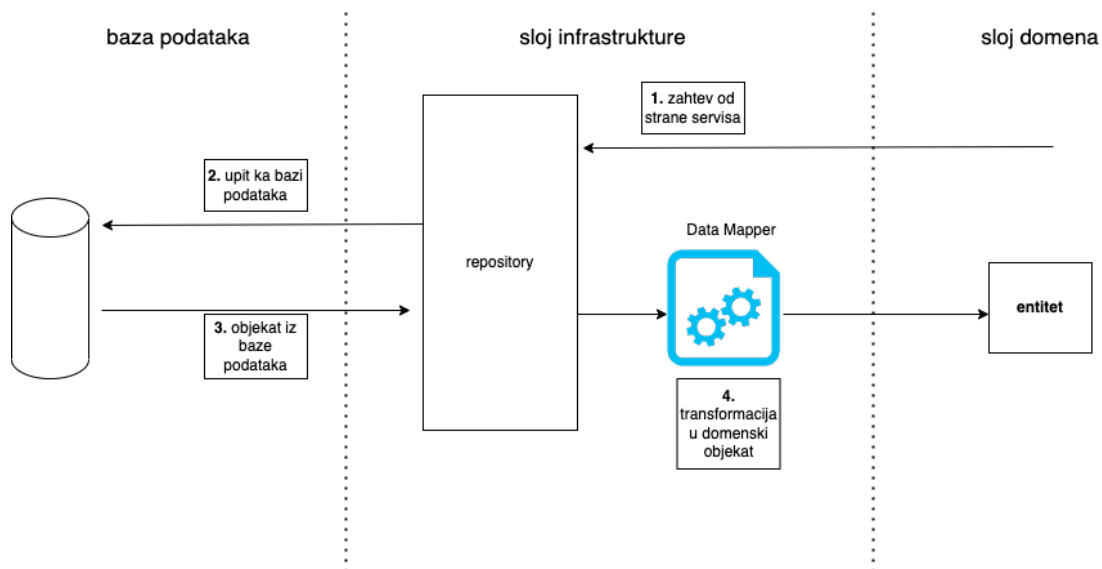
Primer 3.4: fajl tickets.module.ts

jedne ili više klasa sa nekim uobičajenim metodama za dohvaćanje ili ažuriranje entiteta.

Repozitorijumi

Apstrakcija koju pruža sloj repozitorijuma ogleda se upravo u načinu na koji on obrađuje podatke pre vraćanja u više slojeve, tačnije služi se **šablonom preslikavanja podataka** (eng. Data mapper pattern). Uloga mapiranja podataka uglavnom je u praksi delegirana konkretnoj biblioteci ili okruženju, koje upravlja pristupom bazi putem softverskog segmenta iz klase Objektno-relacionih ili Objektno-dokumentnih preslikavača (eng. Object Relational Mapper - ORM, Object Document Mapper - ODM). Iako ti sistemi često u potpunosti zadovoljavaju potrebe mapiranja podataka, u ovom radu je mapiranje urađeno ručno, tako da se objekti dobijeni ODM slojem, odnosno bibliotekom *mongoose* [9], preslikavaju u entitete koristeći biblioteku *@automapper/js* [10].

Prirodno se nameće pitanje dohvaćanja povezanih entiteta, ili konkretnije rad sa agregatima. U ovom radu implementiran je sistem **pohlepnog učitavanja** (eng. eager loading), kojim se svi povezani entiteti zahtevanog entiteta dohvataju odmah prilikom zahteva ka glavnom entitetu. U nekim sistemima ovakav izbor ne bi bio idealan, međutim takva odluka doneta je usled činjenice da je dizajn baze podataka relativno jednostavan, a lakoća implementacije i korišćenja nadmašuje cene u performansama koje su minimalne. Kombinacijom metode *populate* iz biblioteke *mongoose*, kao i rekurzivne prirode biblioteke *automapper/js*, ovo se lako postiže.



Slika 3.2: Dijagram dohvatanja entiteta preko repozitorijuma.

Primer 3.5 prikazuje zaglavlje klase `TicketsRepository`. Kao i sve ostale repozitorijumske klase, oslanjaju se na model klase dobijene od strane biblioteke `mongoose` i deklarišu niz koji predstavlja sve putanje koje treba popuniti zarad implementacije pohlepnog učitavanja.

```
1 export class TicketsRepository {
2   constructor(
3     @InjectModel() private ticketModel: Model<TicketDb>,
4     @InjectMapper() private readonly mapper: Mapper,
5   ) {}
6
7   public static POPULATE = [
8     {
9       path: 'history.initiator',
10      model: 'UserDb',
11    },
12    {
13      path: 'history.payload.assignees',
14      model: 'UserDb',
15    },
16    { path: 'createdBy', model: 'UserDb' },
17    {
18      path: 'tags',
19      model: 'TicketTagDb',
20      populate: { path: 'group', model: 'TicketTagGroupDb' },
21    },
22    { path: 'assignees', model: 'UserDb' },
23  ];
```

Primer 3.5: Repozitorijum kartica, konstrukcija i niz POPULATE.

Primer 3.6 prikazuje primer dohvatiranja jedne kartice putem identifikatora, pri čemu se, naravno, prilikom vraćanja rezultata vrši mapiranje u odgovarajući entitet.

```
1 async findById(id: string): Promise<Ticket | null> {  
2     const result = await this.ticketModel  
3         .findById(id)  
4         .populate(TicketsRepository.POPULATE);  
5  
6     if (!result) {  
7         return null;  
8     }  
9  
10    return this.mapper.map(result, TicketDb, Ticket);  
11 }
```

Primer 3.6: Dohvatanje jednog entiteta.

Sheme, mutacije podataka, šablon Event Sourcing

Osim repozitorijuma, sloj infrastrukture prirodno sadrži i definicije shema biblioteke *mongoose*. Iz ugla programera, ovi objekti su najbliža pristupna tačka bazi podataka i podržavaju operacije upita i mutacija nad realnim podacima u bazi. Takav jedan upit viđen je na isečku 3.6 u prethodnoj sekciji.

Na ovom mestu reč je o mutacijama podataka, i to baš kartica. Osim prikaza rada sa mutiranjem podataka kroz biblioteku *mongoose*, ovaj primer služi da ilustruje dualnu prirodu kartice kao entiteta i njegovu potpunu različitost u strukturi između sloja infrastrukture i sloja domena. Naime, kao što će biti prikazano u sledećem poglavlju, kartica u sloju domena je jednostavna klasa koja sadrži sve podatke o datoj kartici. Ipak, u sloju infrastrukture, a radi veće fleksibilnosti i mogućnosti praćenja istorije, upotrebljena je varijanta šablona *Event Sourcing*. Osnovno načelo ovog šablona je da se umesto čuvanja eksplicitnog stanja objekta čuva istorija njegovih promena.

Na isečku 3.7 prikazan je deo klase koja predstavlja shemu za rad sa karticama.

```
1 @Schema({ collection: "tickets" })
2 export class TicketDb extends Document {
3   _id: string;
4
5   @Prop({ type: Date })
6   createdAt: Date;
7
8   @Prop({ type: String })
9   title: string;
10
11  @Prop({ type: String })
12  body: string;
13
14  @Prop({ type: String })
15  status: TicketStatus;
16
17  // ...
18
19  @Prop({ type: [{ type: mongoose.Schema.Types.Mixed }] })
20  history: TicketHistoryItem[];
21 }
```

Primer 3.7: Definicija sheme kartica.

Niz `history` predstavlja promene primenjene na datoj kartici na osnovu kojih se može izvesti trenutno stanje kartice. Ipak, prirodno se postavlja pitanje zašto se, osim istorije promena, čuvaju i eksplicitna polja kao što su `status`, `title`, `body` i drugi, budući da se ti podaci mogu izvući putem istorije. Razlog leži u performansama pretrage. Čuvanje samo liste promena, a ne slike trenutnog stanja (eng. snapshot), izazvalo bi da svaka pretraga bude linearne vremenske složenosti u odnosu na dužinu istorije, što bi rezultovalo lošim performansama.

Sa ovakvom postavkom, mutacije nad katicom postižu se diferencijacijom prosleđenog entiteta i entiteta iz baze podataka (primer 3.8).

```
1  async update(newTicket: Ticket, user: User) {
2      const document = await this.ticketModel
3          .findById(newTicket.id)
4          .populate(TicketsRepository.POPULATE);
5
6      const timestamp = new Date();
7
8      // Trenutno stanje kartice
9      const ticket = this.mapper.map(document, TicketDb, Ticket);
10
11     // Primer diferencijacije nad poljem title
12     if (newTicket.title !== ticket.title) {
13         const item = new TicketHistoryItem();
14         item.initiator = user.id as unknown as UserDb;
15         item.timestamp = timestamp;
16         item.type = TicketHistoryEntryType.TITLE_CHANGED;
17
18         // Dodaje se nova stavka u istoriju
19         item.payload =
20             new TicketHistoryEntryTitleChanged(newTicket.title);
21
22         document.history.push(item);
23         // Menja se snapshot stanje
24         document.title = newTicket.title;
25     }
```

Primer 3.8: Fajl *ticket.repository.ts*

Za kraj, primer 3.9 prikazuje uprošćenu verziju mapiranja iz oblika u sloju infrastrukture u domenski entitet, dok se puna verzija nalazi u izvornom kôdu u fajlu `ticket.entity-profile.ts`.

```
1  forMember((destination) => destination.comments,
2    mapFrom((source) => {
3      const commentItems = source.history.filter(
4        (item) => item.type === COMMENT_ADDED,
5      );
6
7      return commentItems
8        .map((item) => {
9          // pretražuju se svi komentari u istoriji
10         const payload = item.payload as CommentAdded;
11         // proverava se da li su kasnije bili obrisani
12         const deletes = source.history.filter(
13           (deleteItem) => deleteItem.type === COMMENT_DELETED
14           && (deleteItem.payload as CommentDeleted)
15             .commentId === payload.commentId,
16         );
17
18         const wasDeleted = deletes.length > 0;
19
20         if (wasDeleted) {
21           return null;
22         }
23
24         // ... mapiranje samog komentara u domenski oblik...
25
26         return comment;
27     })
28   })
```

Primer 3.9: Mapiranje komentara kartice.

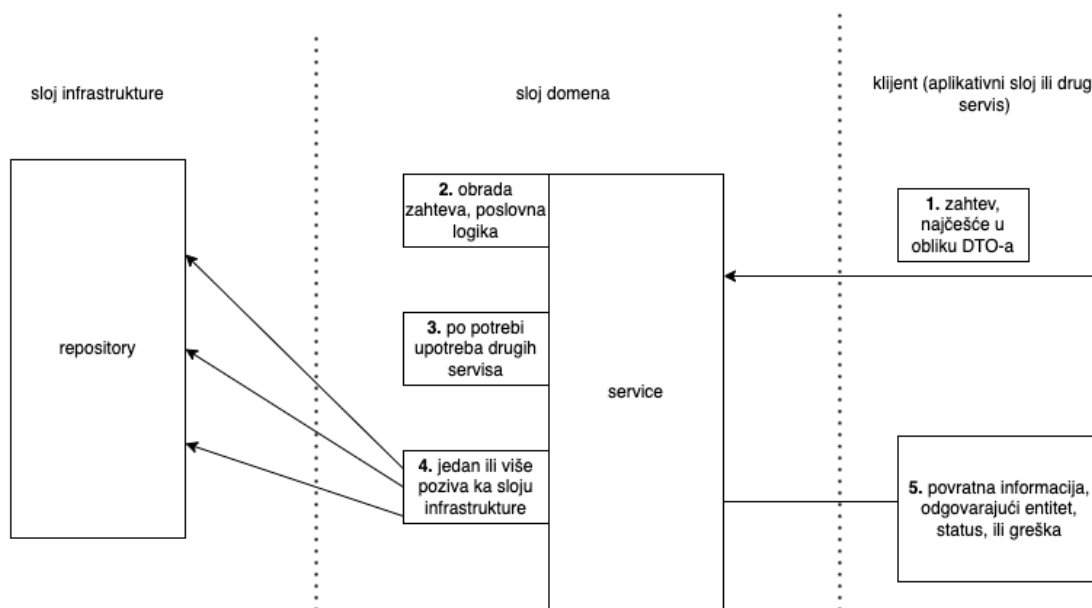
3.4 Sloj domena

Sloj domena sadrži glavnu poslovnu logiku i operacije koje direktno oslikavaju dešavanja u svetu koji softver modeluje. Iz ugla implementacije, svoje mogućnosti pružaju putem apstrakcije često nazivanom servisima, što se koristi i kao sufiks u nazivima njihovih klasa, iako se mogu koristiti i druge konvencije⁴.

⁴Nekada se umesto sufiksa *Service* koriste reči koje direktno oslikavaju namenu datog servisa. Na primer umesto *GetUserService* koristi se naziv *UserProvider* i sl.

Tok podataka kroz domenski sloj

Usled činjenice da obuhvata sve poslovne operacije nije lako definisati opštu namenu domenskog sloja. Na slici 3.3 prikazan je uopšten primer toka podataka kroz ovaj sloj i njemu susedne slojeve.



Slika 3.3: Uopšteni tok obrade podataka kroz domenski sloj.

Ipak, operacije unutar servisa (koraci 2-4) konkretizovane su za potrebe sistema koji se razmatra, jer se mogu svesti na sledeći šablon, gde redosled ne mora nužno biti ispraćen u kôdu usled prirode jezika⁵:

1. Dohvatanje odgovarajućeg entiteta
2. Provera domenskih prava pristupa i domenskih grešaka
3. Obrada entiteta
4. Komunikacija sa drugim servisima
5. Osiguravanje trajnosti podataka
6. Priprema i vraćanje odgovarajućeg odgovora

⁵Zbog asinhronne prirode okruženja Node.js, a radi postizanja maksimalnih performansi, neke operacije pokreću se paralelno a zatim čekaju koristeći funkciju *Promise.all*, što može naizgled delovati kao mešanje koraka.

Na sledećem primeru operacije dodeljivanja kartice agentima prikazani su prethodni koraci, redom.

Dohvatanje entiteta

```
1 async addAssignees(ticketId: string, user: User, dto: AssignDTO) {  
2   const ticket = await this.ticketsRepository.findById(ticketId);  
3   if (!ticket) {  
4     throw new TicketNotFoundError(ticket.id);  
5   }  
}
```

Primer 3.10: Korak dohvatanja kartice.

Provera domenskih prava pristupa i domenskih grešaka

```
1 // Domensko pravo pristupa - korisnicima nije dozvoljeno  
2 // dodeljivanje kartica  
3 if (user.isCustomer()) {  
4   throw new NotAllowedToAssignError();  
5 }  
6 const assignees: User[] = await Promise.all(  
7   dto.assignees.map((id) => this.usersService.findOne(id)),  
8 );  
9  
10 for (const assigneeUser of assignees) {  
11   // Greske domenskog karatkera  
12   if (!assigneeUser) {  
13     throw new AssigneeNotFoundError();  
14   }  
15   if (assigneeUser.isCustomer()) {  
16     throw new CannotAssignCustomerError(assigneeUser.id);  
17   }  
18   if (ticket.isAssigned(assigneeUser)) {  
19     throw new DuplicateAssigneeError(assigneeUser.id);  
20   }  
21 }
```

Primer 3.11: Korak provere domenskih prava pristupa i domenskih grešaka.

Obrada entiteta

U ovom slučaju obrada je jednolinijska, zbog pogodne definicije klase Ticket.

```
1 ticket.assign(assignees);
```

Primer 3.12: Korak obrade entiteta.

Komunikacija sa drugim servisima

Konstruiše se niz obaveštenja koja je potrebno poslati, a slanje se delegira odgovarajućem servisu.

```
1 const usersToNotify = assignees.filter(  
2   (assignee) => assignee.id !== user.id,  
3 );  
4 const notifications = usersToNotify.map((userToNotify) =>  
5   NotificationFactory.create((builder) =>  
6     builder  
7       .forUser(userToNotify)  
8       .hasPayload('assigned', (assignBuilder) =>  
9         assignBuilder.atTicket(ticket).byUser(user),  
10    ),  
11  ),  
12 );  
13 const promise = this.notificationsService.emitNotifications(  
14   ...notifications,  
15 );
```

Primer 3.13: Korak komunikacije sa drugim servisima.

Osiguravanje trajnosti podataka

Čuvaju se načinjene promene u bazi podataka.

```
1 // ...  
2 this.ticketsRepository.update(ticket, user);
```

Primer 3.14: Korak očuvanja trajnosti podataka.

Priprema i vraćanje odgovarajućeg odgovora

Gde se pritom koristi servis `TicketRedactionService` zarad otklanjanja podataka koje dati tip korisnika ne bi trebalo da vidi.

```
1 this.ticketRedactionService.prepareResponse(updatedTicket, user);  
2 return updatedTicket;
```

Primer 3.15: Korak pripreme i vraćanja odgovora.

Obrada grešaka

U prethodnom primeru toka podataka javlja se intenzivan rad sa greškama. Ovom delu posvećena je posebna pažnja jer je obrada grešaka jedno od centralnih pitanja dizajna kompleksnog softverskog sistema, i bitno je od početka dizajnirati je korektno kako bi kasniji rad bio znatno olakšan.

Naime, programer koji se bavi implementacijom odgovarajuće domenske funkcionalnosti pre ili kasnije susreće se sa potrebom da obrađuje greške. Čak i najjednostavniji zahtev, kao što je, recimo, dohvaćanje jedne kartice, zahteva rad sa greškama na svakom od nivoa slojevite arhitekture. Ručno orkestriranje grešaka pri svakoj implementaciji neke funkcionalnosti dovelo bi do usporenog rada i nekonzistentnog sistema bez jasnih standarda.

Stoga se pravi jasna podela između grešaka domenskog nivoa i grešaka aplikativnog nivoa (HTTP grešaka), i u domenskom sloju radi se isključivo sa greškama domenskog nivoa. Sve domenske greške nasleđuju baznu klasu *BaseError* prikazanu u primeru 3.16.

```
1 export class BaseError {
2   constructor(public message: string = 'An error occurred') {}
3
4   public getName() {
5     return this.constructor.name;
6   }
7
8   public getPayload(): any {
9     return {
10      message: this.message,
11      errorType: this.getName(),
12    };
13  }
14 }
```

Primer 3.16: BaseError.ts

Na ovaj način realizovan je uniforman interfejs koji propisuje kako svaka greška treba da izgleda, sa dovoljno fleksibilnosti da pokrije sve domenske situacije. U kôdu se mogu primetiti sve od jednostavnih grešaka koje predstavljaju nepostojanje - primer `TicketNotFound`, do grešaka koje ukazuju na kompleksnu situaciju - primer `CannotChangeCommentsOfAClosedTicket`. Na ovakav sistem može se uložiti nekoliko kritika, koje su razmotrene u nastavku.

Repetitivnost. Sve greške koje se odnose na nepostajanje entiteta imaju identičan oblik, pa se može uložiti primedba na ponavljanje kôda i sugerisati kreiranje dodatnih apstrakcija. U ovom radu izbegnut je takav pristup iz dva razloga:

- **Bespotrebne apstrakcije.** Iako je tehnički moguće apstrahovati greške nepostajanja entiteta u neki tip višeg nivoa - recimo `EntityNotFoundError`, ovo uvodi previše jezičke kompleksnosti u domenski sloj i na duge staze ne doprinosi ni čitljivosti ni razumevanju.
- **Fleksibilnost.** Ukoliko svaki entitet ima priliku da definiše svoje greške bez ograničenja međupstrakcija, postiže se maksimalna fleksibilnost u okviru datog entiteta. Može se argumentovati da ovakav pristup olakšava potencijalni prelaz na mikroservisnu arhitekturu, po potrebi.

Preterana ekspresivnost. Na ovom mestu konkretna primedba bila bi na račun dužine naziva nekih klasa, koje se mogu smatrati nečitljivim. Ipak, uzevši u obzir deo 3.1, dobitak na razumljivosti domena kroz kôd nadmašuje strah od dugačkih imena klasa.

Ostaje pitanje transformacije ovakvih grešaka u HTTP oblik. Jedno izrazito elegantno rešenje, pruženo od strane okruženja NestJS, biće prikazano u sledećoj sekciji.

3.5 Sloj aplikacije

Svi do sad razmatrani sloji i delovi sistema mogu se smatrati internim u smislu mogućnosti spoljnjeg pristupa - sloj domena bavi se poslovnom logikom, uz podršku sloja infrastrukture. Kako bi domenski sistem mogao da se koristi od strane grafičkih veb aplikacija, mobilnih aplikacija ili, uopšteno, bilo kojih drugih softverskih sistema, potrebno je da svoju funkcionalnost eksponira spoljašnjem svetu.

REST API, svojstva

Ispoljavanje spoljašnjem svetu postiže se slojem aplikacije, tankim slojem bez poslovnog znanja, čija glavna uloga jeste primanje zahteva i njihova delegacija na domenski sloj [5]. U ovom radu, za potrebe implementacije aplikativnog sloja,

izabran je najpoznatiji arhitekturni stil poznat kao REST (***RE**presentational **State Transfer***). Kompletna specifikacija ovog protokola je ogromna i pokriva sve aspekte korišćenja HTTP-a kao transportnog sloja veb aplikacija, tako da su u nastavku prikazane samo neke od najvažnijih osobina:

- **Odsustvo stanja.** Jedan moderan princip softverskog inženjerstva (u vreme pisanja ovog rada) jeste da komponente ili moduli sistema treba da imaju što manje stanja, a po mogućstvu da ga u potpunosti eliminišu⁶. Interpretacija u REST sistemima je sledeća - za dva API zahteva pod identičnim uslovima dobija se identičan odgovor. Dakle, ne postoji nikakav eksterni faktor samog aplikativnog sloja koji može uticati na odgovor koji korisnik (klijent) dobije, i smatra se da je klijent dužan da pruži kompletan kontekst potreban za obradu zahteva [11].
- **Identifikacija resursa i HTTP metode.** Neretko se u praksi sreću API slojevi sa previše ekspresivnim delovima URI-a⁷. REST definiše nedvosmislen način za identifikaciju resursa i njihovu hijerarhiju, kao i pravilnu upotrebu HTTP metoda (glagola). Na taj način API pristupna tačka⁸, koja pruža mogućnost dohvaćanja korisnika po identifikatoru, po pravilu treba da bude dostupna putem GET metode, i to na URI-u nalik na `api/users/123` [11]. Primer nepravilnog URI-a bilo bi direktno navođenje akcije dohvaćanja - `api/get-user-by-id/213`. Na sličan način jasno je propisano koje metode se koriste za promenu, upis i brisanje entiteta.
- **Korišćenje HTTP grešaka.** Kao što je pomenuto u prethodnoj sekciji, obrada grešaka predstavlja vitalan aspekt razvoja softvera, i značajan deo njene implementacije leži u aplikativnom sloju. REST definiše skup pravila za korektno ukazivanje korisniku na greške koje su se dogodile.

Kontroleri, validacija, mapiranje

Većina okruženja za programiranje veb aplikacija, uključujući i NestJS, pruža ugrađen konstrukt za obradu HTTP zahteva poznat pod nazivom **kontroler**. Kontroleri su ništa drugo nego klase nad kojim se definišu metode koje obrađuju

⁶Ovaj princip postaje posebno primetan rastom popularnosti funkcionalnih programskih jezika.

⁷eng. Uniform Resource Identifier - URI

⁸eng. API endpoint

HTTP zahteve ka određenom URI-u, dok je proces mapiranja URI-a na metodu maksimalno prepušten okruženju, a programeru eksponiran nekim vidom meta-programiranja (najčešće dekoratorima). Primer 3.17 ilustruje kontroler vezan za URI prefiks `users`, sa metodom koja reaguje na dinamički zadat identifikator. Ovako postavljen kontroler obrađuje zahteve oblika `GET /api/users/123`.

```
1 @Controller('users')
2 export class UsersController {
3   @Get('/:id')
4   findOne(id: number): UserDTO {
5     // ...
6   }
7 }
```

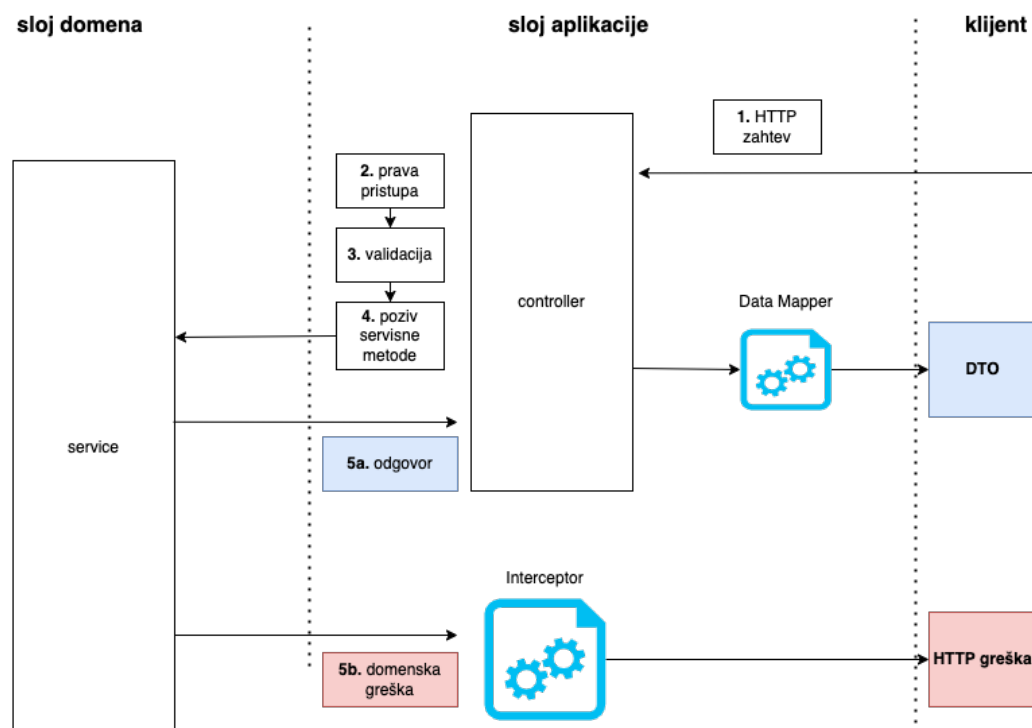
Primer 3.17: Primer kontrolera.

Uloga kontrolera je višestruka i sastoji se od sledećih koraka:

1. **Provera prava pristupa.** Ova provera treba da poznaje što manje poslovne logike. Na primer, neke pristupne tačke dostupne su samo ulogovanim korisnicima, neke samo administratorima, i sl.
2. **Validacija ulaznih podataka.** Ponovo se misli na čisto tehničku validaciju, a ne na poslovnu validaciju. Tu spada provera da li su određeni broježani podaci zaista brojevi, da li su određeni tekstualni podaci dovoljne dužine i slično.
3. **Delegacija posla odgovarajućem sevisu.** Nakon uspešne provere prava pristupa i validacije podataka, kontroler će prepustiti zadatak servisu koji je za to namenjen i po potrebi primiti povratnu informaciju.
4. **Obrada servisnih grešaka.** Kontroler je dužan da greške domenskog nivoa, koje podiže servis, preslika u HTTP greške. Neretka, i sasvim validna praksa, jeste korišćenje `try-catch` blokova u ove svrhe. Ipak, vrlo elegantan mehanizam presretača (eng. interceptors) okruženja NestJS omogućio je izolaciju ovog posla. Naime, presretač je klasa koja se postavlja na nivo kontrolera, u kojoj se može dodati logika obrade grešaka podignutih iz domenskog sloja.

5. **Preslikavanje podataka.** Ukoliko odgovor od servisa obuhvata entitet, dužnost kontrolera je da izvrši mapiranje datog entiteta u odgovarajući objekat za transfer podataka (eng. Data Transfer Object - DTO).

Slika 3.4 prikazuje dijagram rada aplikativnog sloja.



Slika 3.4: Aplikativni sloj.

Što se tiče tehničkih aspekata, maksimalno je korišćeno metaprogramiranje za postizanje validacije i preslikavanja grešaka, kako bi se izbeglo repetitivno pisanje kôda. Presretači su suštinski manuelne provere tipa instance greške. Validacija je izvedena deklarativno, kombinacijom biblioteka `class-transformer` i `class-validator`.


```
1 return next.handle().pipe(  
2   catchError((error) => {  
3     if (error instanceof TicketNotFoundError) {  
4       throw new NotFoundException(error.getPayload());  
5     }  
6     if (error instanceof NotAllowedToRemoveThisTagError) {  
7       throw new ForbiddenException(error.getPayload());  
8     }  
9     if (error instanceof DuplicateTagError) {  
10      throw new ConflictException(error.getPayload());  
11    }  
12  })
```

Primer 3.18: Presretač grešaka.

```
1 export class AddTicketTagsDTO {  
2   @Validate(isValidObjectId, { each: true })  
3   @IsArray()  
4   tags: string[];  
5 }
```

Primer 3.19: Validacija ulaznog DTO-a.

Glava 4

Frontend

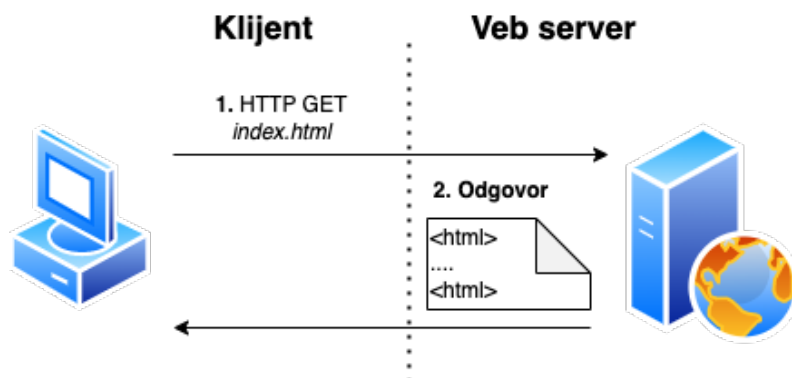
Ukoliko bi tražili jedan programski jezik koji može da pokrije najširi spektar platformi i aplikacija, to bi u današnje vreme definitivno bio Javascript. Uprkos velikom broju platformi koje mogu pokretati Javascript kôd (web pregledači, Node.js, Deno, Bun, itd), glavno okruženje koje diktira njegov razvoj jeste upravo i originalno - web. Pod ovim se misli na podudaranje između Javascript-a definisanog prema TC39¹ standardu i Javascript-a koji se izvršava u web pregledačima [12]. Postojanje tolikog broja okruženja prirodno je dovelo do alata, ili čak kompletnih okruženja za razvoj, sa ciljem da apstrahuju sistem nad kojim se izvršava i da kôd učine što univerzalnijim.

4.1 Kratak pregled evolucije jezika Javascript i frontend razvoja

Statički sajtovi

Prvi oblik web sajtova bio je veoma jednostavan. Zasnivao se na konceptu dostavljanja statičkih HTML i CSS fajlova preko kojih je korisnik mogao da pregleda neki sadržaj. Navigacija se vršila kroz hiperlinkove koji bi upućivali na druge adrese gde bi klijent zahtevao druge statičke fajlove, čime bi proces počinjao ponovo.

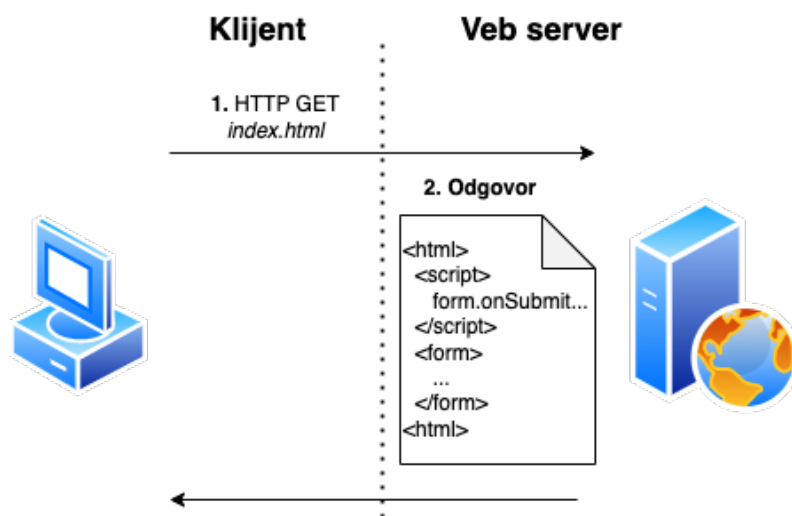
¹eng. Technical committee 39 - tehnički komitet zadužen za standardizovanje jezika.



Slika 4.1: Dostavljanje statičkih HTML sajtova.

Dodavanje klijentske interaktivnosti

Problem koji se javlja sa prethodnim sistemom jeste nedostatak klijentske interaktivnosti - za svaku promenu sadržaja stranice potrebno je učitati celu stranicu od početka². Uvođenje klijentskih skripti jezikom Javascript omogućuje se manipulacija HTML elemenata sa klijentske strane, upravljanje događajima, i slično.

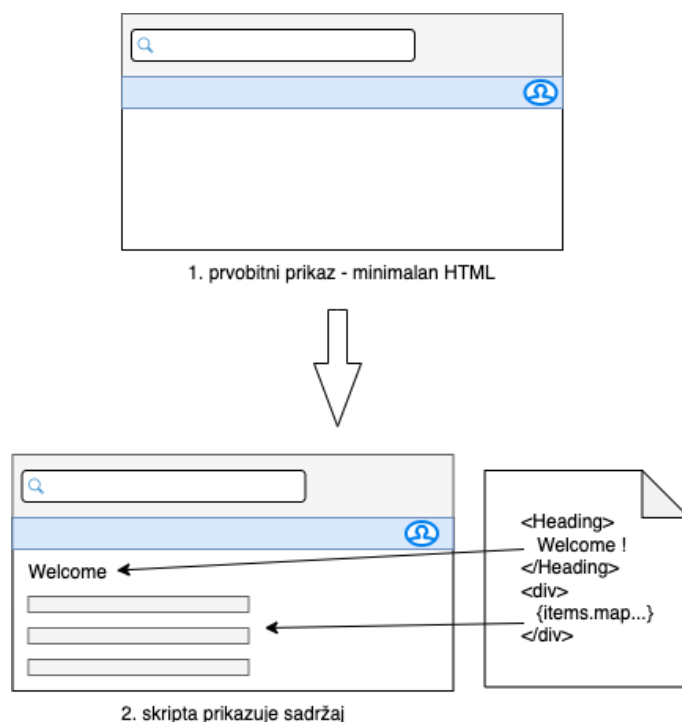


Slika 4.2: Dostavljanje statičkih HTML sajtova i prpratnih skripti.

²Najbolji primer koji ilustruje probleme nedostatka interaktivnosti jesu veliki formulari i njihova validacija. Na modernim veb sajtovima prilikom popunjavanja velikih formulara korisnik konstantno ima povratnu informaciju da li je neko polje pogrešno popunjeno, dok pre Javascript-a to se saznaje tek nakon podnošenja.

Jednostranične aplikacije - SPA

Sledeći veliki zaokret dešava se uvođenjem koncepta jednostraničnih aplikacija (eng. Single Page Application - SPA). Ove aplikacije odlikuje potpuno prebacivanje logike generisanja korisničkog interfejsa na frontend deo aplikacije. Server bi poslao samo skelet HTML-a i Javascript skriptu, koja bi zatim preuzela odgovornost prikaza elemenata. Dohvatanje podataka (eng. data fetching) za prikaz na stranici vršilo bi se putem API-a, tako da ovaj sistem podseća na način na koji rade mobilne aplikacije - potpuno razdvajanje odgovornosti prikaza korisničkog interfejsa i dohvaćanja podataka. Originalne mane ovakvog sistema zasnivale su se na lošijem rangiranju stranica od strane sistema za pretragu usled manjka početnog sadržaja koji se prikazuje³. Prednost je u korisničkom iskustvu - navigacija se vrši potpuno klijentski tako da korisnik ima osećaj jako brze navigacije, kao na desktop aplikaciji. Najpopularnija i najuticajnija biblioteka za razvoj SPA jeste React.



Slika 4.3: SPA

³U današnje vreme skoro svi moderni pretraživači uspešno indeksiraju i SPA sajtove, tako da je ovaj problem praktično eliminisan.

Hibridna okruženja

Prethodni način generisanja korisničkog interfejsa često se naziva klijentsko renderovanje (eng. CSR - Client side rendering), dok se tradicionalni sistemi zasnivaju na serverskom renderovanju (eng. SSR - Server side rendering). Okruženja kao što su Next.js [13], Remix [14], SvelteKit [15] i druga, imaju cilj za implementaciju „najboljeg od oba sveta”. Naime, omogućavaju razvoj jednostraničnih aplikacija uz podršku za serversko renderovanje, tako da otklanjaju mane u nedostatku prvobitnog prikaza HTML-a. Način njihovog rada biće prikazan u nastavku, sa izborom okruženja Next.js.

4.2 React i Next.js

Sumirano, probleme koje treba izbeći kod tradicionalnih jednostraničnih aplikacija jesu sledeći:

1. **Prvobitni HTML je minimalan.** Usled činjenice da se klijentske skripte bave prikazom korisničkog interfejsa, konkretno u React-u koristeći sistem komponenti i JSX-a [16], inicijalni HTML koji se prikazuje korisniku je prazan i postoji vreme koje je potrebno dok veb pregledač izvrši skriptu.
2. **Potrebno je dohvatiti podatke s klijenta.** Čak i nakon prikazivanja početnog korisničkog interfejsa, najčešći je slučaj da je potrebno dohvatiti neke podatke preko API-a koje treba prikazati. Pošto je sva odgovornost na klijentu, ti podaci se tek mogu dohvatati u ovoj fazi, tako da postoji dodatno vreme gde neke sekcije sajta sadrže simbolične prikaze sadržaja koji se učitava⁴, dok se u pozadini vrši dohvaćanje podataka.

React kao biblioteka i okruženje

U ekosistemu React-a postoje nesuglasice da li React predstavlja biblioteku ili okruženje za razvoj. Argument koji ide u korist biblioteke zasniva se na činjenici da React ne poseduje striktnu strukturu direktorijuma, ne nalaže kako se vrši dohvaćanje podataka, ne sadrži ugrađen sistem za rutiranje, i slično. Uzevši to u obzir zaista deluje da je React ništa više nego biblioteka za razvoj interaktivnih korisničkih interfejsa. S druge strane, vremenom su evoluirali šabloni koji su opšteprihvaćeni kao dobre prakse, čime se može argumentovati i da je React kompletno okruženje za razvoj. Ovo je dovelo do evolucije još jednog termina koji se može sresti u onlajn zajednicama frontend inženjera, a to je metaokruženje (eng. metaframework); neretko se upravo ovom klasom softverskih sistema naziva Next.js.

Next.js i šabloni renderovanja korisničkih interfejsa

Imajući prethodnu diskusiju u vidu i koristeći se što opštijim terminima, može se reći da je Next.js moderno okruženje za razvoj veb aplikacija, izgrađeno

⁴Ustanovljen naziv u frontend svetu za ove elemente jeste *content loader*, postoji veliki broj biblioteka koje olakšavaju njihovo generisanje.

nad React-om, koje podržava više šablona renderovanja korisničkih interfejsa. U trenutku pisanja ovog rada, šabloni renderovanja korisničkih interfejsa (eng. rendering patterns) čest su predmet diskusija onlajn zajednica inženjera. Najveća okruženja i biblioteke utrkuju se sa implementacijom svih šablona kako bi bili konkurentan izbor modernih frontend proizvoda. Next.js, predvođen kompanijom Vercel, definitivno je među prvima kada je u pitanju razvoj veb aplikacija. Od pomenutih šablona Next.js podržava sledeće [13]:

- **Klijentsko renderovanje - CSR.** Klasično SPA ponašanje podržano je samom činjenicom da se u osnovi nalazi React.
- **Serversko renderovanje - SSR.** Omogućeno je dohvaćanje eksternih podataka na serveru pre renderovanja stabla React komponenti.
- **Generisanje statičkih sajtova - SSG⁵.** Moguće je određene stranice u potpunosti renderovati u vremenu kompajliranja aplikacije (eng. build time), tako da gotov HTML bude spreman i pre nego što se aplikacija pokrene. Ovakve stranice po pravilu su najbrže.
- **Inkrementalno regenerisanje statičkih stranica - ISG⁶.** SSG stranice jesu brze, ali mana im je što podaci mogu zastareti. Next.js omogućava periodično osvežavanje tih stranica kako bi sadržaj bio ažuran.
- **Strimovanje korisničkog interfejsa⁷.** Tokom pisanja rada pojavila se React verzija 18 koja uvodi koncept serverskih komponenti (eng. server components), koje Next.js usvaja u verziji 13 i proglašava kao novi pravac. U ovom radu ovaj sistem nije razmatran, jer je u trenutku pisanja i dalje u eksperimentalnoj fazi.

SSR i tok jednog zahteva

SSG i ISR jesu dobar izbor prilikom generisanja sajtova koji ne menjaju svoj sadržaj često i ne bave se intenzivnom manipulacijom podataka⁸. Ipak, sistem za kartice, koji je prikazan u ovom radu, kompleksniji je i temeljno se zasniva na dohvaćanju i manipulaciji podataka sa eksternog API-a. Iz tog razloga glavni

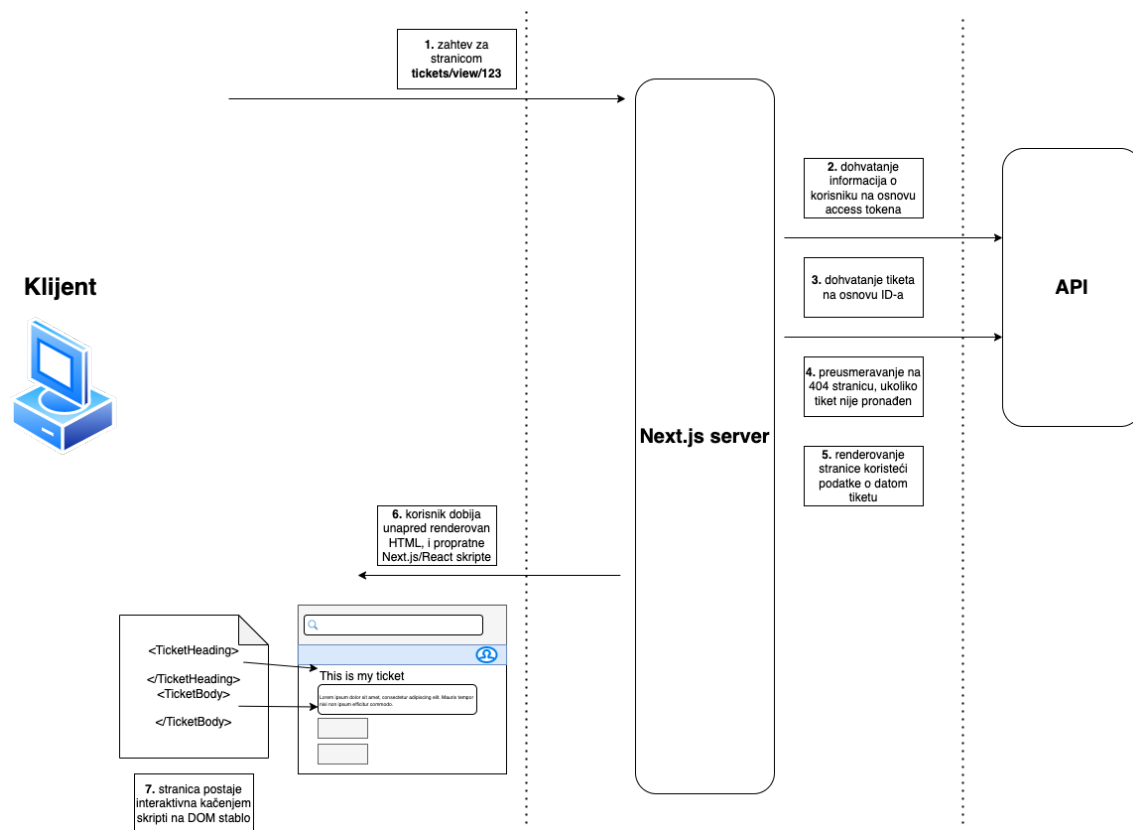
⁵eng. Static Site Generation

⁶eng. Incremental Static Regeneration

⁷eng. Streaming SSR

⁸Dobar primer sajtova pogodnih za SSG i ISR jesu personalni blogovi.

iskorišćen šablon upravo je serversko renderovanje. Na dijagramu 4.4 prikazan je primer toka jednog zahteva ka stranici za prikaz kartice.



Slika 4.4: Tok jednog SSR zahteva

Proces u kom stranica postaje interaktivna, odnosno korak 7 sa dijagrama, naziva se **hidracija** [16]. Ovaj naziv ima smisla i može se nerformalno shvatiti ako se stablo React komponenti zamisli kao sistem međusobno povezanih praznih cevi, koje se onda na vrhu prikače na izvor vode - u ovoj analogiji Javascript.

4.3 Dohvatanje podataka, upravljanje stanjem, biblioteka RTK

Kao što je pomenuto u prethodnoj sekciji, React (a tako i Next.js) prepuštaju programeru izbor načina na koji će da vrši dohvaćanje podataka sa eksternih servisa. Iako to može zvučati trivijalno, dohvaćanje podataka jedan je od najsloženijih zadataka modernih frontend sistema i očekivano je da React ekosistem nudi veliki broj biblioteka koji rešavaju ovaj izazov. Problemi koji se očekuju da budu rešeni od strane modernih biblioteka za dohvaćanje podataka uključuju sledeće:

- **Keširanje i deduplikacija.** Poželjna je mogućnost dohvaćanja istih podataka u različitim delovima stabla aplikacije, a da se pritom API ne poziva svaki put, već da se podaci keširaju i iskoriste ponovo.
- **Deklarativnost.** Korišćenje je znatno olakšano oslobađanjem programera od pisanja proceduralne logike za dohvaćanje podataka, tako što se to izvrši na deklarativan način pisanjem odgovarajuće konfiguracije.
- **Stanja učitavanja i grešaka.** Potrebno je imati ugrađenu podršku za stanja učitavanja (eng. loading state) i stanja grešaka (eng. error state), kako bi programer mogao da se fokusira na pisanja logike stranice u zavisnosti od tih stanja, a ne da ih ručno prati i ažurira.

Za ovaj rad izabrana je biblioteka Redux Toolkit sa svojim podmodulom Query, koji se češće nazivaju skraćeno RTKQ [17]. Ova biblioteka zapravo je nadogradnja na veoma poznatu biblioteku za upravljanjem stanjem⁹ Redux, koja je dugo vremena bila neizostavan deo React ekosistema. Ipak, u ovom radu ne koristi se upravljanje stanjem u pravom smislu te reči, tako da upotreba biblioteke RTKQ ostaje ograničena isključivo na dohvaćanje podataka.

Deklaracija API sloja, upravljanje keš oznakama

U uvodnom delu ove sekcije pomenuta je deklarativnost kao jedna od tri funkcionalnosti očekivanih od moderne biblioteke za dohvaćanje podataka. Deklarativnost je opšti pojam softverskog inženjerstva, i najlakši način da se opiše, neformalnim jezikom jeste „piši **šta** softver treba da uradi a ne **kako** to da uradi”.

⁹eng. state management library

U duhu takvog načina razmišljanja, biblioteka RTKQ oslobađa programera od repetitivnog zadatka pisanja API poziva za svaki mogući entitet. RTKQ takođe pruža i elegantan mehanizam upravljanja keširanjem podataka korišćenjem koncepta keš oznaka (eng. cache tags). Naime, ako se najpre dohvati neki entitet preko određene API pristupne tačke metodom GET, a zatim ažurira metodom PATCH, prirodno je očekivati da se već dohvaćen entitet ažurira kako bi podaci prikazani korisniku bili najsvežiji. U frontend delu aplikacije sistema STS ovakve potrebe su intenzivne prilikom operacije ažuriranja kartica. Primer 4.1 prikazuje kako se svi navedeni problemi rešavaju uz nekoliko jednostavnih konfiguracionih pravila koje zahteva RTKQ.

```
1 export const ticketsSlice = api.injectEndpoints({
2   endpoints: (builder) => ({
3     /* Definise se nacin na koji se dohvata kartica */
4     getTicket: builder.query({
5       query: ({ id, ...params }) => ({
6         url: `/tickets/${id}`,
7         params,
8       }),
9       /* Definisuje se keš oznake */
10      providesTags: (res) => {
11        return res ? [{ type: 'getTicket', id: res.id }] : [];
12      },
13    }),
14    addComment: builder.mutation({
15      /* Definise se nacin na koji se menja kartica */
16      query: ({ id, body, isInternal }) => ({
17        url: `/tickets/${id}/comment/add`,
18        method: 'PATCH',
19        body: { body, isInternal },
20      }),
21      /* Definise se koje keš oznake se ponistavaju */
22      invalidatesTags: ({ id }) => [{ type: 'getTicket', id }],
23    }),
24  }),
25  overrideExisting: true,
26 });
```

Primer 4.1: Konfiguracija API poziva za dohvaćanje kartice i dodavanje komentara.

Izazivanje dohvaćanja podataka i korišćenje u komponentama

Nakon definisanja konfiguracije u prethodnoj sekciji ostaje još pitanje načina korišćenja objekata generisanih od strane RTKQ.

Treba još jednom istaći da RTKQ nije ništa drugo nego modul sistema `redux`¹⁰, tako da je očekivano da RTKQ kompletno upravljanje podacima vrši upravo posredstvom `redux`-a i njegovog ugrađenog skladišta (eng. store)¹¹. S tim u vidu, prilikom izazivanja dohvaćanja podataka na serveru koristi se upravo `store` objekat i RTKQ-ov poziv `initiate` kako bi se dohvaćanje započelo.

```
1 export const getServerSideProps = wrapper.getServerSideProps(  
2   (store) => async (context) => {  
3     const ticketId = context.params.ticketId;  
4     store.dispatch(  
5       ticketsSlice.endpoints.getTicket.initiate({  
6         id: ticketId,  
7         ...getTicketViewQueryParams(),  
8       }),  
9     );  
10    // ...  
11    return {};  
12  },  
13 );
```

Primer 4.2: Dohvaćanje podataka o kartici na serveru.

S druge strane, podacima se u komponentama može pristupiti odgovarajućim React udicama (eng. hooks) [18] koje se takođe automatski generišu. Pozivanje odgovarajućeg hook-a izaziva dohvaćanje podataka klijentski, ukoliko ti podaci već ne postoje u skladištu (ukoliko već nisu dohvaćeni serverski). Hook-ovi ispoljavaju, između ostalog, stanja učitavanja, greške ili uspeha.

¹⁰Tehnički, spada pod zaseban npm paket *redux-toolkit*, ali u govoru se često poistovećuju jer označavaju isti ekosistem.

¹¹Način na koji radi biblioteka *redux* je kompleksan i može biti tema posebnog istraživanja, stoga je izuzeta.

```
1 function TicketViewPage() {  
2   const router = useRouter();  
3   const id = router.query.ticketId;  
4  
5   const { isLoading, isFetching, isError } = useGetTicketQuery({  
6     id,  
7     ...getTicketViewQueryParams(),  
8   });
```

Primer 4.3: Korišćenje RTKQ hook-ova.

Mutacije podataka

Mutacije podataka pomenute su ukratko u 4.2 i prikazana je njihova konfiguracija u prpratnom primeru kôda. Mutacije se skoro po pravilu koriste klijentski¹², tako da za njih RTKQ obezbeđuje hook-ove isto kao i za obično dohvaćanje podataka.

```
1 function TicketViewPage() {  
2   const [addComment,  
3     { isLoading, isSuccess }] = useAddCommentMutation();  
4  
5   const handleSubmitComment = (comment) => {  
6     addComment({ id: ticket.id, body: comment, isInternal });  
7   };
```

Primer 4.4: Korišćenje RTKQ mutacija na primeru dodavanja komentara na karticu.

4.4 Internacionalizacija

Frontend, kao deo aplikacije koji je direktno zadužen za prikaz grafičkog korisničkog interfejsa, prirodno nosi pitanja koja se odnose na način prikazivanja sadržaja neke vrste.

Definicija internacionalizacije je veoma opšteg karaktera i na osnovu [19] svodi se na dizajn i razvoj sadržaja proizvoda, aplikacije ili dokumenta koji omogućava lako prilagođavanje kulturi, regionu ili jeziku. U užem smislu, odnosno iz ugla frontend razvoja, razmatraju se uglavnom sadržaji sledećeg tipa:

¹²Nema previše smisla izazivati mutacije podataka sa serverske strane, jer se uvek dešavaju na zahtev korisnika.

- **Tekstualni sadržaj.** Skoro svaki deo korisničkog interjsa sadrži neki tekstualni sadržaj. Iako je moguće takav sadržaj zapisati direktno u kôdu (eng. *hardcode*), ipak je bolje imati sistem koji tekstualne sadržaje drži izdvojeno i po potrebi omogućava višejezičnost - kada korisnik promeni željeni jezik menjaju se i svi tekstualni sadržaji bez ikakve specijalne izmene u kôdu.
- **Formati datuma i vremena.** Način zapisa datuma i vremena zavisi od regiona, tako da bi bilo dobro imati sistem takav da se te vrednosti automatski prilagođavaju korisničkom regionu.
- **Formati valuta.** Moguće je koristiti komponente koji automatski konvertuju novčane iznose iz jedne valute u drugu.

U ovom radu urađena je samo prva stavka - podržani su srpski i engleski jezik. Za potrebe čuvanja trenutnog jezika koristi se **Accept-Language** HTTP zaglavlje (eng. HTTP header) u kombinaciji sa odgovarajućom vrednošću `language_code` kolačića (eng. cookie) na klijentskoj strani.

U sekciji 2.1 pomenuto je kako sistem oznaka koristi internacionalizaciju za nazive i opise oznaka. Upravo podešavanje **Accept-Language** zaglavlja omogućuje da API vrati podatke na odgovarajućem jeziku.

```
1 const baseQuery = fetchBaseQuery({
2   baseUrl: '...',
3   prepareHeaders: (headers, api) => {
4     // ...
5     const ctx = api?.extra?.ctx;
6     const languageCode =
7       (isServer()
8         ? parseCookie(ctx?.req?.headers?.cookie).language_code ?? ''
9         : Cookies.get('language_code')) ?? 'en';
10
11     headers.set('Accept-Language', languageCode);
12     return headers;
13   },
14 });
```

Primer 4.5: Postavljanje **Accept-Language** zaglavlja u RTKQ prilikom API zahteva.

Sa druge strane, za kontrolu prikaza sadržaja na grafičkom korisničkom interfejsu koristi se kombinacija biblioteka **react-intl** i **formatjs** [20]. Naime,

tekstualni sadržaji, koje treba internacionalizovati na sajtu, nazivaju se *poruke* (eng. messages) i definišu se odgovarajućim funkcijama u kôdu, zajedno sa svojim podrazumevanim vrednostima. Primer 4.6 prikazuje definisanje nekih poruka za stranicu koja prikazuje karticu.

Pokretanjem komande `npm run i18n`, definisane kao skripte u okviru fajla `package.json`, vrše se *ekstrakcija* i *kompilacija* poruka. Ekstrakcija predstavlja proces izvlačenja svih poruka iz fajlova, koji definišu poruke na način prikazan u primeru 4.6, u odgovarajuće JSON fajlove. Kompajliranje prevodi te fajlove u oblik prikladan korišćenju u produkciji. Delovi tih fajlova prikazani su u primeru 4.7.

Na kraju, poruke se koriste odgovarajućim hook-ovima ili komponentama biblioteke `react-intl`, kao što prikazuje primer 4.8

```
1 export const ticketViewMessages = defineMessages({
2   cannotCommentOnThisTicket: {
3     id: 'ticket-view.cannot-comment',
4     defaultMessage: 'You cannot comment on this ticket',
5   },
6   publicCommentButtonText: {
7     id: 'ticket-view.public-comment-button-text',
8     defaultMessage: 'Public',
9   },
10  internalCommentButtonText: {
11    id: 'ticket-view.internal-comment-button-text',
12    defaultMessage: 'Internal',
13  }
```

Primer 4.6: Definisanje poruka.

Treba imati u vidu da bi sofisticirani sistem internacionalizacije podržao čuvanje vrednosti u bazi podataka i njihovo eksportovanje u JSON fajlove, čime bi se omogućilo dinamičko menjanje vrednosti translacija bez ponovnog pokretanja aplikacije. To je, ipak, u ovom radu ostavljeno kao mogućnost za poboljšanje.

```
1 // en.json - nekompajlirana verzija
2 {
3   "admin-link.metrics": "Metrics",
4   "admin-links.home-page": "Home",
5   "admin-links.tags": "Tags",
6   ...
7
8 // en.json - kompajlirana verzija
9 {
10  "admin-link.metrics": [
11    {
12      "type": 0,
13      "value": "Metrics"
14    }
15  ],
16  "admin-links.home-page": [
17    {
18      "type": 0,
19      "value": "Home"
20    }
21  ],
22  "admin-links.tags": [
23    {
24      "type": 0,
25      "value": "Tags"
26    }
27  ],
```

Primer 4.7: JSON fajlovi sa porukama.

```
1 const intl = useIntl();
2 // ...
3 return (<Button type="submit">
4     {intl.formatMessage(formsMessages.submit)}
5     </Button>)
```

Primer 4.8: Korišćenje poruka

Glava 5

Analitika

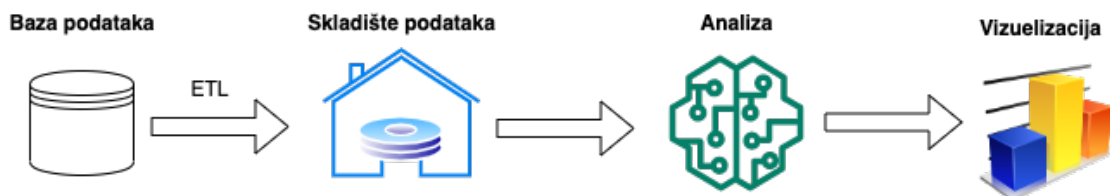
Jedan zadatak u okviru razvoja softvera jeste napraviti sve proizvodne funkcionalnosti - kreiranje kartica, komentarisanje, promena statusa, zatvaranje, i sl. Iz ugla čistog softverskog inženjerstva moglo bi se reći da je posao završen onda kada su implementirane sve komponente sistema i njihova međusobna saradnja zarad izvršavanja poslovnih procesa.

Ovakav stav, očekivano, bio bi naivan. Problem leži u tome što ne postoji taj nivo istrage i domenskog znanja koji poslovođi može ukazati na sve potencijalne mane i moguća unapređenja sistema kao što mogu uraditi realni podaci generisani prilikom upotrebe softvera. Ovakav pristup ima za cilj da stvori ponavljajući ciklus koji se sastoji, grubo, iz sledećih koraka [21]:

1. Poslovne aktivnosti se pamte u transakcionoj bazi podataka.
2. Na osnovu tih podataka izvode se zaključci koristeći odgovarajuće tehnike i alate.
3. Dati zaključci ukazuju na šta se treba fokusirati u razvoju proizvoda.
4. Nove implementirane funkcionalnosti donose još podataka, koje se dalje mogu analizirati istim nizom koraka.

5.1 Skladišta podataka, ETL procesi, cron

Niz koraka iz uvodnog dela ovog poglavlja predstavlja uopšten mentalni model na kome se zasniva proces analitike podataka¹ iz poslovnog ugla. Nešto konkretniji model, koji se više fokusira na tehnologije i metodologije, prikazan je na dijagramu 5.1.



Slika 5.1: Proces analitike.

Za potrebe ovog rada, a iz razloga jer to nije glavni fokus, sistem analitike izveden je u uprošćenom obliku. Skladišta podataka (eng. data warehouse) predstavljaju zasebnu oblast izučavanja i u vreme pisanja rada potpadaju najviše pod oblast poznatij kao inženjerstvo podataka (eng. data engineering). Skladište podataka posmatra se kao organizovana kolekcija podataka dobijena transformacijom izvornih podataka u oblik prikladan za izvršavanje odgovarajućih upita [21].

Sledeće prirodno pitanje koje se nameće jeste kako i kada se date transformacije vrše. U sistemu STS ovaj zadatak potpada pod ETL (eng. Extract Transform Load) servis. Kao što i samo ime kaže sastoji se od tri koraka:

1. **Extract** - izvlačenje podataka iz izvora.
2. **Transform** - transformacija u pogodan oblik.
3. **Load** - učitavanje u skladište podataka.

Metrike koje mogu imati vrednost u sistemu STS jesu primarno metrike koje se odnose na karticu, kao glavni entitet, i promene koje se nad njome dešavaju. Tako se mogu razmatrati prosečno vreme rešavanja (eng. average resolution time), prosečno vreme preuzimanja (eng. average pickup time) i prosečno vreme prvog odgovora (eng. average first-response time). S tim u vidu, skladište podataka, i njegov deo koji se bavi karticama, dizajniran je tako da izvuče navedene metrike

¹Postoji mnoštvo termina koji se koriste u današnje vreme, kao što su *Data Mining*, *Business Intelligence* i drugi. Diskusija konkretnih pojmova je izuzeta jer ne služi svrsi ovog rada.

za svaku karticu². Primer 5.1 prikazuje glavni deo ETL skripte. Primer 5.2 prikazuje funkciju koja transformiše karticu, dok primer 5.3 prikazuje računanje jedne konkretne metrike.

Za potrebe automatizacije ovog procesa koristi se `cron`, ugrađeni planer poslova (eng. job scheduler) operativnih sistema zasnovanih na Unix-u. Njegova konfiguracija je izostavljena jer nema specifičnosti u odnosu na najosnovnije korišćenje.

Primer 5.1: Transformacija kartice.

```
def main():
    # ...
    # Nalazi se poslednja obradjena kartica i njeno vreme,
    # ako postoji
    latest_processed_ticket = dest_tickets_collection.find_one(
        sort=[("timestamp", pymongo.DESCENDING)]
    )
    latest_timestamp = \
        latest_processed_ticket["timestamp"] \
        if latest_processed_ticket else None

    # Uzimaju se sve neobradjene kartice
    query = {}
    if latest_timestamp:
        query["timestamp"] = {"$gte": latest_timestamp}

    unprocessed_tickets_cursor = src_tickets_collection.find(query)

    # Transformisu se sve neobradjene kartice
    new_tickets = []
    for ticket in unprocessed_tickets_cursor:

        transformed_ticket = transform_data(ticket)
        new_tickets.append(transformed_ticket)

    # Ubacuju se u skladište
    if new_tickets:
        dest_tickets_collection.insert_many(new_tickets)
```

²Vredi napomenuti kako je izbor šablona Event Sourcing za čuvanje kartica i niza promena prikazan u sekciji 3.3 doprineo znatno lakšoj implementaciji ovih transformacija.

Primer 5.2: Funkcija koja transformiše podatke.

```
def transform_data(ticket):
    created_at = ticket.get('createdAt')
    resolution_time, resolution_timestamp = \
        calculate_resolution_time(ticket)
    pickup_time, pickup_timestamp = \
        calculate_pickup_time(ticket)
    first_response_time, first_response_timestamp \
        = calculate_first_response_time(ticket)
    status = ticket.get('status')

    return {"_id": ticket.get('_id'),
            "timestamp": created_at,
            "resolution_time": resolution_time,
            "resolved_at": resolution_timestamp,
            "pickup_time": pickup_time,
            "picked_up_at": pickup_timestamp,
            "first_response_time": first_response_time,
            "first_responded_at": first_response_timestamp,
            "status": status}
```

5.2 Prikaz metrika, biblioteka streamlit

Nakon uspešnog punjenja skladišta podataka postoje dva pravca kojima tok podataka može dalje ići. Pritom treba imati u vidu da ta dva pravca nisu međusobno isključiva.

- Podaci iz skladišta mogu se koristiti za naprednu analizu statističkim metodama ili metodama mašinskog učenja.
- Podaci se mogu vizuelizovati određenim kontrolnim tablama (eng. dashboards) zarad brzog dobijanja slike o podacima.

Kao što je već napomenuto, napredne analize podataka ne spadaju u područje ovog rada, ali jednostavna vizuelizacija podataka izvučenih u prethodnom poglavlju implementirana je *python* bibliotekom *streamlit* [22].

Ova biblioteka omogućava jednostavno kreiranje interaktivnih kontrolnih tabli za prikaz podataka. Glavna prednost je u tome što sadrži veliki broj predefinisanih elemenata korisničkog interfejsa (grafikoni, histogrami, prikaz vremena, elementi

Primer 5.3: Računanje konkretne metrike.

```
def calculate_resolution_time(ticket):
    created_at = ticket.get('createdAt')

    history = ticket.get('history')
    resolution_time_items = list(filter( \
        lambda item: item.get('type') == 'STATUS_CHANGED' \
        and item.get('payload').get('status') == 'RESOLVED', \
        history))

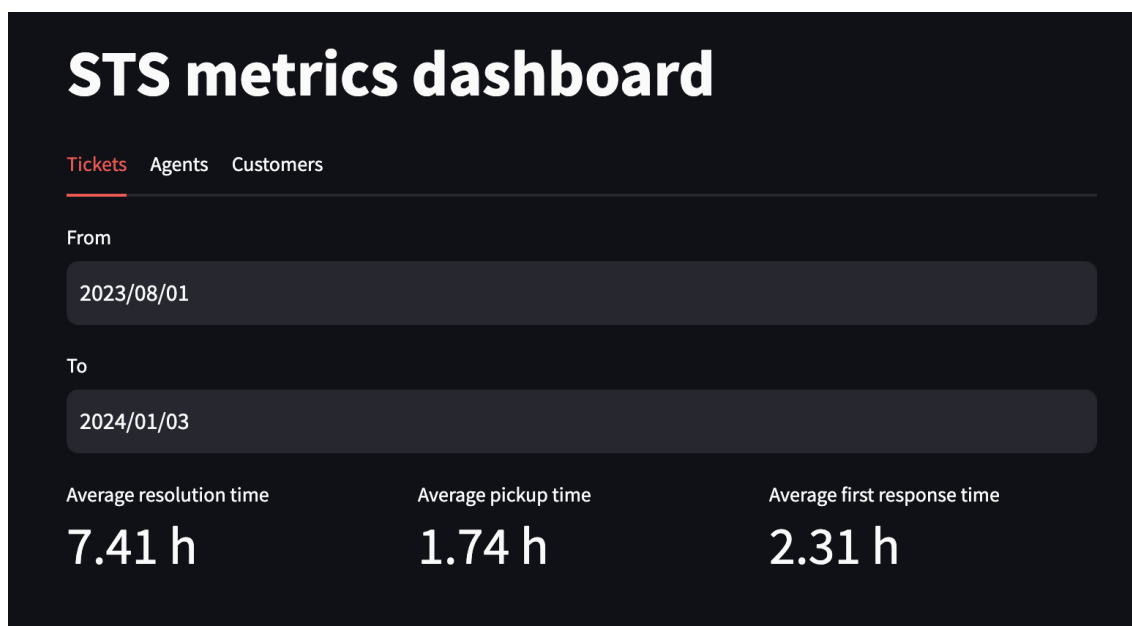
    resolved_time = resolution_time_items[-1].get(
        'timestamp') if resolution_time_items else None

    resolution_time = \
        (resolved_time - created_at).total_seconds() / 60 \
        if resolved_time else None

    return resolution_time, resolved_time
```

za odabir opsega datuma, i slično) što omogućava programeru da se fokusira na poslovne vrednosti umesto na tehnikaliije izgradnje takvih elemenata.

Skripta za prikaz kontrolne table je jednostavna i može se videti u fajlu `services/analytics/app.py`. Sastoji se od dohvatanja informacija o karticama za izabran vremenski okvir i prikaz prosečnih vrednosti statistika iz prethodnog poglavlja. Slika 5.2 prikazuje izgleda korisničkog interfejsa ove kontrolne table.



Slika 5.2: Kontrolna tabla STS analitike.

Glava 6

DevOps

Pojam DevOps (nastao od engleske sintagme *Development Operations* - u bukvalnom prevodu *razvojne operacije*) predstavlja relativno mladu granu softverskog inženjerstva. U svojoj najužoj definiciji, prema [23], kaže se da DevOps opisuje usvajanje iterativnog razvoja softvera, automatizaciju i programabilne infrastrukture za otpremanje¹ i održavanje softverskog sistema.

U nekim krugovima poistovećuje se sa ulogom sistemskih administratora dok drugi tvrde da je to potpuno zasebna profesija. Obe strane moraju se složiti da sa masovnim razvojem različitih tehnologija, okruženja i platformi nastaju novi problemi koji ne potpadaju pod tradicionalni pojam softverskog inženjerstva koji uglavnom obuhvata razvoj domenskih funkcionalnosti. Naime, ukoliko je zadatak „*implementirati dugme na stranici za prikaz kartice kojim se zatvara kartica*” potpuno je jasno da se tim zadatkom neće baviti DevOps inženjer, dok bi na primer zadatak *implementirati sistem za periodično pravljenje i čuvanje rezervnih kopija baze podataka* upravo zapao tom inženjeru.

Interesantno opažanje primećeno u [24] je da u mnogim kompanijama postoji neprekidna kontrateža između odeljenja za razvoj i odeljenja za razvojne operacije, uprkos činjenici da je kranji cilj isti. Na primer, inženjeru kome je zadatak da implementira jedan mali server za nekoliko API pristupnih tačaka od nule biće lakše da taj server pokrene direktno na produkcionoj mašini i neretko će zahtevati da se „napravi izuzetak” usled skromne veličine projekta. DevOps inženjer bi skoro sigurno insistirao na tome da se čak i za najmanji takav server napravi odgovarajuća infrastruktura, recimo kroz Docker. Lako je zapitati se zašto se uopšte dovodi u pitanje vrednost poštovanja principa razvojnih operacija i zašto bi programer

¹eng. deployment

iz hipotetičkog scenarija ikada zahtevao da se napravi izuzetak. Odgovori na ova pitanja zalaze u poslovne aspekte softverskog inženjerstva gde je uvek pitanje toga ko donosi veću vrednost. Ovaj rad se uzdržava od dalje diskusije na tu temu jer je fokus primarno tehnički, ali vredi napomenuti da su istorijat DevOps-a i razni poslovni aspekti ove grane odlično obrađeni u [24].

6.1 Kontejneri, sistem Docker

Istorija nastajanja Docker-a, i kontejnerizacije uopšte, interesantna je tema sama za sebe i u [25] izložena ukratko na sledeći način:

1. **Korišćenje zasebnih servera za svaku aplikaciju.** U početku je bilo komplikovano, pa čak i nemoguće pokrenuti više zasebnih servera na istoj mašini, tako da bi kompanije često išle u pravcu kupovanja ili iznajmljivanja zasebnih fizičkih servera za svaki aplikativni server.
2. **Virtuelne mašine.** Koncept koji je značajno olakšao stvari bile su virtuelne mašine. Dozvoljavale su pokretanje proizvoljnog broja istinski odvojenih okruženja na jednoj fizičkoj mašini. Mana ovakvog pristupa jeste da virtuelna mašina zahteva kompletan operativni sistem, a samim tim i dosta resursa u vidu RAM-a i procesorskog vremena.
3. **Kontejneri.** Kao rešenje koje ima za cilj da uzme najbolje od oba sveta nastaju kontejneri (eng. containers). Za razliku od virtuelnih mašina, svaki pokrenut kontejner koristi operativni sistem računara na kome se pokreće, a ipak održava nivo potpune izolovanosti.

Docker je jedno od rešenja za rad sa kontejnerima, i izabrano je za potrebe ovog rada usled svoje popularnosti i rasprostranjenosti. U nastavku su razjašnjeni osnovni pojmovi.

Docker slike

Docker slike treba u startu shvatiti kao statički koncept koji se odnosi na vreme kompilacije (eng. build-time), za razliku od kontejnera koji je, kao što će u narednoj sekciji biti prikazano, koncept faze izvršavanja (eng. runtime). Docker slika predstavlja šablon za izgradnju virtuelnog okruženja specifične namene. Slika

kao krajnji proizvod sadrži sve potrebne module i zavisnosti jednog malog operativnog sistema namenjenog da rešava tačno onaj problem koji je zadat (najčešće neka linux distribucija). Iz tog razloga praksa je truditi se da Docker slike budu što manje veličine, kako bi i njihovo pokretanje koristilo što manje resursa ([25], poglavlje 6).

Na početku poglavlja pomenuto je kako je jedan od zadataka DevOps-a, između ostalog, uspostavljanje programabilnog infrastrukture za otpremanje i održavanje softverskog sistema. Način deklarisanja docker slika upravo se zasniva na programabilnosti. Definicije se drže u fajlovima koji se kolokvijalno imenuju *Dockerfile*, a isto tako se i u razgovoru nazivaju. Svaka linija u ovom fajlu čini jedan sloj (eng. layer) onog okruženja koja pravimo [25].

S tim u vidu, prilikom definisanja slike za pokretanje backend servera sistema STS u režimu za razvoj², pristupa se sledećim prirodnim rezonovanjem:

1. Potreban je Node.js
2. Potreban je CLI za okruženje `@nestjs`
3. Potrebno je instalirati sve pakete deklarisanе u fajlu `package.json`
4. Potrebno je prekopirati izvorni kôd
5. Potrebno je pokrenuti razvojni server

Jezik kojim se prave docker slike upravo je pravljen da što bliže oslika prirodni jezik opisivanja sistema, i prikazan je na 6.1.

Kako bi slika bila spremna za pokretanje, potrebno ju je izgraditi (eng. build). Ovu izgradnju je bolje shvatiti ne kao prevod na mašinski jezik, već kao prevod u medureprezentaciju koju je u stanju da izvršava docker engine. Docker CLI komandom, na primeru 6.2, gradi se slika sa odgovarajućom oznakom (eng. tag).

Primer 6.2: Izgradnja slike za backend deo STS aplikacije.

```
docker build -f
  services/api-main/docker/Dockerfile.development
  -t sts-api-local
  ./services/api-main
```

²O produkcionalnoj postavci biće reči kasnije.

Primer 6.1: Slika za backend server

```
FROM node:18-alpine3.16

# Basic setup
WORKDIR /app
ENV NODE_ENV=development

# Install nestjs cli
RUN npm i -g @nestjs/cli@9.3.0

# Install dependencies first to utilize build cache
COPY package*.json ./
RUN npm install

# Copy the sourcecode
COPY . .

# Start the development server
CMD ["npm", "run", "start:dev"]
```

Docker kontejneri

U svojoj osnovni kontejner je ništa drugo do jedna pokrenuta instanca docker slike, samim tim za razliku od statičke slike odnosi se na vreme izvršavanja ([25], poglavlje 7).

Nakon izgradnje moguće je pokrenuti datu sliku u vidu kontejnera, sa nekoliko dodatnih konfiguracija koje se sastoje od sledećeg:

- **Vezivanje portova.** Opcijom `-p` navodi se koji port kontejnera se vezuje za koji port domaćinskog operativnog sistema (eng. host OS). Ovo omogućava da aplikacija unutar kontejnera bude agnostična od zauzetosti portova.
- **Povezivanje sa fajl sistemom.** U lokalnom razvojnem okruženju potreban je izvorni kôd aplikacije, koji se može uvesti korišćenjem koncepta *docker volume*-a. Oni predstavljaju apstrakciju medijskih uređaja, ali u ovom slučaju koriste se za povezivanje određenih direktorijuma unutar kontejnera sa hostom³.

³Ovo se ostvaruje tehnologijom rsync. Detalji su izostavljeni, ali вреди napomenuti jer se u praksi često koristi izraz rsync kao glagol. Neretko se može čuti izraz da su dva foldera „rsync-ovana”.

Primer komande za pokretanje prikazan je u 6.3.

Primer 6.3: Pokretanje kontejnera

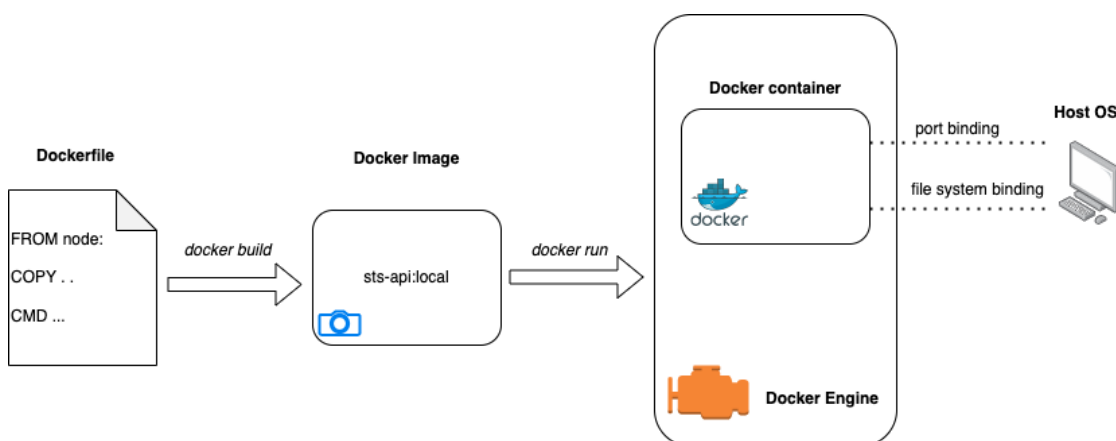
```
docker run
  sts-api-local
  -v ./services/api-main:/app
  -p 3000:3000
```

Orkestracija putem modula docker-compose

Proces prikazan u prethodne dve sekcije izgleda previše repetitivno i, još bitnije, deluje da se može automatizovati. Prikazani način razvoja doveo bi do konstantnog ponavljanja sledećih koraka:

1. Izgradi sve slike komandama `docker build`.
2. Pokreni sve kontejnere komandama `docker run`.

Pritom se uvek mora voditi računa da li se odgovarajući portovi dobro vezuju, da li se vezani odgovarajući fajlovi i slično. Dijagram ovog procesa prikazan je na slici 6.1. Čitav ovaj proces upravljanja stanjima kontejnera, njihovim pokretanjem i obaranjem, portovima i vezivanjem sa fajl sistemom podvodi se pod jedan sveobuhvatni pojam *orkestracije*.



Slika 6.1: Proces pokretanja kontejnera.

Postoje vrlo sofisticirani softverski sistemi za orkestraciju kontejnera, od kojih se neki pokreću primarno u oblaku⁴. Sistem STS nije dizajniran za cloud okruženja

⁴Primer takvog sistema je AWS ECS.

već za varijantu samostalnog hostovanja (eng. self-hosting)⁵. Zbog toga orkestrator docker-compose zadovoljava sve zahteve.

Skoro svi orkestratori zasnivaju se na konfiguraciji umesto na eksplicitnom programiranju ponašanja kontejnera (kao što je prvobitno urađeno koristeći `bash` skripte iz prethodnih sekcija). U slučaju docker-compose-a to se postiže pisanjem YAML fajlova. Konfiguracija u ovim fajlovima navodi koje sve servise sistem sadrži, koje slike koriste ili na koji način se izgrađuju, konfiguracije portova i vezivanja fajl sistema, promenljive okruženja i slično. Primer konfigurisanja backend i frontend servisa za lokalno okruženje dat je u 6.4.

Nakon ovakvog konfigurisanja čitavog sistema, upravljanje kompletnim okruženjem poprilično je jednostavno i može se postići sa nekoliko jednostavnih komandi prikazanih u 6.5.

⁵Jedna zanimljivost je da tokom pisanja ovog rada postoji veliki raskol u onlajn zajednicama programera: da li je bolje koristiti cloud rešenja ili samostalno hostovanje. Slična rasprava vodi se oko promovisanja monolitnih okruženja kao superiornih u odnosu na mikroservise, što nekima deluje kao vraćanje u prošlost.

Primer 6.4: docker-compose konfiguracija nekih razvojnih servisa.

```
services:
  api_main:
    container_name: api-main-local
    build:
      context: ./services/api-main
      dockerfile: ./docker/Dockerfile.development
    environment:
      MAIN_DB_USERNAME: ${MAIN_DB_USERNAME}
      MAIN_DB_PWD: ${MAIN_DB_PWD}
      JWT_SECRET: ${JWT_SECRET}
      FIREBASE_KEY_PATH: "/app/certificates/sts-firebase-key.json"
    ports:
      - "3001:3000"
    volumes:
      - "./services/api-main:/app"
    extra_hosts:
      - "host.docker.internal:host-gateway"

  ssr:
    container_name: ssr-local
    build:
      context: ./services/ssr
      dockerfile: ./docker/Dockerfile.development
    ports:
      - "3003:3000"
    environment:
      NODE_ENV: "development"
      NODE_TLS_REJECT_UNAUTHORIZED: "0"
    volumes:
      - "./services/ssr:/app/"
    extra_hosts:
      - "host.docker.internal:host-gateway"
```

Primer 6.5: docker-compose komande.

```
# Pokretanje svih servisa
docker-compose up -d

# Obaranje svih servisa
docker-compose down
```

Vredi napomenuti da docker-compose podržava i kompleksnije operacije kao što su skaliranje kontejnera⁶, koje su van okvira ovog rada. Ta činjenica ima za cilj da obeshrabri popularno mišljenje da se za bilo kakav ozbiljan rad sa kontejnerima mora odmah pribegavati naprednim sistemima kao što su *AWS ECS* ili *kubernetes*. Naravno da ti sistemi imaju svoju ulogu i veoma su moćni, ali njihovo preuranjeno korišćenje može doneti više štete nego koristi razvoju.

6.2 Reverzni proksi nginx

Uspostavljanjem docker-a kao sistema za pokretanje aplikacije rešen je jedan problem - izolacija okruženja. U ovom trenutku postoji pet servisa pokrenutih kroz različite kontejnere i povezane na različite portove⁷. Sledeće pitanje koje se prirodno nameće jeste kako korisnik pristupa veb sajtu i kako servisi komuniciraju jedni između drugih. Uzevši u obzir da se svi servisi pokreću na različitim portovima, bilo bi neodrživo da svaka komponenta sistema mora da zna na kojim portovima su ostale, a potpuno apsurdno da korisnik sajta mora da zna na kom portu je hostovan glavni veb-sajt (frontend).

Očigledna je potreba za pristupnom tačkom celog sistema za spoljašnji svet - jednom rečju potreban je **veb server**. Pri početku pogavlja 3 izričito je napomenuta razlika između veb servera i aplikativnog servera. Pod aplikativnim serverom podrazumeva se HTTP server u odgovarajućem veb okruženju (u ovom slučaju Next.js ili Nest.js) koji služi za obradu zahteva ili (u slučaju serverskog renderovanja) generisanje HTML-a. Ovi serveri treba da se bave isključivo svojim ulogama i da se ne brinu o stvarima kao što su provera SSL sertifikata, serviranje statičkih fajlova i slično. Navedeni zadaci, naravno uz još mnoge, potpadaju pod ulogu veb servera.

Tok korisničkog zahteva može se uprošćeno shvatiti na sledeći način, kao što je prikazano u [26]:

1. Korisnik pokuša da pristupi određenom resursu putem URL-a.
2. Zahtev prvo stiže do veb servera⁸. Ukoliko se koristi HTTPS, veb server vrši

⁶Uz propratne module kao što su docker-swarm.

⁷Servisi su: baza podataka, Nest.js server, Next.js server, ETL i streamlit.

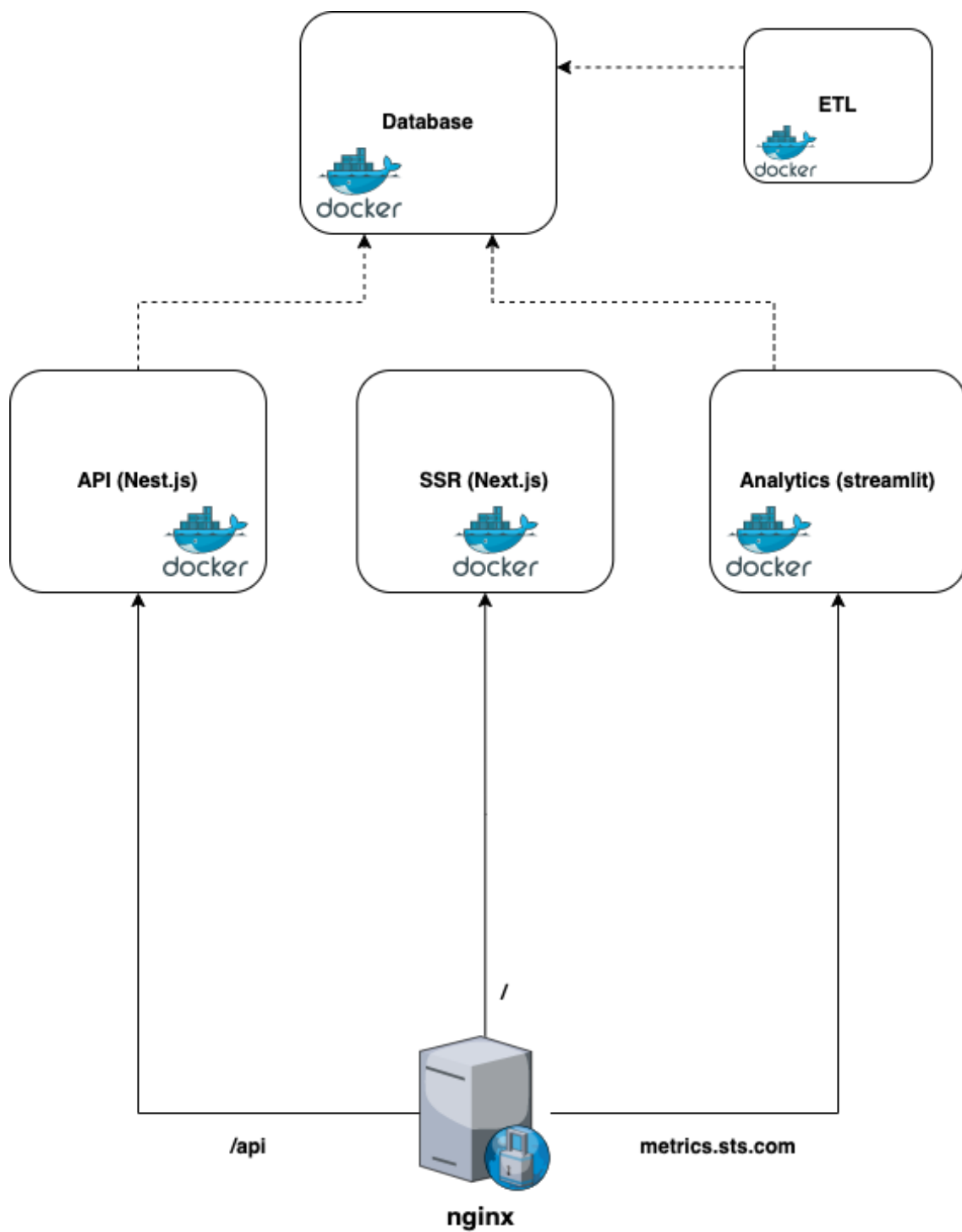
⁸Ukoliko se dodatno koristi mreža za dostavljanje sadržaja (eng. Content Delivery Network - CDN), recimo Cloudflare, onda bi zahtev tehnički prvo prošao kroz nju, ali svakako veb server treba da bude agnostičan od toga.

proveru sertifikata i bezbednosti konekcije.

3. U zavisnosti od URL-a, veb server odlučuje da li može sam da odgovori ili ne. Ukoliko može, na primer ako je zahtev za statičkim sadržajem kao što su slike, veb server odgovara i komunikacija se završava.
4. U suprotnom veb server delegira posao odgovarajućem aplikativnom serveru.

nginx [27] omogućava sve od navedenog. Kada se koristi za delegiranje zadataka aplikativnim serverima, onda se kaže da zauzima ulogu obrnutog ili reverznog proksija (eng. reverse proxy). Razlog takvog imenovanja jeste upravo u smeru prosleđivanja zahteva - klasičan proksi prosleđuje zahteve eksternim servisima, dok reverzni proksi prosleđuje zahteve „sam na sebe”.

Dijagram 6.2 prikazuje nacrt celog sistema.



Slika 6.2: Nacrt sistema.

6.3 Produkciono okruženje, višefazna izgradnja slika, DockerHub

Za kraj istaknute se male razlike između konfiguracije lokalnog okruženja, prikazanog u prethodnim sekcijama, i produkcionog, od čega je najveća razlika u docker slikama. Naime, u produkciji nema potrebe za otpremanjem izvornog kôda aplikacija, kao što se to radi u lokalnom okruženju⁹, već se u docker sliku mogu kopirati samo fajlovi neophodni za pokretanje.

Višefazna izgradnja

Na primer, u slučaju Nest.js API-a dovoljno je imati samo nekoliko fajlova i foldera:

- `node_modules` folder koji sadrži instalirane Node.js pakete.
- `dist` folder koji sadrži kompajliran produkcion kôd.
- `package.json` fajl za pokretanje skripti.

Izgradnja docker slika koje sadrže samo potrebne fajlove, i odbacuju sve što nije potrebno usput, postiže se korišćenjem višefaznih izgradnji (eng. multiphase build). Dockerfile se može organizovati u više faza, gde se iz svake faze kopiraju isključivo fajlovi koji su potrebni na samom kraju. Ovakav način izgradnje slika prikazan je u primeru 6.6.

⁹U lokalnom okruženju potreban je izvorni kôd kako bi promene u kôdu bile odmah vidljive, bez ikakve kompilacije ili izgradnje.

Primer 6.6: Višefazna izgradnja slike za API servis.

```
# Install deps
FROM node:18-alpine3.16 as deps
WORKDIR /app
COPY ./package.json ./
COPY ./package-lock.json ./
RUN npm ci

# Build
FROM node:18-alpine3.16 as builder
WORKDIR /app
COPY --from=deps /app/node_modules ./node_modules
COPY . .
RUN npm run build

# Run
FROM node:18-alpine3.16 as runner
WORKDIR /app
ENV NODE_ENV production
COPY --from=deps /app/node_modules ./node_modules
COPY --from=builder /app/package.json ./package.json
COPY --from=builder /app/dist ./dist
EXPOSE 3000
ENV PORT 3000
CMD ["node", "dist/main"]
```

DockerHub

Kao dodatno olakšanje za pokretanje produkcijske varijante sistema STS, slike se mogu otpremiti na DockerHub, koji predstavlja onlajn servis za pronalaženje i deljenje docker slika [28]. Besplatan plan koji nudi DockerHub, u trenutku pisanja ovog rada, omogućava hostovanje neograničeno mnogo javnih slika, što je više nego dovoljno za potrebe sistema STS.

S tim u vidu napravljene su produkcijske skripte, koje se nalaze u folderu `bin` u izvornom kôdu i bave se izgradnjom i otpremanjem produkcijskih slika. Primer ovih komandi prikazan je u 6.7.

Primer 6.7: docker-compose komande.

```
# Komanda za izgradnju API slike (fajl sts-build)
docker build -f
```

```
./services/api-main/docker/Dockerfile.production  
-t aleksakojadinovic/sts:api-latest  
./services/api-main
```

```
# Komanda za otpremanje slike (fajl sts-push)  
docker push aleksakojadinovic/sts:api-latest
```

Produkciona docker-compose konfiguracija sada ne mora uopšte zavisiti od postojanja Dockerfile-ova, već može direktno pokretati slike sa DockerHub-a. Na taj način postignuto je da na konačnom fizičkom¹⁰ serveru, na kom se pokreće sistem, nije potrebno niti imati izvorni kôd niti klonirati git repozitorijum izvornog kôda - docker-compose konfiguracija može se držati u zasebnom repozitorijumu. Ipak je sve obuhvaćeno u jednom repozitorijumu kako bi služio kao centralni izvor svega pokrivenog u radu.

¹⁰Fizička karakteristika servera je naglašena jer se podrazumeva prava instanca servera gde će se pokretati docker. Ipak pojam fizičkog servera i ovde treba uzeti sa rezervom jer su u oblaku i takvi serveri virtuelni samo na višem nivou. Svakako iz ugla korisnika smatraju se za fizičke servere.

Glava 7

Zaključak

Dostupne tehnologije za razvoj veb aplikacija su mnogobrojne i trendovi ukazuju na to da će ih biti sve više. Tehnološki stekovi (eng. tech stack) mogu se neformalno svrstati u dve grupe. Prva bi se sastojala od tradicionalnih ekosistema poput onih vezanih za jezik PHP¹ ili Javu², dok bi se u drugu mogli svrstati moderne Javascript biblioteke, od kojih su neke prikazane. Nije retka pojava izjednačavanje tradicionalnih okruženja sa kvalitetom i stabilnošću, i stav da se jedino u njima može pisati ozbiljan softver. Isto tako postoji i pogrešno verovanje u suprotnom smeru - novi Javascript ekosistemi označavaju se kao infantilni uprkos dugogodišnjem postojanju.

Cilj ovog rada je višestruk. Sa jedne strane služi da potvrdi činjenicu da je dobra infrastruktura i dizajn softvera agnostičan od konkretnih tehnologija. Druga svrha jeste prikaz kompletnog procesa razvoja složenog softverskog sistema u modernim tehnologijama, a pritom ne pribegavajući brzim rešenjima koja okruženja nude već prateći ustanovljene principe.

Već u prvom poglavlju dat je primer dizajna nerelacione baze podataka putem ER modela, koji se često vezuje čvrsto za relacione baze. Pritom je iskorišćen šablon Event Sourcing zarad povećanja fleksibilnosti kartica. Kasnije, uvođenjem okruženja NestJS i jezika `typescript`, a uz podršku paketa `mongoose`, implementacija principima domenskog dizajna omogućila je maksimalnu izolovanost slojeva. Razlika između osnovnog entiteta kroz tri sloja - infrastrukturni, domenski i API - demonstrira istinsku izolovanost komponenti i omogućava razmišljanje o izdva-

¹Uz koji često ide MySQL baza podataka, sa podrškom okruženja kao što je CodeIgniter, Symfony ili Laravel.

²Npr. okruženje Spring Boot.

janju u zasebne pakete, ili čak mikroservise.

Frontend svet je u trenutku pisanja raznovrsan i podeljen. Pojava da velika kompanija kao što je Vercel predvodi okruženje otvorenog kôda (Next.js) dovodi do toga da marketing i popularnost utiče direktno na šablone razvoja softvera³. Ovaj rad je iz tog ugla stremio da uzme najbolje iz oba sveta - iskorišćen je pun potencijal serverskog renderovanja Next.js-a, a uz podršku stabilnih ekosistemskih paketa poput redux-a.

Poglavlje o DevOps-u prikazuje moć Docker-a kao univerzalnog alata za izolaciju okruženja i otpremanje softvera. Za ogromne sisteme cloud rešenja koja nude veliki provajderi poput Amazona ili Google-a mogu biti dobar izbor, ali treba imati u vidu da kombinacija alata kao što su Docker i nginx mogu zadovoljiti većinu potreba.

Analitika može biti tema za zasebno istraživanje, ali je uspešno uspostavljena platforma za njen dalji razvoj.

Naravno, sistem STS, čija je implementacija dostupna javno na adresi https://github.com/aleksakojadinovic/master_rad, u obliku prikazanom u ovom radu ima očiglednih nedostataka. Najočigledniji nedostatak jesu testovi - jedinični testovi (eng. unit tests) bili bi krucijalan deo za garanciju kvaliteta softvera i deo procesa otpremanja. Zamerka se može ukazati i na infrastrukturi sloj bekenda i njegov strogi izbor pohlepnog učitavanja - neki sistemi omogućavaju odabir da li je učitavanje lenjo ili pohlepno na nivou entiteta. Nedostatak tipiziranja u frontendu, odnosno korišćenje čistog jezika **javascript**, stvar je izbora zarad izbegavanja kompleksnosti. Iz ugla osiguravanja podataka, automatske skripte za generisanje rezervnih kopija baze podataka bile bi neizostavan deo ozbiljnog softverskog sistema u produkciji, što se može postići kako manuelno tako i korišćenjem baza podataka u oblaku. Analitički servis, kao što je pomenuto, jeste minimalan i služi isključivo za demonstraciju takvih mogućnosti.

Sve u svemu, trenutna implementacija sistema STS čini solidnu osnovnu za dalji razvoj. Izolovanost komponenti omogućava i laku podelu poslova po timovima, kako bi svaki tim mogao da se fokusira na unapređenje pojedinačnih modula. Programski kôd u repozitorijumu može poslužiti i kao šablon za buduće projekte (eng. boilerplate) sa izborom istih tehnologija.

³Na primer, moguće je direktno se povezati na bazu podataka u Next.js-u i vršiti upite na bazi zahteva. Jasno je da ovde sprema između frontend dela aplikacije i baze podataka ogromna, a ipak se ovakav pristup reklamira kao poželjan u određenim Next.js kursevima.

Bibliografija

- [1] M. Gaedke and G. Gräf, “Development and evolution of web-applications using the webcomposition process model,” pp. 58–76, 01 2001.
- [2] Zendesk, “Zendesk.” <https://www.zendesk.com/>. Accessed: 2024-05-03.
- [3] OpenAI, “Openai gpt3.5 turbo.” <https://platform.openai.com/docs/models/gpt-3-5-turbo>. Accessed: 2024-05-03.
- [4] T. J. Teorey, *Database modeling and design*. The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems, Oxford, England: Morgan Kaufmann, 5 ed., Oct. 2005.
- [5] E. Evans, *Domain-driven design*. Boston, MA: Addison-Wesley Educational, Aug. 2003.
- [6] NestJs, “NestJS Documentation.” <https://docs.nestjs.com/>, 2023.
- [7] express.js, “Express.js Documentation.” <https://expressjs.com>, 2023.
- [8] Microsoft, “Microsoft Dotnet architecture,” 2023.
- [9] Mongoose, “Mongoose documentation.” <https://mongoosejs.com/docs/>, 2023.
- [10] tsautomapper, “@automapper/js documentation.” <https://automapperts.netlify.app/>, 2023.
- [11] M. Masse, *Rest api design rulebook*. O’Reilly Media, Inc.
- [12] K. Simpson, *You don’t know js: Scope & closures*. O’Reilly Media, Mar. 2014.
- [13] Vercel, “Next.js documentation.” <https://nextjs.org/docs>, 2023.
- [14] Remix, “Remix documentation.” <https://remix.run/docs/en/main>, 2023.

- [15] SvelteKit, “SvelteKit documentation.” <https://kit.svelte.dev/docs/introduction>, 2023.
- [16] React Team, “React documentation - components.” <https://react.dev/learn/your-first-component>, 2023.
- [17] Redux team, “RTKQ docs.” <https://redux-toolkit.js.org/rtk-query/overview>, 2023.
- [18] React Team, “React documentation - hooks.” <https://react.dev/learn#using-hooks>, 2023.
- [19] W3C, “Localization vs Internationalization.” <https://www.w3.org/International/questions/qa-i18n>, 2023.
- [20] FormatJS, “FormatJs Docs.” <https://formatjs.io/docs/react-intl/>, 2023.
- [21] A. Maheshwari, *Data Analytics Made Accessible*. Internet Archive, 2020.
- [22] StreamLit, “Streamlit docs.” <https://docs.streamlit.io/>. Accessed: 2024-01-03.
- [23] M. Courtemanche, E. Mell, and A. S. Gillis, “What is devops? the ultimate guide.” <https://www.techtarget.com/searchitoperations/definition/DevOps>. Accessed: 2023-12-23.
- [24] G. Kim, J. Willis, P. Debois, and J. Humble, *The DevOPS handbook*. Portland, OR: IT Revolution Press, Dec. 2016.
- [25] N. Poulton, *Docker deep dive*. July 2017.
- [26] AWS, “Web sever vs application server.” <https://aws.amazon.com/compare/the-difference-between-web-server-and-application-server/>. Accessed: 2023-12-30.
- [27] Nginx, “nginx documentation.” <https://nginx.org/en/docs/>. Accessed: 2023-12-30.
- [28] Docker, “Dockerhub docs.” <https://docs.docker.com/docker-hub/>. Accessed: 2023-12-30.

Biografija autora

Aleksa Kojadinović rođen je 1998. godine u Užicu, gde završava osnovno i srednje obrazovanje. Nakon toga upisuje informatički smer Matematičkog fakulteta u Beogradu. Osnovne studije završava 2021. godine, a odmah nakon diplomiranja upisuje master studije na istom smeru. U međuvremenu zapošljava se u kompaniji FishingBooker kao softverski inženjer, specijalizovan za Javascript tehnologije i veb infrastrukturu.