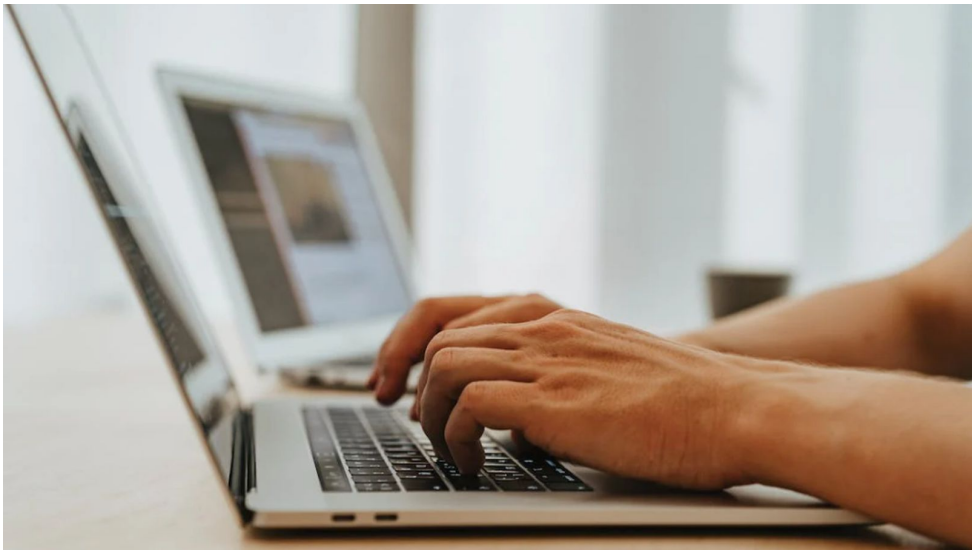
SŠPU
STŘEDNÍ ŠKOLA PRŮMYSLOVÁ
A UMĚLECKÁ, OPAVA

ZÁVĚREČNÁ STUDIJNÍ PRÁCE

dokumentace

CTF systém v Kubernetes



Autor: Jan Stránský

Obor: 18-20-M/01 INFORMAČNÍ TECHNOLOGIE
se zaměřením na počítačové sítě a programování

Třída: IT4

Školní rok: 2024/25

Poděkování

Rád bych poděkoval pánům učitelům Ing. Petru Grussmannovi a Mgr. Marku Lučnému za jejich pomoc s projektem, jelikož mi poskytovali cenné rady a připomínky.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci vypracoval samostatně a uvedl veškeré použité informační zdroje.

Souhlasím, aby tato studijní práce byla použita k výukovým a prezentačním účelům na Střední průmyslové a umělecké škole v Opavě, Praskova 399/8.

V Opavě 1. 1. 2025

. . . . . .

Podpis autora

Abstrakt

Výsledkem tohoto projektu je funkční systém pro spouštění a vytváření úloh CTF typu v systému Kubernetes běžícím na školní síti s dostatečnou mírou zabezpečení. Aplikace zahrnuje registraci a přihlašování uživatelů, zapínání nových úloh a následně jejich vypínání. Hlavní částí tohoto projektu je komunikace se systémem Kubernetes, který se využívá ve vysoce škálovaných produkčních prostředích. Uživatel s aplikací může komunikovat skrz poskytnuté webové prostředí, ale může komunikovat i přímo s poskytnutou API. Dále si tento projekt klade za cíl umožnit studentům se lépe seznámit s určitými možnostmi v oblasti IT formou hry (CTF) jako to dělají služby jako např. TryHackMe nebo HackTheBox.

Klíčová slova

CTF, Kubernetes, FastAPI, webová aplikace

Abstract

Keywords

Template, LaTeX, High school proffessional activity, ...

Obsah

Úvod

Mým cílem v této práci bylo sestavit škálovatelný software, který by nad prostředím Kubernetes vytvářet a spravovat kontejnery pro soutěž typu CTF (Capture The Flag). Zároveň bylo cílem, aby se tento software dal nasadit i v prostředí s nízkým oprávněním a aby ho šlo škálovat díky architektuře mikroslužeb.

Hlavní motivací bylo pochopení funkce a komunikace v rámci aplikací s formátem typu mikroslužeb místo monolitických aplikací a zlepšení svých dovedností v oblasti prostředí Kubernetes.

Zvláštní zaměření bylo na backendovou část API a na zabezpečení celého systému.

1 Backend mikroslužby

1.1 Úvod

V této kapitole se seznámíme s tím, co mikroslužby jsou a s jednotlivými mikroslužbami použitými v API částí tohoto projektu. Všechny tyto mikroslužby jsou napsány v jazyce Python s použitím

Tyto mikroslužby jsou:

- Router
- Auth
- Lister
- Deployer
- Deleter
- Flag-submitter

1.2 Router

Tato mikroslužba je zodpovědná za směrování požadavků na správné mikroslužby a veškeré požadavky na API putují skrz ni, díky čemuž se dá využít globální modifikace, monitorování a logování požadavků. Kvůli tomuto účelu tato služba nepotřebuje žádné privilegované přístupy do ostatních částí systému. Jednou z částí této mikroslužby je i zajištění přesunu JWT tokenu z cookie do hlavičky požadavku, aby se dala API používat jak z webového frontendu, tak i z jiných aplikací.

Tato mikroslužba zároveň funguje jakožto filtr nevalidních typů požadavků (dále posílá pouze požadavky typu GET, POST, PUT a DELETE, ostatní jsou zahozeny s chybovou hláškou)

1.3 AUTH

Tato mikroslužba je zodpovědná za registraci uživatele a vytvářením jeho záznamu v databázi PostgreSQL.

Tato služba je jediná, která má přístup k privátnímu klíči používaného k podepisování tokenů algoritmem RS256. Dále je také zodpovědná za ověření přihlašovacích údajů uživatele a vytvoření JWT tokenu, který se následně používá pro ověření uživatele v ostatních částech systému. Tato služba má přístup k databázi PostgreSQL.

Tato služba má tři API endpointy:

- POST /register
- POST /login
- GET /health

kde první dva slouží k registraci a přihlášení uživatele a třetí slouží k zjištění stavu služby, primárně kvůli liveness a readiness HTTP checku v Kubernetes při chybě nebo při čekání na databázi.

1.4 LISTER

Účel mikroslužby Lister je umožnění uživatelům získat informace o všech dostupných úlohách a jejich stavech. Dále tato služba umožňuje získat data o právě aktivních úlohách uživatele a získání detailních informací o těchto úlohách.

Tato mikroslužba potřebuje přístup k Redis a PostgreSQL databázím.

Tato služba má čtyři API endpointy:

- GET /
- GET /running
- GET /running/id
- GET /health

kde první endpoint vrací veškeré dostupné úlohy a nepotřebuje žádné přihlášení, zatímco druhý a třetí endpoint vrací informace o právě běžících úkolech uživatele, tudíž vyžadují token, s tím, že třetí vrací i detailní informace o tomto úkolu.

1.5 Deployer

Tato mikroslužba zajišťuje zapínání úkolů uživatele v systému Kubernetes a zapsání informací o této běžící službě do databáze Redis, čímž zpřístupní tato data službě Lister.

Jednotlivé úkoly jsou v Kubernetes spuštěné jakožto pody v namespace daným uživatelem, což je také jeden z důvodů užívání samostatného Kubernetes clusteru (ať už opravdového nebo vcluster) pro tyto studentské stroje - ServiceAccount spojený s tímto projektem musí mít jak práva na vytváření nových podů, tak vytváření nových namespace.

Tato služba vyžaduje přístup k Redis a PostgreSQL databázím a ke Kubernetes API.

Tato služba má dva API endpointy:

- POST /
- GET /health

kde základní endpoint vyžaduje JSON data s `challenge_id` klíčem. Dále tento endpoint potřebuje přístup k tokenu.

1.6 Deleter

Tato mikroslužba umožňuje vypínat (mazat) již vytvořené úkoly uživatele a to jak v Redis databázi, tak jejich instance běžící v systému Kubernetes.

Tato služba vyžaduje přístup k Redis databázi a ke Kubernetes API.

Tato služba má dva API endpointy:

- DELETE /id
- GET /health

kde endpoint `/{id}` vyžaduje id úkolu, který uživatel chce vypnout a JWT token uživatele.

1.7 Flag-submitter

Tato mikroslužba umožňuje odevzdávat řešení jednotlivých úkolů (vlajky).

Tato služba vyžaduje přístup k PostgreSQL databázi.

Tato služba má dva API endpointy:

- POST /flag_id
- GET /health

kde endpoint `/{flag_id}` vyžaduje v těle požadavku string `flag` a token uživatele.

2 FRONTEND

Frontend je napsaný pomocí Vite React templatu a umožňuje uživatelům interagovat s jedntlivými částmi API.

3 ADMINISTRÁTORSKÁ SEKCE

Sekce pro správce ještě není vytvořená, ale bude umožňovat administrátorovi přidávat nové úlohy nahráváním Kubernetes manifestů a umožní správci sledovat stav uživatelské části stránky (např. počet zapnutých úkolů).

ZÁVĚR

Cílem práce je webová aplikace a REST API pro práci s CTF systémem postaveným na platformě Kubernetes.

Aplikace je zálohavaná na GitHubu na adrese https://github.com/jan1s2-maturita