



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ
НАУКА У НОВОМ САДУ




Раде Пејановић

**СЛ алат за аутоматизовано
креирање локалних развојних
окружења**

ЗАВРШНИ РАД

Основне академске студије

Нови Сад, 2025

	УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ • ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА 21000 НОВИ САД, Трг Доситеја Обрадовића 6	Број:
	ЗАДАТАК ЗА ЗАВРШНИ РАД	Датум:

(Податке уноси предметни наставник - ментор)

Студијски програм:	Софтверско инжењерство и информационе технологије		
Студент:	Раде Пејановић	Број индекса:	SV10/2021
Степен и врста студија:	Основне академске студије		
Област:	Електротехничко и рачунарско инжењерство		
Ментор:	Милош Симић		
<p>НА ОСНОВУ ПОДНЕТЕ ПРИЈАВЕ, ПРИЛОЖЕНЕ ДОКУМЕНТАЦИЈЕ И ОДРЕДБИ СТАТУТА ФАКУЛТЕТА ИЗДАЈЕ СЕ ЗАДАТАК ЗА ЗАВРШНИ РАД, СА СЛЕДЕЋИМ ЕЛЕМЕНТИМА:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проблем – тема рада; - начин решавања проблема и начин практичне провере резултата рада, ако је таква провера неопходна; 			

НАСЛОВ ЗАВРШНОГ РАДА:


CLI алат за аутоматизовано креирање локалних развојних окружења

ТЕКСТ ЗАДАТКА:


<p>Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim aenean sit amet, congue massa eget. Aenean malesuada nunc vel risus, ornare cursus non commodo. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Donec velit neque, auctor sit amet aliquam vel, ullamcorper odio odio. Donec aliquam. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim aenean sit amet, congue massa eget. Aenean malesuada nunc vel risus, ornare cursus non commodo. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Donec velit neque, auctor sit amet aliquam vel, ullamcorper odio odio. Donec aliquam.</p>
--

Руководилац студијског програма:	Ментор рада:

Примерак за: <input type="checkbox"/> - Студента; <input type="checkbox"/> - Ментора
--

	УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ • ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА 21000 НОВИ САД, Трг Доситеја Обрадовића 6	
	КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА	

Редни број, РБР:		
Идентификациони број, ИБР:		
Тип документације, ТД:		Монографска документација
Тип записа, ТЗ:		Текстуални штампани материјал
Врста рада, ВР:		Дипломски - бечелор рад
Аутор, АУ:		Раде Пејановић
Ментор, МН:		Др Милош Симић, доцент
Наслов рада, НР:		CLI алат за аутоматизовано креирање локалних развојних окружења
Језик публикације, ЈП:		српски/хирилица
Језик извода, ЈИ:		српски/енглески
Земља публиковања, ЗП:		Република Србија
Уже географско подручје, УГП:		Војводина
Година, ГО:		2025
Издавач, ИЗ:		Ауторски репринт
Место и адреса, МА:		Нови Сад, трг Доситеја Обрадовића 6
Физички опис рада, ФО: (поглавља/страна/ цитата/табела/слика/графика/прилога)		5/23/6/0/4/0/2
Научна област, НО:		Електротехничко и рачунарско инжењерство
Научна дисциплина, НД:		Примењене рачунарске науке и информатика
Предметна одредница/Кључне речи, ПО:		Шаблон, завршни рад, упутство
УДК		
Чува се, ЧУ:		У библиотеци Факултета техничких наука, Нови Сад
Важна напомена, ВН:		
Извод, ИЗ:		Овај документ представља упутство за писање завршних радова на Факултету техничких наука Универзитета у Новом Саду. У исто време је и шаблон за Turpst.
Датум прихватања теме, ДП:		
Датум одбране, ДО:		01.01.2025
Чланови комисије, КО:	Председник:	Др Петар Петровић, ванредни професор
	Члан:	Др Марко Марковић, доцент
	Члан:	
	Члан, ментор:	Др Милош Симић, доцент
		Потпис ментора

	UNIVERSITY OF NOVI SAD • FACULTY OF TECHNICAL SCIENCES 21000 NOVI SAD, Trg Dositeja Obradovića 6	
	KEY WORDS DOCUMENTATION	
Accession number, ANO :		
Identification number, INO :		
Document type, DT : Monographic publication		
Type of record, TR : Textual printed material		
Contents code, CC :		
Author, AU : Rade Pejanović		
Mentor, MN : Igor Dejanović, Phd., asist. professor		
Title, TI : CLI tool for automated creation of local development environments		
Language of text, LT : Serbian		
Language of abstract, LA : Serbian/English		
Country of publication, CP : Republic of Serbia		
Locality of publication, LP : Vojvodina		
Publication year, PY : 2025		
Publisher, PB : Author's reprint		
Publication place, PP : Novi Sad, Dositeja Obradovica sq. 6		
Physical description, PD : <small>(chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)</small> 5/23/6/0/4/0/2		
Scientific field, SF : Electrical and Computer Engineering		
Scientific discipline, SD : Applied computer science and informatics		
Subject/Key words, S/KW : Template, thesis, tutorial		
UC		
Holding data, HD : The Library of Faculty of Technical Sciences, Novi Sad		
Note, N :		
Abstract, AB : This document provides guidelines for writing final theses at the Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad. At the same time, it serves as a Typst template.		
Accepted by the Scientific Board on, ASB :		
Defended on, DE : 01.01.2025		
Defended Board, DB :	President:	Petar Petrović, Phd., assoc. professor
	Member:	Marko Marković, Phd., asist. professor
	Member:	Menthor's sign
	Member, Mentor:	Igor Dejanović, Phd., asist. professor



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ • ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
21000 НОВИ САД, Трг Доситеја Обрадовића 6

ИЗЈАВА О НЕПОСТОЈАЊУ СУКОБА ИНТЕРЕСА

Изјављујем да нисам у сукобу интереса у односу ментор – кандидат и да нисам члан породице (супружник или ванбрачни партнер, родитељ или усвојитељ, дете или усвојеник), повезано лице (крвни сродник ментора/кандидата у правој линији, односно у побочној линији закључно са другим степеном сродства, као ни физичко лице које се према другим основама и околностима може оправдано сматрати интересно повезаним са ментором или кандидатом), односно да нисам зависан/на од ментора/кандидата, да не постоје околности које би могле да утичу на моју непристрасност, нити да стичем било какве користи или погодности за себе или друго лице било позитивним или негативним исходом, као и да немам приватни интерес који утиче, може да утиче или изгледа као да утиче на однос ментор-кандидат.

У Новом Саду, дана _____

Ментор

Кандидат

Садржај

1	Увод	1
2	Теоријске основе и постојећа истраживања	3
2.1	Теоријски концепти релевантни за разумевање решења	3
2.2	Технологије коришћене у решењу	6
2.3	Постојећа решења и истраживања	6
3	Архитектура система	7
4	Имплементација система	9
5	Закључак	11
	Списак слика	13
	Списак листинга	15
	Списак коришћених скраћеница	17
	Списак коришћених појмова	19
	Биографија	21
	Литература	23

Савремени софтверски системи све чешће користе дистрибуирану архитектуру и микросервисе. Више независних компоненти међусобно комуницира ради остваривања заједничке функционалности. Свака компонента система је развијана и тестирана у сопственом окружењу које је конфигурисано за њене потребе. Окружење представља:

- одређену дистрибуцију и верзију оперативног система (*operating system*, OS)
- предефинисан сет системских променљивих (*environment variables*)
- скуп зависности (*dependencies*) неопходних за исправно функционисање компоненте

Како би се спречиле интерференције између компоненти, односно верзија њихових зависности и подешавања системских променљивих, потребно их је изоловати. Изолација омогућава паковање компоненте у сопствено окружење у коме је гарантовано њено исправно функционисање без интерференције остатка система. Изолација се постиже на два начина:

- физичка, где свака компонента система ради на посебној физичкој машини
- логичка, где више виртуелних машина дели једну физичку, а свака виртуелна машина представља појединачну компоненту система

Физичка изолација је непрактична и финансијски неисплатива. Логичка изолација омогућава бољу расподелу ресурса и економичније коришћење хардвера. Најчешће се постиже кроз виртуелизацију, која омогућава покретање више независних окружења на једној физичкој машини. Та окружења могу бити виртуелне машине (*virtual machines*, VMs), које емулирају цео оперативни систем и хардвер, или контејнери (*containers*), који виртуелизују само оперативни систем и омогућавају брже и лакше покретање апликација са свим зависностима. Ручно покретање и конфигурисање више виртуелних окружења за сложене системе је дуготрајно и подложно грешкама.

Како би се овај процес поједноставио и верзионисао, користи се концепт инфраструктуре као кода (*Infrastructure as Code*, IaC). Конфигурација окружења се описује декларативно (нпр. YAML или JSON). То омогућава аутоматизовано креирање, управљање и репродукцију развојних окружења. Овакви приступи смањују време потребно за постављање окружења и повећавају поузданост процеса развоја и тестирања.

Циљ овог рада је развој алата који омогућава једноставно креирање и управљање локалним развојним окружењима применом принципа IaC. Алат аутоматизује:

- покретање контролне равни (*control plane*, CP) на матичној машини (*host machine*)
- покретања више виртуелних машина, њихово умрежавање и управљање животним циклусом (креирање, покретање, паузирање, гашење и брисање)
- подешавање окружења инсталацијом потребних зависности и конфигурисања системских променљивих
- удаљено покретање и заустављање дефинисаних сервиса на виртуелним машинама

На овај начин се убрзава процес припреме окружења за развој и тестирање, смањује могућност грешке и обезбеђује доследност окружења на различитим системима.

Глава 2

Теоријске основе и постојећа истраживања

Ово поглавље описује основне теоријске концепте неопходне за разумевање решења (поглавље 2.1), технологије коришћене у решењу (поглавље 2.2) и постојећа решења и релевантна истраживања (поглавље 2.3)

2.1 Теоријски концепти релевантни за разумевање решења

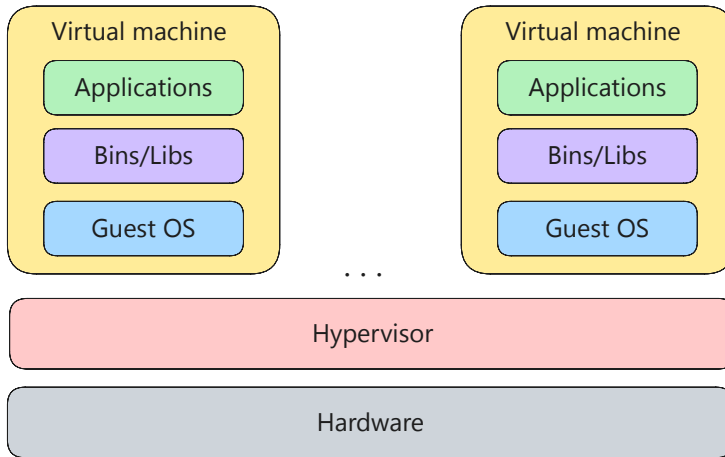
2.1.1 Виртуелизација

Виртуелизација је технологија која омогућава креирање више независних логичких окружења на једној физичкој машини. Омогућава да се један физички рачунар „подели“ на више изолованих система који функционишу као да имају сопствене ресурсе. Основни системски ресурси који се виртуелизују су процесор (CPU), меморија (RAM), складиште (*storage*) и мрежни интерфејси (*network interfaces*) [1]. Основни концепти виртуелизације су виртуелне машине (*virtual machine*, VM) и хипервизори (*hipervisors*).

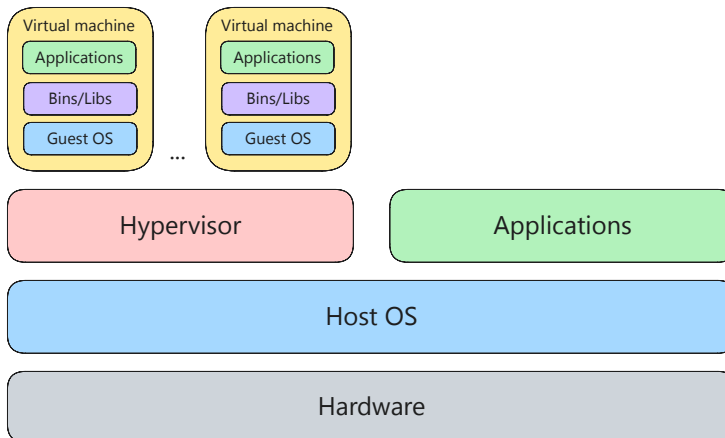
Виртуелна машина представља софтверски дефинисано изоловано окружење са сопственим оперативним системом, меморијом, процесором и мрежним интерфејсима. Ресурси виртуелне машине (*guest machine*) се добијају од физичке машине (*host machine*), али су логички издвојени тако да њихово окружење функционише независно од других виртуелних машина [2].

Хипервизор, познат и као менаџер виртуелних машина (*virtual machine monitor*, VMM), представља софтвер који омогућава деобу физичких ресурса рачунара на више виртуелних окружења. Он управља креирањем, доделом ресурса и радом виртуелних машина. Посредује између физичког хардвера (*host*) и виртуелних система (*guests*) који користе његове ресурсе.

Постоје две врсте хипервизора. Тип 1 (*native, bare-metal*) на слици 1, инсталира се директно на хардвер уместо оперативног система. Ресурси виртуелних машина директно се мапирају на хардвер. Овај тип је популаран у ентерпрајз окружењима и серверским системима. Тип 2 (*hosted*) на слици 2, инсталира се као апликација на постојећи *host* оперативни систем. Ресурси и инструкције виртуелних машина најпре се мапирају на *host* оперативни систем који их потом прослеђује хардверу [1], [2].



Слика 1: Хипервизор тип 1 (*native, bare-metal*).



Слика 2: Хипервизор тип 2 (*hosted*).

Бенефити виртуализације [3] се огледају у:

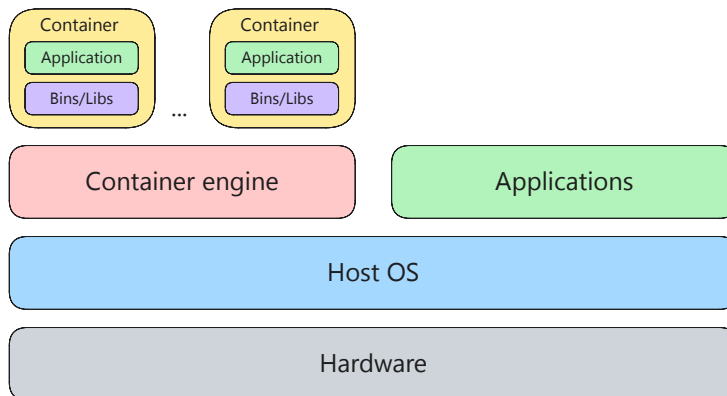
- смањењу потребне физичке инфраструктуре
- смањењу времена неисправности (*downtime*), у случају неке катастрофе или неочекиваног гашења физичког рачунара, виртуализована окружења се лакше и брже премештају и постављају на друге физичке машине
- повећању ефикасности и продуктивности тимова који одржавају инфраструктуру
- једноставнијем тестирању и креирању тест окружења која су идентична продукционим
- еколошком унапређењу и штедњи електричне енергије

2.1.2 Контејнеризација

Контејнеризација представља технологију која омогућава покретање апликација у изолованим окружењима под називом контејнери (*containers*). За разлику од виртуелних машина, које емулирају цео хардвер и покрећу сопствени оперативни систем, контејнери деле језгро (*kernel*) *host* оперативног система и користе заједничке системске ресурсе, али су логички изоловани један од другог. Оваква архитектура омогућава значајно мању потрошњу ресурса, брже покретање и лакше распоређивање апликација у различитим окружењима.

Контејнер је стандардизована јединица софтвера која обједињује апликацију и све њене зависности, библитеке, конфигурационе датотеке и системске променљиве у један преносиви пакет. Захваљујући томе, апликација ће се понашати исто без обзира на то да ли се извршава на локалном рачунару, серверу у дата центру или у облаку.

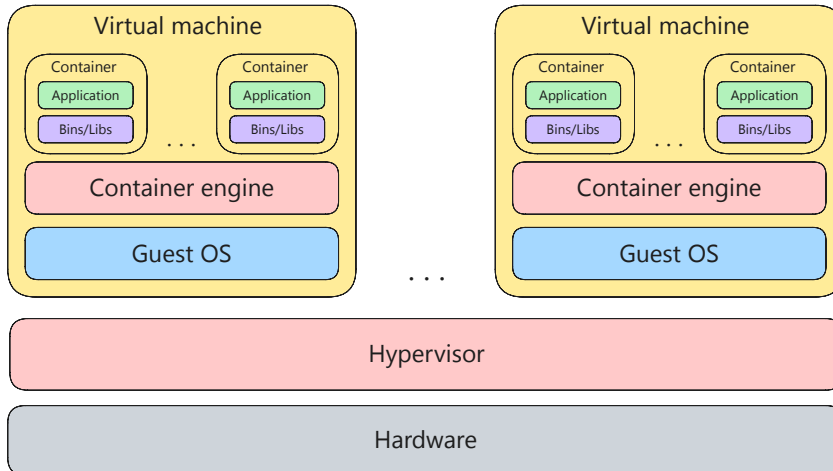
Главна предност контејнеризације у односу на класичну виртуелизацију јесте њена ефикасност. Будући да се више контејнера може покретати на једном оперативном систему без потребе за додатним хипервизором, трошак меморије и процесорских ресурса је знатно мањи, а време покретања апликација драстично краће. Сваки контејнер се извршава као посебан процес у корисничком простору (*user space*), док све виртуелне машине захтевају покретање комплетног оперативног система, што их чини знатно „тежим“ и споријим. Овакав приступ омогућава већу густину апликација по систему и једноставније оркестрирање [4].



Слика 3: Контејнеризација.

Иако представљају различите технологије, контејнери и виртуелне машине се често користе заједно, јер се њихове предности међусобно допуњују. Виртуелне машине обезбеђују пуну изолацију и сигурност на нивоу хардвера, док контејнери пружају брзину, лакоћу распоређивања и скалабилност апликација. Комбинова-

њем ова два приступа (слика 4) могуће је покретати више контејнеризованих апликација унутар једне виртуелне машине, чиме се постиже већа флексибилност, боља искоришћеност ресурса и лакше управљање у хетерогеним или мулти-клауд окружењима.



Слика 4: Комбинација виртуелних машина и контејнера.

2.1.3 Инфраструктура као код (IaC)

- kratka definicija sta je
- koje dve vrste postoje
- kako doprinosi ovom prethodnom delu

2.1.4 Микро облак (*Micro Cloud*)

Ово је проба додавања референце [\[1\]](#), [\[2\]](#), [\[5\]](#), [\[6\]](#)

2.2 Технологије коришћене у решењу

2.3 Постојећа решења и истраживања

Глава 3

Архитектура система

Глава 4

Имплементација система

Глава 5

Закључак

У закључку дајте кратак преглед онога шта урађено, са освртом на проблеме који су решени, предности и мане решења и правце даљег развоја.

Списак слика

Слика 1	Хипервизор тип 1 (<i>native, bare-metal</i>)	4
Слика 2	Хипервизор тип 2 (<i>hosted</i>)	4
Слика 3	Контејнеризација	5
Слика 4	Комбинација виртуелних машина и контејнера	6

Списак листинга

Списак коришћених скраћеница

Скраћеница	Опис
API	Application Programming Interface (апликациони програмски интерфејс)
AWS	Amazon Web Services (Амазон веб сервиси)
CI/CD	Continuous Integration / Continuous Delivery (континуирана интеграција / континуирана испорука)
CORS	Cross-Origin Resource Sharing (размена ресурса између извора и дестинације различитог порекла)
CSS	Cascading Style Sheets (језик за описивање стилова)
DOM	Document Object Model (објектни модел документа)
DTO	Data Transfer Object (објекат за пренос података)
HTTP	HyperText Transfer Protocol (протокол за пренос хипертекста)
JSON	JavaScript Object Notation (формат за размену података)
JWT	JSON Web Token (сигурносни токен заснован на JSON формату)
RLS	Row-Level Security (сигурност на нивоу реда)
REST	Representational State Transfer (скуп правила за комуникацију између клијента и сервера)
RPC	Remote Procedure Call (позив удаљене процедуре)
SQL	Structured Query Language (структурирани упитни језик)
TLS	Transport Layer Security (безбедност транспортног слоја)
UML	Unified Modeling Language (језик за моделовање дијаграма)
URL	Uniform Resource Locator (јединствени идентификатор и локатор ресурса)
UI	User Interface (кориснички интерфејс)
UUID	Universally Unique Identifier (универзално јединствени идентификатор)
WAL	Write-Ahead Logging (записивање операција унапред)

Списак коришћених појмова

Појам	Објашњење
Асинхрони рад	Рад који се изводи независно од главног тока извршавања, омогућавајући наставак других операција без чекања на његов завршетак.
Bucket (S3)	Логичка јединица за складиштење у AWS S3 сервису, која организује фајлове у облаку.
Read-Only	Режим рада у коме су подаци само за читање, без могућности измене.
Cross-platform	Способност софтвера да се извршава на више различитих оперативних система из истог кода.
Connection pool	Механизам за управљање и поновну употребу веза са базом података како би се побољшале перформансе апликације.

Биографија

Раде Пејановић рођен је 2002. године у Новом Саду. Првих шест разреда основне школе завршио је у ОШ „Јован Дучић“ у Петроварадину, а преостала два у ОШ при Гимназији „Јован Јовановић Змај“ у Новом Саду. Паралелно је похађао и нижу музичку школу „Јосип Славенски“ у Новом Саду, одсек кларинет.

Средњошколско образовање наставио је у Гимназији „Јован Јовановић Змај“ на смеру за ученике са посебним способностима за физику. За изузетан успех у основној и средњој школи добио је Вукову диплому.

Факултет техничких наука у Новом Саду, смер Софтверско инжењерство и информационе технологије, уписао је 2021. године и успешно завршио све испите предвиђене студијским програмом.

Овим радом завршава основне академске студије на Факултету техничких наука у Новом Саду.

Литература

- [1] R. Hat, „What is Virtualization?“. Приступљено: 05. Новембар 2025. [На Интернету]. Доступно на <https://www.redhat.com/en/topics/virtualization/what-is-virtualization>
- [2] AWS, „What is Virtualization?“. Приступљено: 05. Новембар 2025. [На Интернету]. Доступно на <https://aws.amazon.com/what-is/virtualization/>
- [3] J. Shamir, „The Benefits of Virtualization“. [На Интернету]. Доступно на <https://www.ibm.com/think/insights/virtualization-benefits>
- [4] Docker, „What is a Container?“. Приступљено: 05. Новембар 2025. [На Интернету]. Доступно на <https://www.docker.com/resources/what-container/>
- [5] I. Buchanan, „Containers vs Virtual Machines“. Приступљено: 05. Новембар 2025. [На Интернету]. Доступно на <https://www.atlassian.com/microservices/cloud-computing/containers-vs-vms>
- [6] S. Susnjara и I. Smalley, „What Is Containerization?“. [На Интернету]. Доступно на <https://www.ibm.com/think/topics/containerization>