Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Villamosmérnöki és Informatikai Kar
Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

Istio operator CLI fejlesztése

Szakdolgozat

Készítette
Csepi Árpád

Konzulens
dr. Farkas Károly
Gyurácz Kristóf

2023. június 9.

SZAKDOLGOZAT FELADAT

Csepi Árpád
üzemmérnök-informatikus hallgató részére

Istio Operator CLI fejlesztése, bővítése

Az Istio egy nyílt platform mikroszolgáltatások összekapcsolására, kezelésére és biztonságossá tételére, így egyre inkább a Kubernetes szolgáltatáshálók kiépítésének szabványává válik. Az Istio számos összetevőre és meglehetősen összetett telepítési sémára épül, amely összetevők telepítése, frissítése és működtetése a platform alapos ismeretét igényli.

A Cisco által fejlesztett Istio Operator célja, hogy ezeket a feladatokat automatizálja, egyszerűsítse, és lehetővé tegye a népszerű szolgáltatásháló használati eseteket – mint például a multi cluster összevonás, több átjáró támogatása vagy erőforrás-egyeztetés – egyszerű, magasabb szintű absztrakciók bevezetésével.

A hallgató feladata egy parancssori (CLI) felület fejlesztése és bővítése a Cisco Istio Operator szoftverhez Go nyelven, valamint a felület integrálása a meglévő istio-operator projektbe. A hallgató feladatának a következőkre kell kiterjednie:

- Igazodva a meglévő projekt struktúrájához adaptálja a korábban létrehozott CLI felületet, és bővítse annak funkcionalitását multi-cluster telepítési lehetőséggel;
- Fejlesszen a CLI-hez teszteket a már meglévő és az újonnan fejlesztett funkciók tesztelésére, és ezeket integrálja a meglévő CLI rendszerhez;
- Dokumentálja a CLI működését, valamint a tesztek eredményét.

Egyetemi témavezető: Dr. Farkas Károly, egyetemi docens, BME-VIK HIT tanszék

Ipari konzulens: Gyurácz Kristóf, Software engineer, Cisco Systems Magyarország Kft.

Budapest, 2023. február 1.

Dr. Imre Sándor
egyetemi tanár
tanszékvezető

Témavezetői vélemények:

Egyetemi témavezető: □ Beadható, □ Nem beadható, dátum: aláírás:

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Villamosmérnöki és Informatikai Kar
Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

1117. Budapest, Magyar tudósok körútja 2. I. Ép. B. 121.
Telefon: 463-3261 Fax: 463-3263
URL: http://www.hit.bme.hu

Tartalomjegyzék

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott *Csepi Árpád*, szigorló hallgató kijelentem, hogy ezt a szakdolgozatot meg nem engedett segítség nélkül, saját magam készítettem, csak a megadott forrásokat (szakirodalom, eszközök stb.) használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint, vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem.

Hozzájárulok, hogy a jelen munkám alapadatait (szerző(k), cím, angol és magyar nyelvű tartalmi kivonat, készítés éve, konzulens(ek) neve) a BME VIK nyilvánosan hozzáférhető elektronikus formában, a munka teljes szövegét pedig az egyetem belső hálózatán keresztül (vagy autentikált felhasználók számára) közzétegye. Kijelentem, hogy a benyújtott munka és annak elektronikus verziója megegyezik. Dékáni engedéllyel titkosított diplomatervek esetén a dolgozat szövege csak 3 év eltelte után válik hozzáférhetővé.

Budapest, 2023. június 9.

Csepi Árpád
hallgató

Kivonat

Ennek a szakdolgozatnak a célja, hogy ismertesse a mai világ nélkülözhetetlen felhő-alapú számítástechnikai rendszerek automatizált telepítését, menedzselését és működését a Kubernetes szoftver segítségével, illetve ingyenes és nyílt forráskodú megoldást kínáljon ezekre.

Az automatizált telepítés és klaszterek összekapcsolásának segítésére készítettem egy konzolos applikációt Go programozási nyelv segítségével. Ez a felhasználóbarát megoldás elősegíti, hogy több a téma iránt érdeklődő embereknek nyújtson egy eszközt, ami könnyen használható, átlátható és módosítható.

A szakdolgozatom első szakaszában ismertetem azoknak a technológiáknak a hátterét, melyekre a program működésének megértéséhez szükség van.

Ezután bemutatom a programom tervezésének folyamatát, majd részletesen leírom az elkészített program szerkezeti felépítését és működését. Itt rávilágítok a program megvalósított funkcióira, a moduláris felépítésére, kiemelve a modulok legfontosabb részleteit. Bemutatom a tesztelési módszereket és dokumentálom az eredményeit.

A szakdolgozat végén összegzem a tanulságokat, elért eredményeket és további lehetséges fejlesztési lehetőségeket vázolok fel.

Abstract

The purpose of this thesis is to describe the automated deployment, management and operation of cloud computing systems that are essential in today's world using Kubernetes software, and to provide a free and open-source solution for these.

To help with automated deployment and cluster attaching, I created a console application using the Go programming language. This user-friendly solution helps to provide several people interested in the topic with a tool that is easy to use, transparent and modifiable.

In the first section of my thesis, I will describe the background of the technologies that are needed to understand how the program works.

Then I will describe the process of designing my program and describe in detail the structure and operation of the program I have created. Here I will highlight the implemented features of the program, its modular structure, highlighting the most important details of the modules. I will present the testing methods and document the results.

At the end of the thesis, I summarise the lessons learned, the results achieved and outline further possible improvements.

1. fejezet

Bevezetés

A mai rohanó világban a modern alkalmazások egyre összetettebbé válnak, így felosztjuk kisebb részekre. Ezek a mikroszolgáltatások egy elosztott architektúrára épülnek, amelyek különböző platformokon és környezetekben futnak. Ez a komplexitás olyan kihívásokat hoz magával, mint a szolgáltatások közötti kommunikáció kezelése, biztonságának biztosítása és az egyes szolgáltatások teljesítményének felügyelete. Az Istio Service Mesh termék ezeket a kihívásokat segíti áthidalni olyan funkciókkal amelyek egyszerűsítik a mikroszolgáltatás-alapú alkalmazások és klaszterek kezelését.

Cisco által fejlesztett Istio operátor Calisti Service Mesh Manager (későbbiekben Calisti) termék része, mely felhasználóbarát telepítést, klaszter menedzselést és megfigyelést tesz lehetővé egy modern webes felületen. A Calisti több komponensből álló összetett szolgáltatás, így működésének megértése időigényes és megterhelő lehet a felhő technológia iránt érdeklődő egyéneknek.

A Calisti Service Mesh Manager fizetős termék mellé kínálok egy ingyenes és teljesen nyílt forráskódú alternatívát. Az általam fejlesztett program ugyanazt az Istio operátort használva implementál bizonyos funkciókat, mellyel felhasználóbarát és automatizált lehetőségeket kínálok telepítésre, törlésre, és több klaszter összekapcsolására. A célom ezzel a programmal, hogy több emberhez eljusson a mikroszolgáltatás alapú szoftveres megoldások és képesek legyenek további fejlesztésekkel bővíteni és testreszabni azt.

A szakdolgozat fejezeteit ajánlott sorrendben elolvasni, mert a fejezetek támaszkodnak előző fejezetekben leírt információkra. Ezek technológiák ismerete szükséges lesz későbbiekben a szakdolgozat feladatának megértéséhez. A témakörök amikről szó lesz röviden összefoglalva:

- Konténerek előnyeinek ismertetése mikroszolgáltatások üzemeltetésekor.
- A népszerű Docker platform megismertetése, konténerképek rétegeinek bemutatása.
- Kubernetes alkalmazéskezelő működésének illusztrálása, master-slave architektúra és a különböző típusú erőforrások leírásával.
- Kubernetes in Docker lehetőségeinek bemutatása.
- Helm csomagkezelő használatának kifejtése.
- Istio Service Mesh való mikroszolgáltatások menedzselésének megismertetése.
- Felhő telepítésének típusai és a szolgáltatások típusainak körbejárása.
- A Go programozási nyelv ismertetése.
- Verziókezelő rendszerek bemutatása.
- A GitHub Actions leírása példával illusztrálva.
- A fejlesztett program felépítésének tervezéséről, kivitelezéséről, teszteléséről, kritikájáról és további fejlesztési potenciáljairól való dokumentáció.

2. fejezet

Konténerizációs technológiák

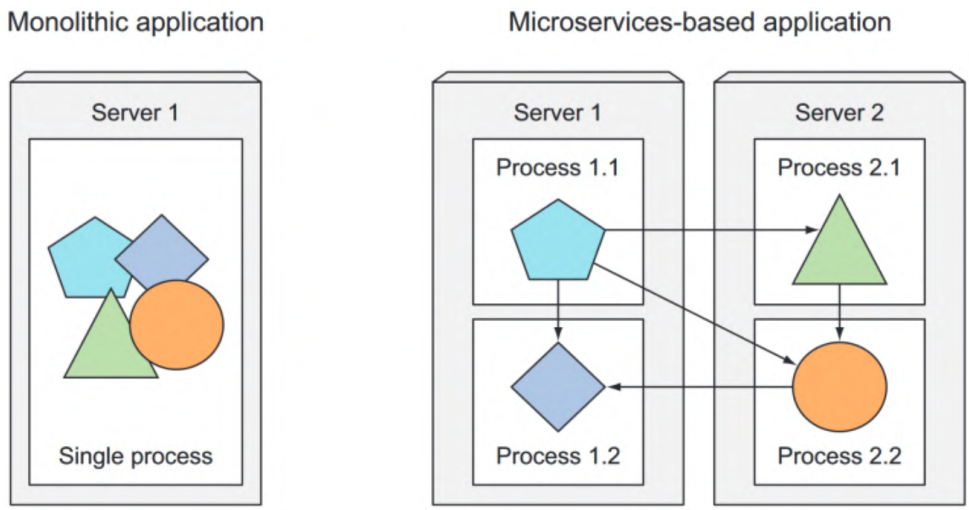
2.1. Monolitikus alkalmazásokról a mikroszolgáltatásokra való áttérés

A monolitikus alkalmazások olyan komponensekből állnak, amelyek mindegyike szorosan összekapcsolt és egyetlen egységként kell fejleszteni, telepíteni és kezelni, mivel mind egyetlen rendszerfolyamatként futnak. Az alkalmazás egy részének módosítása az egész alkalmazás újratelepítését igényli, és idővel a részek közötti határok hiánya a részek közötti korlátlanul növekvő komplexitáshoz és következésképpen az egész rendszer minőségének romlásához vezet, mivel a részek közötti függőségek korlátlanul növekednek. A rendszer növekvő terhelésének kezeléséhez vagy vertikálisan kell skálázni a szervereket több processzor, memória és egyéb szerverelem hozzáadásával, vagy horizontálisan kell skálázni az egész rendszert további szerverek felállításával és az alkalmazás több példányának futtatásával. Bár a vertikális skálázás általában nem igényel semmilyen változtatást az alkalmazáson, viszonylag gyorsan drágul, és a gyakorlatban mindig van egy felső korlátja. A horizontális skálázás viszont viszonylag olcsó hardveresen, de nagy változtatásokat igényelhet az alkalmazás kódjában, és nem mindig lehetséges - az alkalmazás bizonyos részei rendkívül nehezen vagy szinte lehetetlenül horizontálisan skálázni (például relációs adatbázisok). Ha egy monolitikus alkalmazás bármely része nem skálázható, akkor az egész alkalmazás skálázhatatlan lesz, hacsak nem lehet valahogy felosztani a monolitot.

Ezek és más problémák arra kényszerítettek minket, hogy elkezdjük az összetett monolitikus alkalmazásokat kisebb, egymástól függetlenül telepíthető komponensekre, úgynevezett mikroszolgáltatásokra bontani. Minden mikroszolgáltatás önálló folyamatként fut (lásd 2.1 ábrán), és egyszerű, jól definiált interfészeken (API-kon) keresztül kommunikál más mikroszolgáltatásokkal [10].

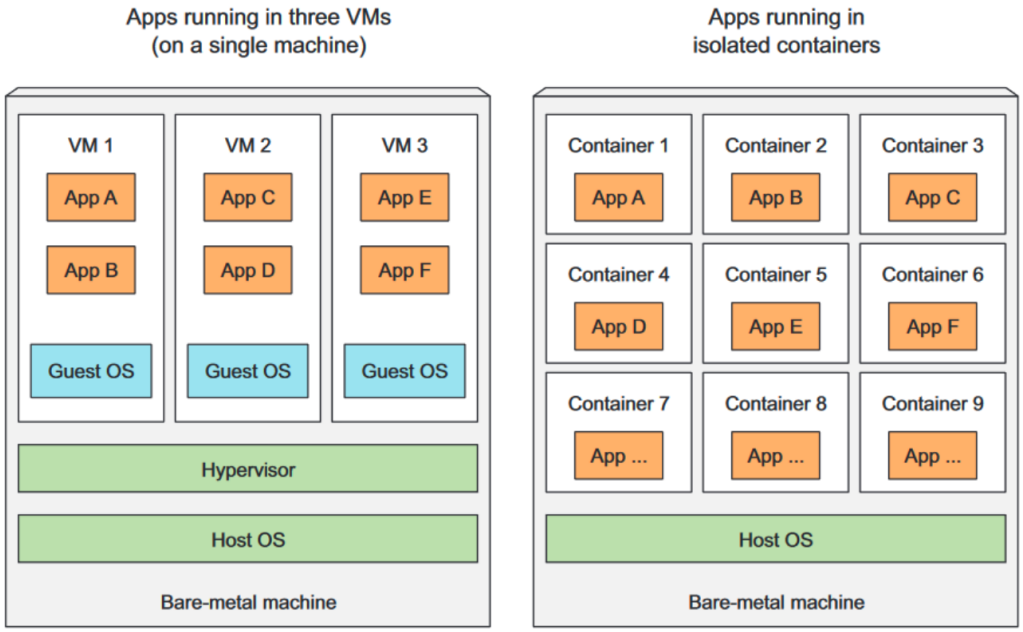
2.2. Konténerek előnyei

Ahelyett, hogy virtuális gépeket használnának az egyes mikroszolgáltatások környezetének elkülönítésére, a fejlesztők a Linux konténertechnológiákhoz fordulnak. Ezek lehetővé teszik, hogy több szolgáltatást futtassanak ugyanazon a számítógépen, miközben nem csak más környezetet állítanak fel mindegyiknek, hanem el is szigetelik őket egymástól, hasonlóan a virtuálisgépekhez, de sokkal kevesebb pazarlással (lásd 2.2 ábrán). Egy konténerben



2.1. ábra. Komponensek egy monolitikus alkalmazáson belül és az önálló mikroszolgáltatások összehasonlítása [10].

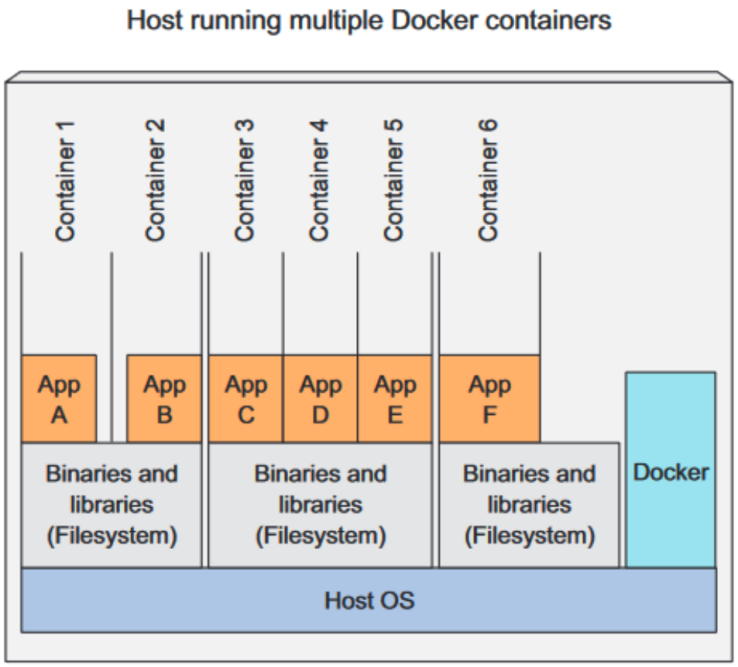
futó folyamat a számítógép operációs rendszerén belül fut, mint az összes többi folyamat (ellentétben a virtuálisgépekkel, ahol a folyamatok külön operációs rendszerben futnak). A konténerben lévő folyamat azonban továbbra is el van szigetelve a többi folyamattól. Magának a folyamatnak úgy tűnik, mintha csak ő futna a gépen és annak operációs rendszerében [10].



2.2. ábra. Virtuálisgépek használata alkalmazáscsoportok elkülönítésére és az egyes alkalmazások elkülönítése konténerekkel való illusztrálása [10].

2.3. Docker platform

Bár a konténertechnológiák már régóta léteznek, a Docker konténerplatform elterjedésével váltak szélesebb körben ismertté. A Docker volt az első konténerrendszer, amely a konténereket könnyen hordozhatóvá tette különböző gépek között. Leegyszerűsítette azt a folyamatot, hogy nem csak az alkalmazást, hanem annak összes könyvtárát és egyéb függőségét, sőt a teljes operációs rendszer fájlrendszerét is egy egyszerű, hordozható csomagba csomagolja, amellyel az alkalmazás bármely más, Dockert futtató gépen elérhetővé tehető (lásd 2.3 ábrán). A Docker-alapú konténerképek rétegekből állnak, amelyek több képen is megoszthatók és újrafelhasználhatók. Ez azt jelenti, hogy egy képnek csak bizonyos rétegeit kell letölteni, ha a többi réteg már korábban letöltésre került egy másik konténer futtatása során, amely ugyanezeket a rétegeket tartalmazza [10].



2.3. ábra. Docker konténerek használatának ábrázolása [10].

3. fejezet

Konténer alapú alkalmazáskezelő szoftverek

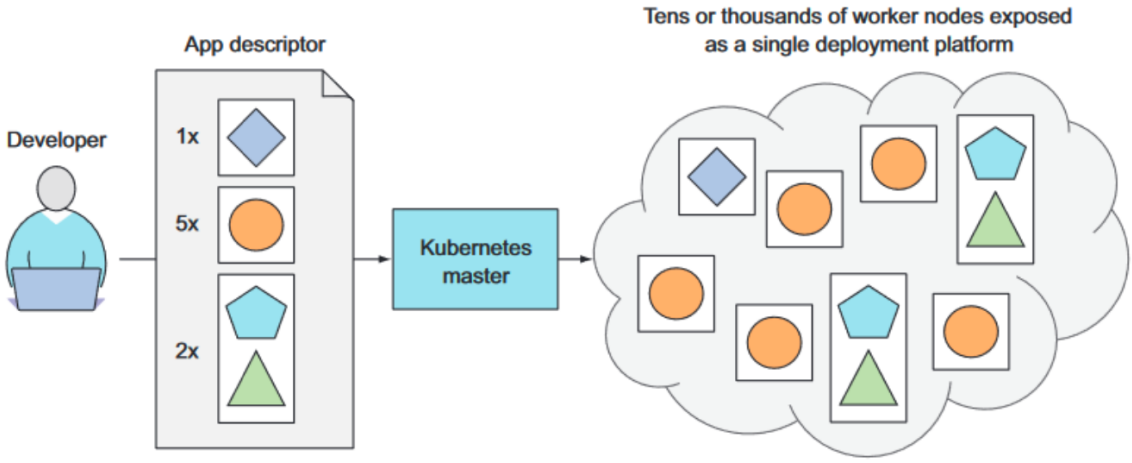
3.1. Kubernetes bemutatása

Láthattuk, hogy ahogy nő a rendszerben a telepíthető alkalmazáskomponensek száma, egyre nehezebb lesz mindegyiket kezelni. A Google volt valószínűleg az első vállalat, amely felismerte, hogy sokkal jobb módszerre van szüksége a szoftverkomponensek telepítéséhez és kezeléséhez, valamint a globálisan skálázható infrastruktúrájához. Egyike annak a kevés vállalatnak a világon, amely több százezer szervert üzemeltet, és amelynek a telepítések kezelésével kell foglalkoznia ilyen hatalmas léptékben. Ez arra kényszerítette őket, hogy olyan megoldásokat dolgozzanak ki, amelyekkel több ezer szoftverkomponens fejlesztése és telepítése kezelhetővé és költséghatékonnyá tehető.

A Kubernetes egy olyan szoftverrendszer, amely lehetővé teszi, hogy egyszerűen telepítsünk és kezeljünk rajta konténeres alkalmazásokat. A Linux konténerek funkcióira támaszkodik, hogy heterogén alkalmazásokat futtasson anélkül, hogy ismernie kellene ezen alkalmazások belső részleteit, és anélkül, hogy ezeket az alkalmazásokat manuálisan kellene telepíteni az egyes hosztokon. Mivel ezek az alkalmazások konténerekben futnak, nem befolyásolják az ugyanazon a szerveren futó többi alkalmazást, ami kritikus fontosságú, ha teljesen különböző szervezetek alkalmazásait futtatja ugyanazon a hardveren. Ez a felhőszolgáltatók számára kiemelkedő fontosságú, mivel a hardverük lehető legjobb kihasználására törekszenek, miközben a hosztolt alkalmazások teljes elszigeteltségét is fenn kell tartaniuk. A Kubernetes lehetővé teszi, hogy szoftveralkalmazásait több ezer számítógépcsomóponton futtassa, mintha ezek a csomópontok mind egyetlen, hatalmas számítógép lenne. Absztrahálja a mögöttes infrastruktúrát, és ezáltal egyszerűsíti a fejlesztést, a telepítést és a kezelést mind a fejlesztő, mind az üzemeltetési csapatok számára. Az alkalmazások telepítése a Kubernetes segítségével mindig ugyanaz, függetlenül attól, hogy a klaszter (későbbiekben cluster) csak néhány csomópontot (későbbiekben node) tartalmaz vagy több ezret. A cluster mérete egyáltalán nem számít. A további node-ok egyszerűen a telepített alkalmazások számára rendelkezésre álló erőforrások további mennyiségét jelentik [10].

3.2. A Kubernetes működésének megértése

A rendszer egy fő csomópontból (későbbiekben master node) és tetszőleges számú munkás csomópontból (későbbiekben worker node) áll. Amikor a fejlesztő elküldi az alkalmazások listáját a master-nek, a Kubernetes telepíti azokat a worker node-okra (lásd 3.1 ábrán). Az, hogy egy komponens melyik worker node-on landol, nem számít (és nem is szabadna számítania) sem a fejlesztőnek, sem a rendszergazdának. A fejlesztő megadhatja, hogy bizonyos alkalmazásoknak együtt kell futniuk, és a Kubernetes ugyanarra a worker node-ra telepíti őket. Mások szétszóródnak a cluster-ben, de ugyanúgy tudnak egymással kommunikálni, függetlenül attól, hogy hova telepítik őket [10].



3.1. ábra. A Kubernetes, mint egyetlen telepítési platform [10].

Hardveres szinten egy Kubernetes cluster sok node-ból áll, amelyek két típusra oszthatók:

- A master node, amely a Kubernetes vezérlőjének (későbbiekben Control Plane) ad otthont, amely az egész Kubernetes rendszert irányítja és kezeli.
- A worker node, amely a tényleges telepített alkalmazásokat futtatja.

3.2.1. A Control Plane

A Control Plane az, ami a cluster-t irányítja és működésre készteti. Több komponensből áll, amelyek egyetlen master node-on futhatnak, vagy több node-ra oszthatók és replikálhatók a magas rendelkezésre állás biztosítása érdekében. Ezek az összetevők a következők:

- Az API szerver, amellyel a felhasználó és a többi control plane komponens kommunikál.
- Az ütemező (későbbiekben Scheduler), amely ütemezi az alkalmazásokat (az alkalmazás minden telepíthető komponenséhez hozzárendel egy worker node-ot).
- A vezérlő menedzser (későbbiekben Controller Manager), amely cluster szintű funkciókat lát el, mint például a komponensek replikálása, a munkás node-ok nyomon követése, a node-ok hibáinak kezelése stb.
- etcd, egy megbízható elosztott adattároló, amely tartósan tárolja a cluster konfigurációját.

A Control Plane összetevői tartják és vezérlik a cluster állapotát, de nem futtatják az alkalmazásokat (lásd 3.2 ábrán). Ezt a worker node-ok végzik [10].

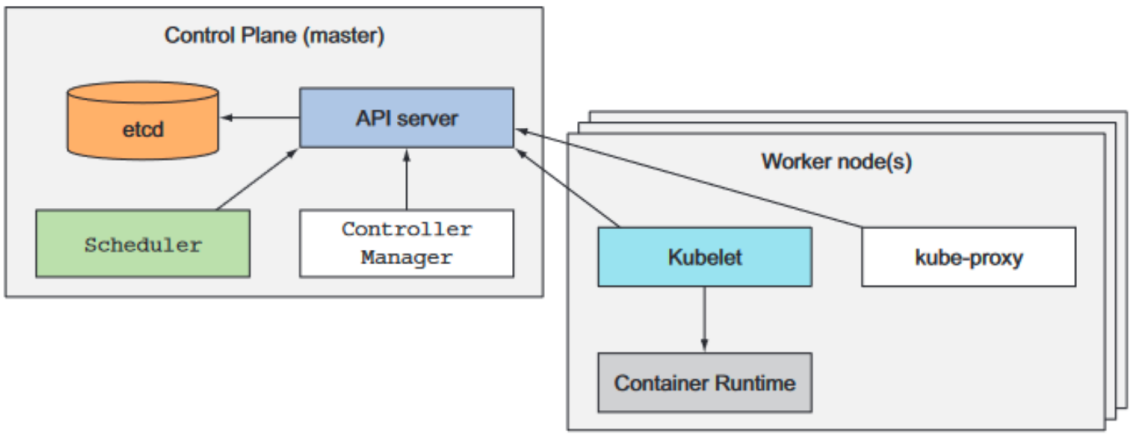
3.2.2. A worker node-ok

A worker node-ok azok a gépek, amelyek a konténerizált alkalmazásokat futtatják (lásd 3.2 ábrán). Az alkalmazások futtatásának, felügyeletének és szolgáltatásnyújtásának feladatát a következő komponensek végzik: [10]

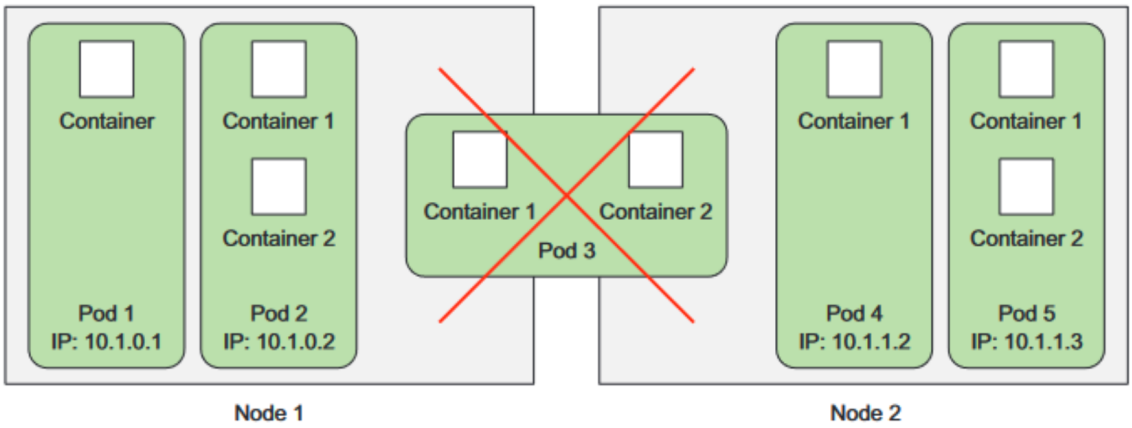
- Docker, rkt vagy más konténer futtató, amely futtatja a konténereket.
- A Kubelet kommunikál az API-kiszolgálóval és kezeli a konténereket a node-ján.
- A Kubernetes Service Proxy (kube-proxy), amely elosztja a hálózati forgalmat az alkalmazáskomponensek között.

3.2.3. A podok bevezetése

A Kubernetes nem foglalkozik közvetlenül az egyes konténerekkel. Ehelyett a több, együtt elhelyezett konténer koncepcióját használja. Ezt a konténerekből álló csoportot podnak nevezzük. A pod egy vagy több szorosan összefüggő konténer csoportja, amelyek mindig ugyanazon a worker node-on és ugyanazon a linux névtereken futnak együtt. Minden pod olyan, mint egy különálló logikai gép, saját IP-vel, hostnévvel, folyamatokkal, amely egyetlen alkalmazást futtat (lásd 3.3 ábrán). Az alkalmazás lehet egyetlen folyamat, amely egyetlen konténerben fut, vagy lehet egy fő alkalmazási folyamat és további támogató folyamatok, amelyek mindegyike saját konténerben fut. Egy podban lévő összes konténer látszólag ugyanazon a logikai gépen fut, míg a többi podban lévő konténerek, még ha ugyanazon a worker node-on futnak is, látszólag másikon futnak [10].



3.2. ábra. A Kubernetes cluster-t alkotó komponensek [10].



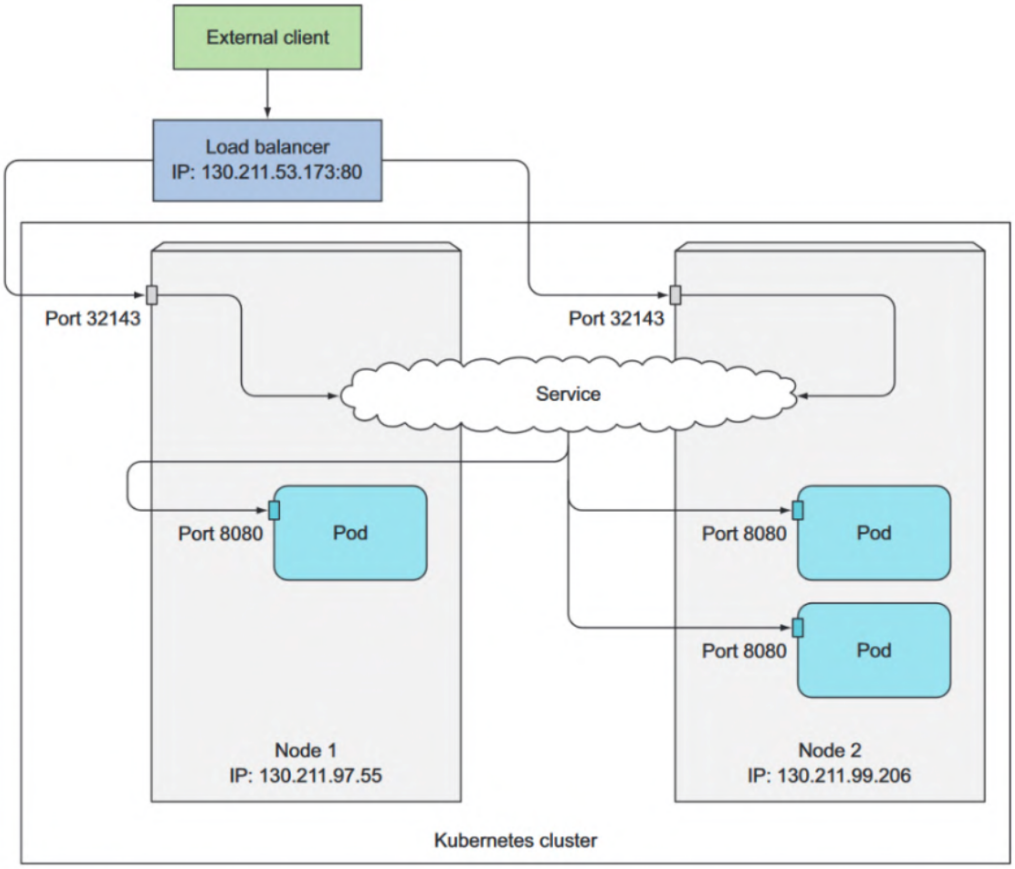
3.3. ábra. Egy pod minden konténere ugyanazon a node-on fut. Egy pod soha nem terjed ki két node-ra [10].

3.2.4. A Service bemutatása

A Kubernetes Service egy olyan erőforrás, amelyet azért hozunk létre, hogy egyetlen, állandó belépési pont legyen egy podok csoportjához, amelyek ugyanazt a szolgáltatást nyújtják. Minden szolgáltatásnak van egy IP-címe és portja, amelyek a szolgáltatás létezése alatt soha nem változik. Az felhasználók kapcsolatot nyithatnak az adott IP-címre és portra és ezek a kapcsolatok az adott szolgáltatást támogató podok egyikéhez kerülnek továbbításra. Így a szolgáltatás felhasználóinak nem kell ismerniük a szolgáltatást nyújtó egyes podok helyét és címét, így ezek a podok bármikor áthelyezhetők a cluter-en belül (lásd 3.4 ábrán) [10].

3.2.5. A Secrets bemutatása

A konfiguráció általában érzékeny információkat is tartalmaz, például hitelesítő adatokat és privát titkosítási kulcsokat, amelyeket biztonságban kell tartani. Az ilyen információk tárolására és terjesztésére a Kubernetes egy különálló objektumot biztosít, amelyet Secretnek hívnak. A titkok hasonlóak a ConfigMaps-hoz, ők is leképezések, amelyek kulcs-érték párokat tartalmaznak. A Kubernetes segít megőrizni a Secrets biztonságát azzal, hogy minden Secret csak azokhoz a node-okhoz jut el, amelyek a Secret hozzáférésre szo-



3.4. ábra. Szolgáltatás megnyitása külső felhasználók számára [10].

ruló podokat futtatják. Emellett a node-okon maguk a Secret-ek mindig a memóriában tárolódnak, és soha nem íródnak fizikai tárolókra, ami a lemezek törlését igényelné a Secret törlése után. Magán a master node-on (pontosabban az etcd-ben) a Secret-eket korábban titkosítatlan formában tárolták, ami azt jelentette, hogy a master node-ot védeni kell az tárolt érzékeny adatok biztonsága érdekében. Ez nem csak az etcd tárolás biztonságban tartására terjedt ki, hanem arra is, hogy megakadályozzuk, hogy illetéktelen felhasználók használhassák az API-kiszolgálót, mivel bárki, aki podokat tud létrehozni, fel tudja csatolni a secret-et a podba, és azon keresztül hozzáférhet az érzékeny adatokhoz. A Kubernetes 1.7-es verziójától az etcd titkosított formában tárolja a Secret-eket, ami sokkal biztonságosabbá teszi a rendszert [10].

3.2.6. Kliens könyvtárak az API-kiszolgálóval való kommunikációhoz

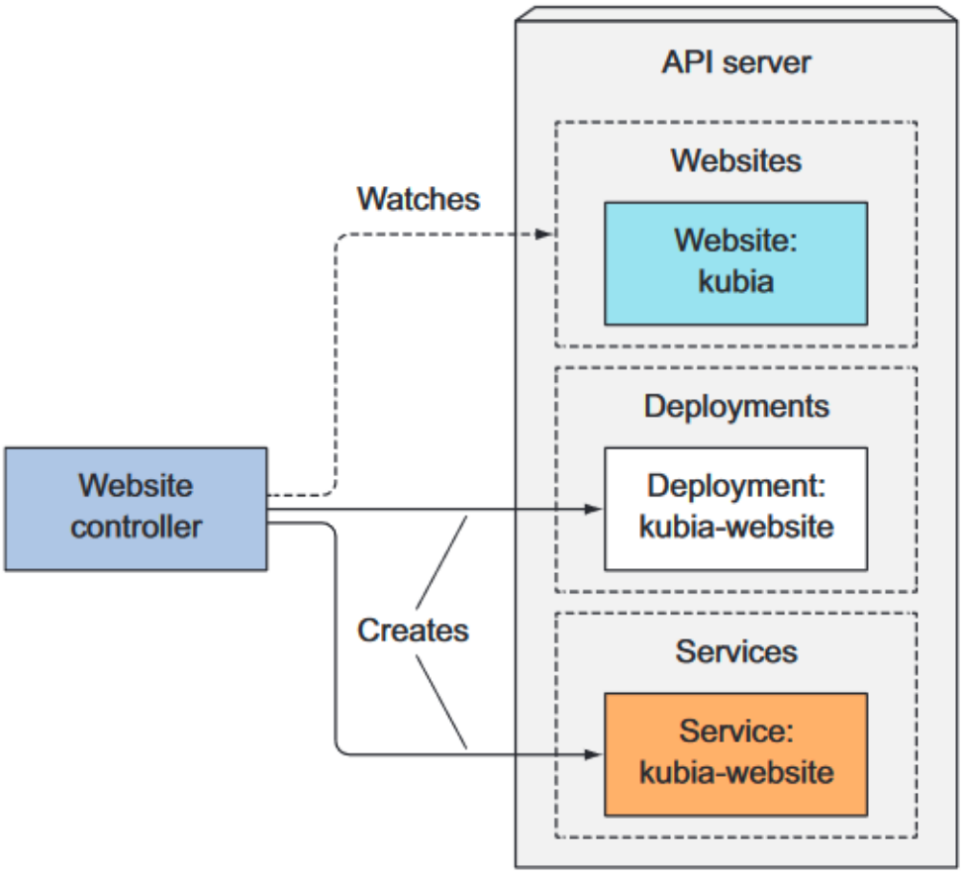
A Kubernetes közösségnek számos speciális érdekcsoportja és munkacsoportja van, amelyek a Kubernetes ökoszisztéma egyes részeire összpontosítanak. Jelenleg két Kubernetes API klienskönyvtár létezik, amelyeket az API Machinery speciális érdekcsoport (SIG) támogat: [10]

- Golang client (https://github.com/kubernetes/client-go)
- Python (https://github.com/kubernetes-incubator/client-python)

3.2.7. Egyéni API-objektumok definiálása

Ahogy a Kubernetes ökoszisztéma fejlődik, egyre több és több magas szintű objektumot fog látni, amelyek sokkal speciálisabbak lesznek, mint a Kubernetes által ma támogatott erőforrások. Ahelyett, hogy Deployments, Services, ConfigMaps és hasonlókkal foglalkozna, egész alkalmazásokat vagy szoftverszolgáltatásokat reprezentáló objektumokat fog létrehozni és kezelni.

Egy egyéni vezérlő fogja megfigyelni ezeket a magas szintű objektumokat, és ezek alapján alacsony szintű objektumokat hoz létre. Például ahhoz, hogy a webhelyobjektumok egy szolgáltatáson keresztül elérhető webkiszolgáló podot futtassanak, létre kell hoznia és telepítenie kell egy webhelyvezérlőt, amely figyeli az API-kiszolgálót a webhelyobjektumok létrehozására, majd létrehozza a szolgáltatást és a webkiszolgáló podot mindegyikhez (lásd 3.5 ábrán). Annak érdekében, hogy a Pod kezelt legyen és túlélje a node-ok hibáit, a vezérlő közvetlenül egy deployment erőforrást hoz létre a nem kezelt pod helyett [10].



3.5. ábra. A weboldal controllere figyeli a webhely objektumokat és létrehoz egy deployment-et és egy service-t [10].

3.2.8. Az operátor bemutatása

Az operátor egy Kubernetes-alkalmazás csomagolására, telepítésére és kezelésére szolgáló módszer. Egy Kubernetes-alkalmazást egyszerre telepítünk a Kubernetesre és kezelünk a Kubernetes API (alkalmazásprogramozási felület) és a kubectl tool (segédeszköz) segítségével.

A Kubernetes-operátor egy alkalmazásspecifikus vezérlő, amely a Kubernetes API funkcionalitását kiterjeszti, hogy komplex alkalmazások példányait hozza létre, konfigurálja és kezelje a Kubernetes-felhasználó nevében. A Kubernetes erőforrás és vezérlő alapkoncepcióira épül, de magában foglalja a tartomány- vagy alkalmazásspecifikus tudást az általa kezelt szoftver teljes életciklusának automatizálása érdekében.

A Kubernetesben a control plane vezérlői olyan vezérlési feladatokat valósítanak meg, amelyek ismételten összehasonlítják a cluster kívánt állapotát annak tényleges állapotával. Ha a cluster tényleges állapota nem egyezik a kívánt állapottal, akkor a vezérlő lépéseket tesz a probléma kijavítására.

Az operátor egy olyan egyéni Kubernetes vezérlő, amely egyéni erőforrást (későbbiekben custom resource vagy CR) használ az alkalmazások és komponenseik kezelésére. A magas szintű konfigurációt és beállításokat a felhasználó adja meg egy custom resource-on belül. A Kubernetes operátor a magas szintű utasításokat az operátor logikájába ágyazott legjobb gyakorlatok alapján fordítja le az alacsony szintű műveletekre.

A custom resource Kubernetes API-bővítési mechanizmusa. Egy egyéni erőforrásdefiníció (későbbiekben custom resource definition vagy CRD) definiál egy CR-t, és felsorolja az operátor felhasználói számára elérhető összes konfigurációt. A Kubernetes-operátor figyeli a CR típusát, és alkalmazásspecifikus műveleteket hajt végre annak érdekében, hogy az aktuális állapot megfeleljen az erőforrás által kívánt állapotának.

A Kubernetes-operátorok új objektumtípusokat vezetnek be az CRD-k révén. A CRD-t a Kubernetes API ugyanúgy kezelheti, mint a beépített objektumokat, beleértve a kubectl-en keresztüli interakciót és a szerepkör-alapú hozzáférés-szabályozásba (RBAC) való felvételt. Az operátor továbbra is figyelemmel kíséri az alkalmazását, miközben az fut, és automatikusan biztonsági mentést készíthet az adatokról, helyreállíthatja a hibákat, és frissítheti az alkalmazást.

A Kubernetes-operátor által végzett műveletek szinte bármi lehet: egy összetett alkalmazás skálázása, az alkalmazás verziófrissítése, vagy akár egy speciális hardverrel rendelkező számítási cluster node-jainak kernelmoduljainak kezelése [11].

Az Istio operátor felépítése látható 5.2 ábrán.

3.3. Kubernetes in Docker

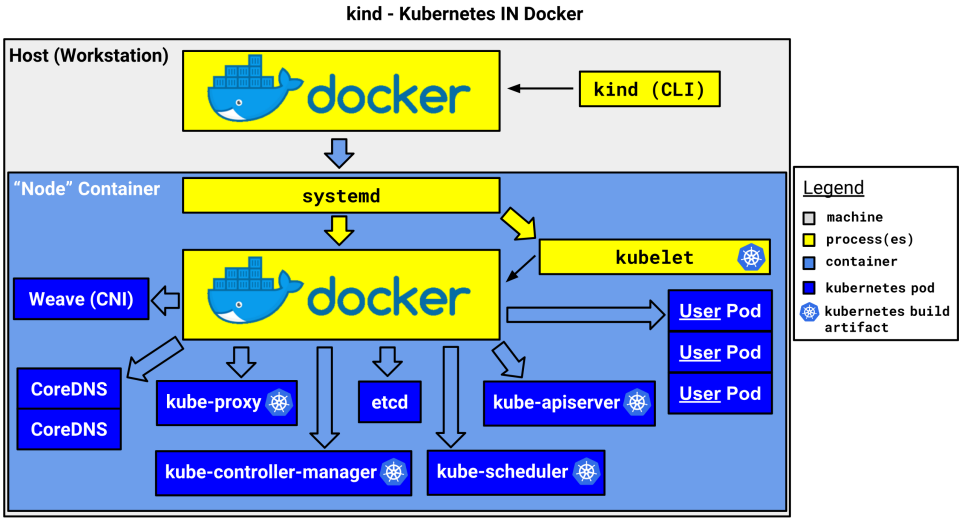
A Kubernetes in Docker (későbbiekben kind) egy eszközcsomag a helyi Kubernetes cluster-ekhez, ahol minden node egy Docker konténer. A kind a Kubernetes tesztelését célozza meg.

A kind funkcionalitásának nagy részét megvalósító go csomagokra, a felhasználóknak szánt parancssorra és egy node base image-re (alap lemezképre) oszlik. A szándék az, hogy a kind csomagjai importálható és újrafelhasználható legyen más eszközök (pl. kubetest) által, míg a CLI gyors módot biztosít e csomagok használatára és hibakeresésére.

Bár nem minden tesztelés végezhető el valódi cluster-ek nélkül a felhőben, de elég lehet ahhoz, hogy ha valami ilyesmit akarunk: [12]

- Nagyon olcsó cluster-eket futtatni, amelyeket bármely fejlesztői környezetben replikálhatóak.
- Integrálható más eszközökkel.
- Aslaposan dokumentált és karbantartható.
- Nagyon stabil, kiterjedt hibakezeléssel rendelkezik.

A kind működését 3.6 ábra tartalmazza.



3.6. ábra. KinD felépítése a gyakorlatban [12].

4. fejezet

Helm csomagkezelő

A Helm egy olyan eszköz, amely automatizálja a Kubernetes-alkalmazások létrehozását, csomagolását, konfigurálását és telepítését azáltal, hogy a konfigurációs fájlokat egyetlen újrafelhasználható csomagban egyesíti.

Egy mikroszolgáltatás-architektúrában az alkalmazás növekedésével egyre több mikroszolgáltatást hoz létre, ami egyre nehezebben kezelhetővé teszi azt. A Kubernetes, egy nyílt forráskódú konténer-orchestrációs technológia amely egyszerűsíti a folyamatot azáltal, hogy több mikroszolgáltatást egyetlen telepítésbe csoportosít. A Kubernetes-alkalmazások kezelése azonban a fejlesztési életciklus során saját kihívások sorát hozza magával, beleértve a verziókezelést, az erőforrás-elosztást, a frissítést és a visszaállításokat. A Helm az egyik legkönnyebben elérhető megoldást kínálja erre a problémára, következetesebbé, megismételhetőbbé és megbízhatóbbá téve a telepítéseket.

A konténer egy apró szoftverkomponens, amely egy alkalmazást és függőségeit egyetlen képfájlba csomagolja. A konténerek hordozhatóak a különböző platformok között, ami gyorsabb alkalmazásindítást és egyszerű skálázást eredményez.

A Kubernetes YAML konfigurációs fájlok segítségével telepít. A gyakori frissítéseket tartalmazó összetett telepítések esetében nehéz lehet nyomon követni ezeknek a fájloknak az összes különböző verzióját. A Helm egy praktikus eszköz, amely egyetlen telepítési YAML-fájlt tart fenn a verzióinformációkkal. Ez a fájl lehetővé teszi egy összetett Kubernetes cluster beállítását és kezelését néhány paranccsal [7].

4.1. Helm chart-ok

A Helm chart egy olyan csomag, amely tartalmazza az összes szükséges erőforrást egy alkalmazás Kubernetes cluster-re való telepítéséhez. Ez magában foglalja a telepítésekhez szükséges YAML konfigurációs fájlokat, service-eket, secret-eket és configmap-okat, amelyek meghatározzák az alkalmazás kívánt állapotát.

A Helm chart olyan YAML fájlokat és sablonokat csomagol össze, amelyek segítségével további konfigurációs fájlokat lehet generálni a paraméterezett értékek alapján. Ez lehetővé teszi a konfigurációs fájlok testreszabását a különböző környezetekhez, valamint újrafelhasználható konfigurációk létrehozását. Ezenkívül minden egyes chart-ot egymástól

függetlenül lehet verziószámozni és kezelni, ami megkönnyíti az alkalmazás több, különböző konfigurációjú verziójának karbantartását [7].

4.2. Helm működése

A Helm alkalmazáskönyvtár chart-okat használ a Kubernetes-alkalmazások definiálására, létrehozására, telepítésére és frissítésére. Ezek a chart-ok lehetővé teszik a Kubernetes manifesztek kezelését anélkül, hogy a Kubernetes parancssori felületéhéz (későbbiekben CLI) hozzá nyúltunk volna vagy bonyolult Kubernetes parancsokat kellene megjegyezni a cluster vezérléséhez.

Tekintsünk egy gyakorlati forgatókönyvet, ahol a Helm hasznos lehet. Tegyük fel, hogy az alkalmazást tíz replikával rendelkező éles (későbbiekben production) környezetben szeretné telepíteni. Ezt megadja az alkalmazás telepítési YAML fájljában és a kubectl paranccsal futtatja a telepítést.

Most futtassa ugyanazt az alkalmazást egy tesztelői (későbbiekben staging) környezetben. Tegyük fel, hogy három replikára van szüksége a staging környezetben, és hogy egy belső alkalmazás buildet fog futtatni a staging környezetben. Ehhez frissítse a replikák számát és a Docker image taget a telepítési YAML fájlban, majd használja azt a staging Kubernetes cluster-ben.

Ahogy az alkalmazás egyre összetettebbé válik, úgy nő a YAML-fájlok száma is. Végül a YAML-fájl konfigurálható mezői is megnőnek. Hamarosan a sok YAML fájl frissítése ugyanazon alkalmazás különböző környezetekben történő telepítéséhez nehezen kezelhetővé fog válni.

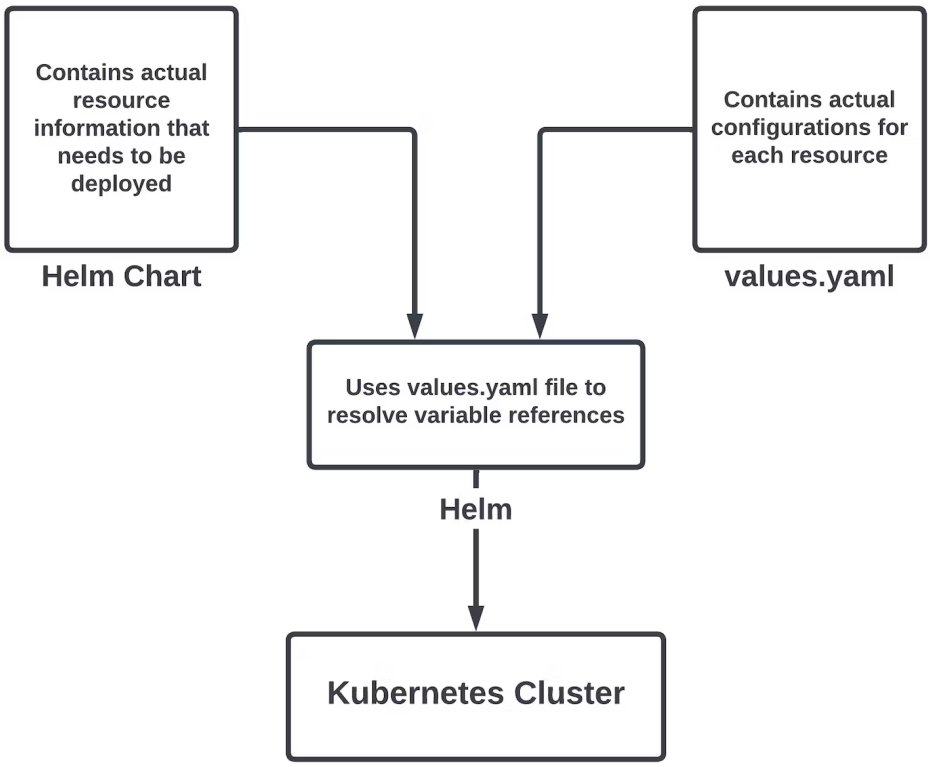
A Helm segítségével a mezők a környezettől függően paraméterezhetők. Az előző példában a replikák és Docker-képek statikus értéke helyett egy másik fájlból veheti át ezeknek a mezőknek az értékét. Ennek a fájlnak a neve values.yaml [7].

4.3. Helm repository

A Helm repository az a hely, ahová Helm chart-okat lehet feltölteni. Létrehozható privát adattár is, ha ez a preferencia. Az Artifact Hub egy globális Helm adattár, amely kereshető chart-okat tartalmaz, amelyeket számos célra telepíthet. Röviden, az Artifact Hub azt teszi a chart-ok számára, amit a Docker Hub a Docker-képek számára [7].

4.4. Mikor érdemes használni

A Helm akkor hasznos, ha a projekted a Kubernetes segítségével komplex, sok mikroszolgáltatást tartalmazó alkalmazásokat futtat. A Helm használatával könnyen automatizálható az alkalmazás telepítése és kezelése, csökkentve a kézi munka mennyiségét, és javítva a rendszer megbízhatóságát és stabilitását. A Helm emellett hozzáférést biztosít az előre konfigurált csomagok kiterjedt tárházához, így könnyen hozzáadható új funkciók az alkalmazáshoz.



4.1. ábra. Helm működési folyamatábrája [7].

Az alkalmazás összetevőinek moduláris táblázatokba szervezésével, amelyeket könnyen telepíthet és frissíthet, a Helm leegyszerűsíti az alkalmazáskomponensek kezelésének folyamatát. Csökkentheti az alkalmazás karbantartásához szükséges kézi munka mennyiségét, és segít elkerülni a hibákat, amelyek az összetett rendszerek kézi kezelése során keletkezhetnek.

A Helm támogatja a konténerek telepítését több környezetben is, így a konténerek életciklusa a fejlesztési folyamat során könnyen kezelhető [7].

5. fejezet

Service Mesh

A modern alkalmazásokat jellemzően mikroszolgáltatások elosztott gyűjteményeiként architektúrázzák, amelyek mindegyike valamilyen különálló üzleti funkciót lát el. A szolgáltatásháló egy dedikált infrastrukturális réteg, amelyet hozzáadhat az alkalmazásaihoz. Lehetővé teszi, hogy átlátható módon adjon hozzá olyan képességeket, mint a megfigyelhetőség, a forgalomirányítás és a biztonság, anélkül, hogy azokat a saját kódjához kellene hozzáadnia. A ”szolgáltatásháló” kifejezés leírja mind a minta megvalósításához használt szoftver típusát, mind pedig a szoftver használata során létrehozott biztonsági vagy hálózati tartományt.

Ahogy az elosztott szolgáltatások telepítése, például egy Kubernetes-alapú rendszerben, egyre nagyobb és összetettebb lesz, egyre nehezebbé válhat a megértése és kezelése. Követelményei közé tartozhat a felderítés, a terheléselosztás, a hibaelhárítás, a metrikák és a felügyelet. A szolgáltatásháló gyakran olyan összetettebb üzemeltetési követelményekkel is foglalkozik, mint az A/B tesztelés, a kanáris telepítések, a forgalomkorlátozás, a hozzáférés-szabályozás, a titkosítás és a végponttól végpontig tartó hitelesítés.

Az elosztott alkalmazást a szolgáltatások közötti kommunikáció teszi lehetővé. Ennek a kommunikációnak az útválasztása mind az alkalmazás cluster-én belül, mind pedig azok között egyre összetettebbé válik a szolgáltatások számának növekedésével. Az Istio segít csökkenteni ezt a komplexitást, miközben megkönnyíti a fejlesztőcsapatok dolgát.

5.1. Istio

Az Istio a fejlesztők és az üzemeltetők előtt álló kihívásokat kezeli egy elosztott vagy mikroszolgáltatási architektúrával. Akár a jelenlegi rendszerből építkezik, akár a nulláról vagy a meglévő alkalmazások felhőalapúvá történő migrálásáról, az Istio tud segíteni.

Az Istio egy nyílt forráskódú szolgáltatásháló, amely átláthatóan rétegződik a meglévő elosztott alkalmazásokra. Az Istio fejlett funkciói egységes és hatékonyabb módot biztosítanak a szolgáltatások biztosítására, összekapcsolására és felügyeletére. Az Istio az út a terheléselosztáshoz, a szolgáltatások közötti hitelesítéshez és a felügyelethez - kevés vagy semmilyen szolgáltatási kódváltoztatással.

Kiforrott control plane-je létfontosságú funkciókat biztosít, többek között:

- Biztonságos szolgáltatások közötti kommunikáció egy cluster-ben TLS-titkosítással, erős identitásalapú hitelesítést és engedélyezést.
- Automatikus terheléselosztást a HTTP, gRPC, WebSocket és TCP forgalomhoz.
- A forgalom viselkedésének finomra szabott vezérlését gazdag útválasztási szabályokkal, újbóli próbálkozásokkal, meghibásodásokkal és hibainjektálással.
- Beilleszthető házirend-réteget és konfigurációs API-t, amely támogatja a hozzáférés-szabályozást, a sebességkorlátozást és a kvótákat.
- Automatikus mérőszámokat, naplókat és nyomkövetést a cluster-en belüli összes forgalomra vonatkozóan, beleértve a cluster be- és kilépési pontjait is.

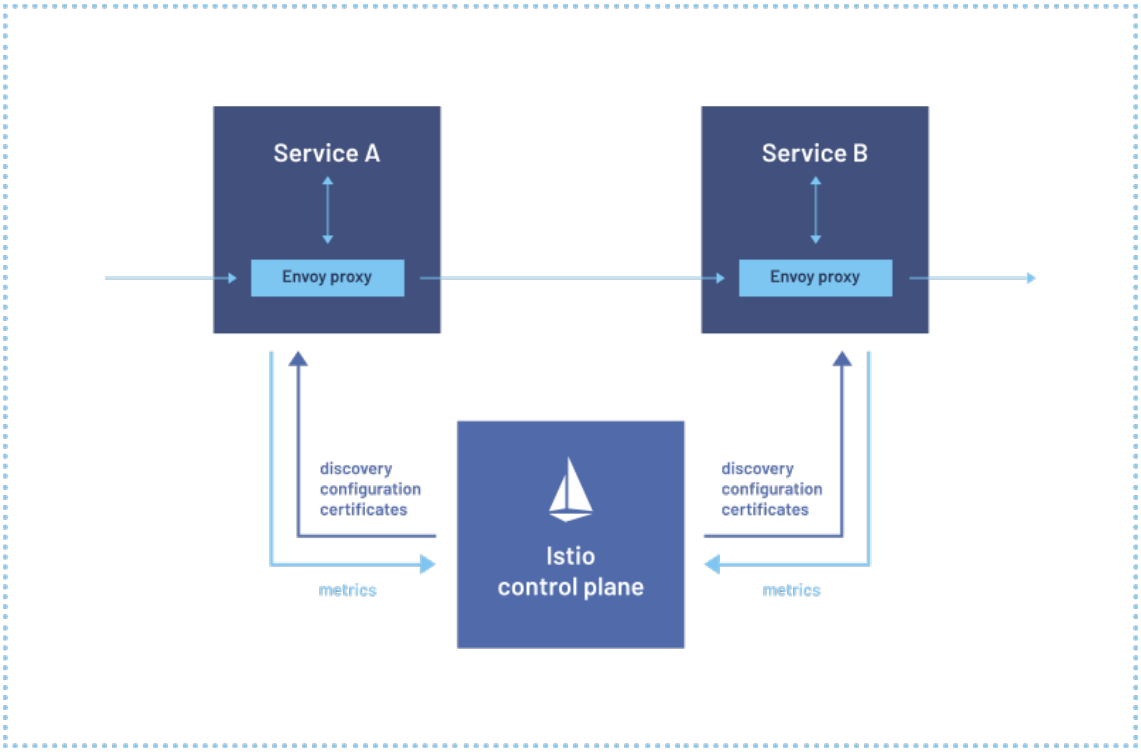
Az Istio-t bővíthetőségre tervezték, és a telepítési igények széles skáláját képes kezelni. Az Istio control plane a Kubernetes-en fut, és az adott cluster-ben telepített alkalmazásokat hozzáadhatja a hálójához (későbbiekben mesh), a mesh-t kiterjesztheti más cluster-ekre, vagy akár virtuális gépeket és más a Kubernetes-en kívül futó végpontokat is csatlakoztathat. A közreműködők, partnerek, integrációk és disztribútorok nagy ökoszisztémája az Istio-t a legkülönfélébb helyzetekre bővíti és hasznosítja. Az Istio-t telepítheti saját maga, vagy számos gyártó rendelkezik olyan termékekkel, amelyek integrálják az Istio-t és kezelik azt a felhasználó számára.

Az Istio két komponensből áll: az adatsíkból (későbbiekben data plane) és a vezérlési síkból (későbbiekben control plane). A data plane a szolgáltatások közötti kommunikációt jelenti. Service Mesh nélkül a hálózat nem érti az átküldött forgalmat, és nem tud döntéseket hozni az alapján, hogy milyen típusú forgalomról van szó, vagy hogy kitől vagy kihez érkezik. A Service Mesh egy proxy segítségével elfogja az összes hálózati forgalmat, és a felhasználó által beállított konfiguráció alapján lehetővé teszi az alkalmazásfüggő funkciók széles körét. Az Envoy proxy minden olyan szolgáltatással együtt kerül telepítésre, amelyet a cluster-ben elindít, vagy a virtuális gépeken futó szolgáltatások mellett fut. A control plane átveszi a kívánt konfigurációt és a szolgáltatásokról alkotott nézetét, és dinamikusan programozza a proxy-kiszolgálókat, frissítve azokat, amint a szabályok vagy a környezet változik [6].

5.2. Istio operátor

Az Istio-operator egy olyan egyéni erőforrást definiál, amely leírja az Istio telepítés kívánt állapotát. Tartalmazza az összes szükséges konfigurációs értéket, és ha ezek közül egy vagy több megváltozik, az operátor automatikusan összehangolja a komponensek állapotát az új kívánt állapotnak megfelelően.

Az Istio-operátor lehetővé teszi a távoli konfigurációt futtató Kubernetes control plane-ek számára, hogy egyetlen Istio control plane-hez csatlakozzanak. Az operátor kezeli az Istio komponensek távoli cluster-ekre történő telepítését, és olyan szinkronizációs mechanizmust ad, amely hozzáférést biztosít az Istio központi komponenseihez a távoli cluster-ekről. Automatikusan nyomon követi azokat a névtereket, ahol az automatikus sidecar-injection engedélyezve van, így központilag kezelheti a funkciókat ahelyett, hogy egyesével kellene a névtereket felcímkézni [1].

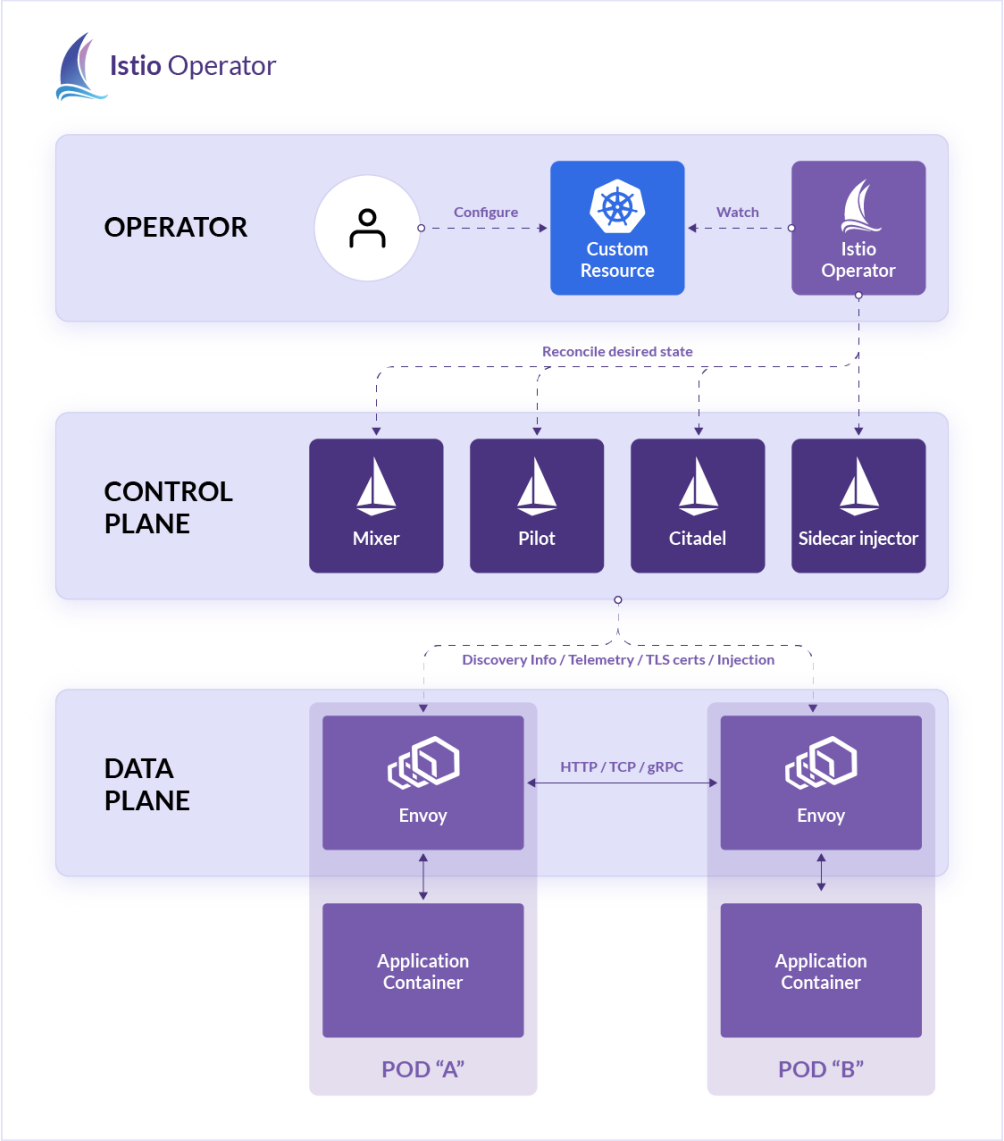


5.1. ábra. Istio rendszer belső kommunikációjának ábrázolása [6].

Cisco Istio operátor

Az Istio csapat által fejlesztett Istio operátor nem bizonyult elegendőnek a Calisti Service Mesh Manager (SMM) termékének fejlsztése közben, így fork-olták és kibővítették azt. Az SMM segít telepíteni, frissíteni, és menedzselni az Service Mesh-t és további egyéb eszközöket is nyújt:

- Webes dashboard felület biztosítása.
- Automatikus multi cluster támogatás.
- Topológiai gráf megjelenítése.
- mTLS menedzsment.
- Virtuálisgép integrációja.
- stb...

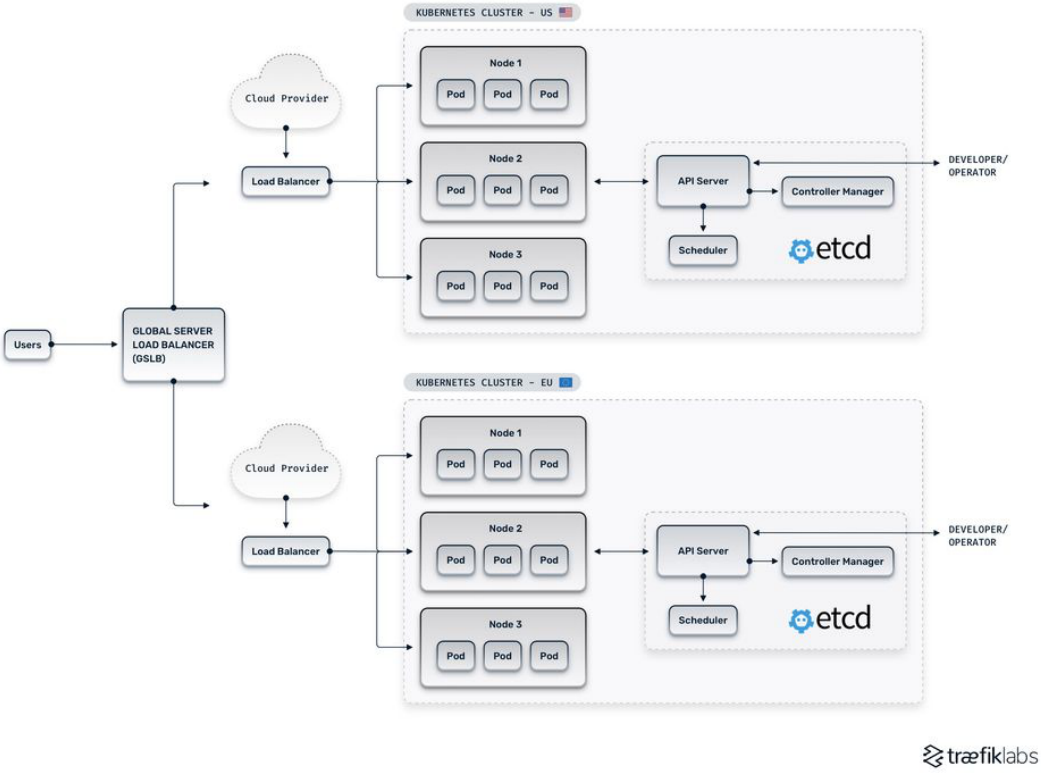


5.2. ábra. Istio operátor vizualizálása [1].

5.3. Multi cluster

A több cluster-es (későbbiekben multi-cluster) Kubernetes egy olyan telepítési módszer, amely két vagy több cluster-ből áll. Ez a telepítési módszer rendkívül rugalmas. Lehetnek cluster-ek ugyanazon a fizikai gépen vagy ugyanazon adatközpontban lévő különböző gépeken. Többfelhős környezetet is létrehozhat különböző felhőkben akár különböző országokban élő cluster-ekkel is (lásd 5.3 ábrán).

A multi-cluster-es architektúra legegyszerűbb formájában nem tűnik olyan bonyolultnak és ijesztőnek. A valóságban azonban többféleképpen lehet kialakítani egy multi-cluster-es Kubernetes-architektúrát. Az architekturális választás a két fő architekturális megközelítésen alapul - szegmentáció vagy replikáció [13].



5.3. ábra. CSERE Multi-cluster architektúra bemutatása [13].

5.3.1. Több klaszteres architektúra tervek

A szegmentációs megközelítéssel az alkalmazást független komponensekre tagolják, amelyeket általában Kubernetes-szolgáltatásokként ábrázolnak, és üzemeltetési követelményeknek megfelelően különböző Kubernetes-klaszterekhez rendelnek hozzá. A replikációs megközelítéssel egy Kubernetes cluster pontos másolatai több adatközpontban, különböző helyszíneken vannak elhelyezve. Ez redundanciát biztosít, így az alkalmazás elérhető marad abban az esetben is, ha az egyik cluster elérhetetlenné válik [13].

5.3.2. Kubernetes-központú vs. hálózat-központú konfiguráció

A multi-cluster-es Kubernetes környezetek kezelésének két alapvető módszere van - Kubernetes-központú és a hálózat-központú. Ha a Kubernetes-központú módszert használjuk a multi-cluster-es környezet kezelésére, akkor különböző alkalmazások futnak különböző Kubernetes cluster-eken, mégis mindegyiket egy központi helyről kezelik.

A hálózat-központú módszerrel az alkalmazás pontos másolatát több, különböző helyen lévő cluster-eken telepíti. Bár ezek a cluster-ek különálló egységként viselkednek, az összes Kubernetes-cluster között egy hálózaton keresztül fenntartja a kommunikációt [13].

5.3.3. A több klaszteres architektúra előnyei

Minden architektúra központi eleme az egyes cluster-ek függetlensége, és ebben rejlik a multi-cluster-es Kubernetes-architektúra nagy előnye. A multi-cluster-es Kubernetes valós előnyeinek köre azonban ezen túlmutat [13].

Rugalmasság

A multi-cluster jelentős rugalmasságot és irányítást biztosít a tervezés és a konfiguráció megválasztása terén. Például a Kubernetes különböző verzióit vagy disztribúcióit használhatja a különböző cluster-ekben, hogy megfeleljen az alkalmazások különböző részeire vonatkozó különleges igényeknek vagy követelményeknek. A több multi-cluster-es architektúrával a Kubernetes különböző vagy újabb verzióit is tesztelheti elszigetelt cluster-ekben, mielőtt frissítené a produktív környezetét, így minimálisra csökkentheti a hibás változtatások és a leállások kockázatát [13].

Elérhetőség, skálázhatóság és erőforrás-kihasználás

A multi-cluster-es telepítések egyik legnagyobb előnye a Kubernetes teljesítményének javítása, különösen a rendelkezésre állás és a skálázhatóság tekintetében. A multi-cluster-es architektúrával a munkaterheléseket a cluster-ek között mozgathatja. Egy cluster-t használhat biztonsági mentésként, és a cluster-ek különböző adatközpontokban, helyszíneken és felhőkben is szétoszthatja. Ezzel pedig minimálisra csökkentheti annak kockázatát, hogy egyetlen cluster meghibásodása miatt az egész környezete leálljon. A cluster-ek különböző helyszíneken történő telepítésével csökkenti az alkalmazást tároló cluster és a végfelhasználó közötti fizikai távolságot, növelve ezzel a teljesítményt és minimalizálva a késleltetést. A különböző cluster-ek között elosztott munkaterhelések nagyobb skálázhatóságot is eredményeznek. A multi-cluster-es Kubernetes lehetővé teszi, hogy a különböző cluster-eket az adott terhelésüknek megfelelően fel- és lefelé skálázza - ez optimalizálja az erőforrás kihasználtságot az erőforrások különböző teljesítménykövetelményekhez való igazításával [13].

Feladat izoláció

Az elszigeteltség bizonyos szintje még egy cluster-es architektúrában is elérhető a névterek használatával. Az egy cluster-es forgatókönyvben azonban a Kubernetes biztonsági rendszerének sajátosságai miatt a környezetek nem tökéletesen elszigeteltek egymástól. A cluster-en belüli elszigetelés ezen módszerének használata esetén az azonos hardveren osztozó alkalmazások hatással lehetnek egymásra - ez a "zajos szomszéd" problémaként is ismert. A munkafeladatok több Kubernetes cluste-en keresztüli futtatásával magas szintű elszigeteltséget eredményezhet. Az esetleges cluster hibák vagy konfigurációs változások csak az adott cluster-t érintik. A munkaterhelés-elszigetelés kulcsfontosságú a fejlesztőcsapatok számára, mivel segít nekik a problémák egyszerű elkülönítésében és diagnosztizálásában, az új funkciók és konfigurációk tesztelésében, az alkalmazások fejlesztésében és frissítésében, és mindezt úgy, hogy közben a produktív környezet biztonságos és elérhető marad [13].

Biztonság és megfelelés

A multi-cluster-es architektúra által biztosított magas szintű terheléselkülönítéssel minimálisra csökkentheti annak kockázatát, hogy az egymástól független alkalmazások nem kívánt módon lépjenek kölcsönhatásba egymással. A szigorú elszigeteltség csökkenti annak kockázatát is, hogy az egyik cluster-ben felmerülő biztonsági probléma az egész környezetet befolyásolja. Ez bizonyos mértékig egyetlen Kubernetes cluster-en belül is megvalósítható, például pod biztonsági házirendek használatával. De semmi sem hasonlítható a multi-cluster-es Kubernetes által biztosított magas szintű teherelkülönítéshez. A multi-cluster-es telepítések megkönnyítik a különböző országok eltérő szabályainak és irányelveinek való megfelelést is. Erre remek példa az általános adatvédelmi rendelet (későbbiekben GDPR) az EU-ban. A GDPR előírja, hogy a felhasználói adatok ne hagyják el az EU-t. Ha világszerte vannak felhasználói és egyetlen cluster-ben futtatja az alkalmazást, akkor szinte lehetetlen lenne megfelelni ezeknek a követelményeknek. A multi-cluster-es telepítésekkel egy cluster-t telepíthet az EU-ban, hogy megfeleljen ezeknek az igényeknek és a helyi előírásoknak, miközben máshol más cluster-eket futtathat [13].

5.3.4. A több klaszteres Kubernetes kihívásai

Nagyon kevés jó dolog van az életben, amihez nem kell akadályokat leküzdeni, és a Kubernetes biztosan nem tartozik ezek közé. A végtelen lehetőségek és a multi-cluster-es telepítésekkel járó fontos előnyök ellenére van néhány kihívás. A Kubernetes nagyon összetett, a multi-cluster-es Kubernetes pedig még összetettebb. A hozzáadott komplexitás számos formában jelentkezhet [13].

Konfiguráció

Az architektúra kialakításától függően a környezet különböző cluster-i különböző konfigurációkat igényelnek az egyes cluster-ek sajátos igényeinek kielégítésére. Ez aprólékos munka, és ezt nem lehet megkerülni. Ugyanennek a problémának egy másik szintje a tűzfal konfigurációja. Az egy cluster-es architektúrában egyetlen API-kiszolgálót lehet elérni egy adott címen.

Multi-cluster-es telepítés esetén több API-kiszolgálót ér el de gondoskodnia kell arról, hogy a tűzfal lehetővé tegye a kapcsolódó cluster-ekben lévő API-kiszolgálók elérését. Ennek enyhítésére automatizálási szkripteket használhat, amelyek sajnos szintén növelik a bonyolultsági szintet [13].

Biztonság

multi-cluster-es Kubernetesben a munkaterhelés elkülönítése segíti a jobb biztonsági helyzetet, de ennek eléréséhez figyelembe kell vennie az egyes cluster-ekre vonatkozó eltérő szabályokat és biztonsági tanúsítványokat. Ahhoz, hogy megfeleljen a különböző helyi szabályozásoknak, ezeket a biztonsági tanúsítványokat különböző adatközpontokban és cluster-eken kell kezelnie [13].

Telepítés

Természetesen a multi-cluster-es Kubernetes architektúrában a telepítések egyre összetettebbé válnak. Ez különösen igaz a GitOps megközelítés használata esetén. A GitOps-ban a forráskódkezelő szolgáltatása az összes telepítési tevékenység egyetlen forrása. Ez azt jelenti, hogy a GitOps folyamatainak jól szervezettnek, biztonságosnak és intelligensnek kell lenniük. A GitOps segíthet automatizálni a cluster-ek konfigurálását, képessé tesz a Kubernetes- cluster-ek életciklusának irányítására és a skálázott telepítésre [13].

Költség

Egy másik kihívás, amelyet a multi-cluster-es Kubernetes architektúra bevezetésekor figyelembe kell venni, a költségek potenciálisan jelentős növekedése. A multi-cluster több node-ot jelent, ami viszont az erőforrás-felhasználás és végső soron a költségek növekedését eredményezi. Egy másik fontos szempont, amit szem előtt kell tartani, a megnövekedett számú terheléselosztók, ingresszek, valamint naplózási és felügyeleti erőforrások szükségessége [13].

6. fejezet

Felhőszolgáltatások

A felhőalapú számítástechnika (későbbiekben cloud-computing) a számítástechnikai erőforrások - beleértve a tárolást, a feldolgozási teljesítményt, az adatbázisokat, a hálózatépítést, az analitikát, a mesterséges intelligenciát és a szoftveralkalmazásokat - interneten (a felhőben) történő rendelkezésre bocsátása. Ezen erőforrások kiszervezésével a vállalatok hozzáférhetnek a számítási eszközökhöz, amelyekre szükségük van, amikor szükségük van rájuk, anélkül, hogy fizikai, helyben lévő IT-infrastruktúrát kellene vásárolniuk és fenntartaniuk. Ez rugalmas erőforrásokat, gyorsabb innovációt és méretgazdaságosságot biztosít. Sok vállalat számára a felhőre való áttérés közvetlenül kapcsolódik az adatok és az informatika modernizálásához [9].

6.1. A felhőalapú számítástechnika jellemzői

A cloud-computing előtt a szervezetek helyben vásároltak és tartottak fenn informatikai infrastruktúrát. Bár a felhőre való kezdeti áttérés nagy részét a költségmegtakarítás vezérelte, sok szervezet úgy találja, hogy a nyilvános, a privát vagy a hibrid felhőinfrastruktúra számos előnyt kínál.

Az agilis és DevOps-csapatok számára a felhőalapú számítástechnika lehetőséget nyújt a fejlesztési folyamat egyszerűsítésére és felgyorsítására.

A felhőalapú számítástechnikát meghatározó jellemzői: [9].

- Igény szerinti önkiszolgálás.
- Széles körű hálózati hozzáférés.
- Erőforrás-összevonás.
- Gyors rugalmasság.
- Mérhető szolgáltatás.

6.2. A felhőalapú telepítések típusai

A felhőalapú telepítéseknek három különböző típusa létezik. Mindegyiknek megvannak az előnyei és a szervezetek gyakran többféle megoldás használatából is profitálnak [9].

6.2.1. Publikus felhő

A publikus felhők számítástechnikai erőforrásokat - szervereket, tárolókat, alkalmazásokat stb. – nyújtanak az interneten keresztül egy felhőszolgáltatótól, például az AWS-től és a Microsoft Azure-tól. A felhőszolgáltatók birtokolják és üzemeltetik az összes hardvert, szoftvert és egyéb támogató infrastruktúrát [9].

6.2.2. Privát felhő

A privát felhő olyan számítási erőforrások, amelyek kizárólag egy szervezet számára vannak fenntartva. Fizikailag elhelyezkedhet a szervezet helyszíni adatközpontjában, vagy egy felhőszolgáltató által üzemeltetett tárhelyen. A privát felhő a nyilvános felhőknél magasabb szintű biztonságot és adatvédelmet nyújt azáltal, hogy dedikált erőforrásokat kínál a vállalatok számára.

A privát felhő ügyfelei megkapják a nyilvános felhő elsődleges előnyeit, beleértve az önkiszolgálást, a skálázhatóságot és a rugalmasságot, de további előnyökkel, a további ellenőrzéssel és testreszabhatósággal. Ráadásul a privát felhők magasabb szintű biztonsággal és adatvédelemmel rendelkezhetnek, mivel a nyilvános forgalom számára nem hozzáférhető magánhálózatokon vannak elhelyezve [9].

6.2.3. Hibrid felhő

A hibrid felhők a privát és a nyilvános felhők (például a Red Hat által támogatott IBM Hybrid Cloud) kombinációja, amelyeket olyan technológiával kapcsolnak össze, amely lehetővé teszi az adatok és az alkalmazások együttes működését. Az érzékeny szolgáltatásokat és alkalmazásokat a biztonságos privát felhőben lehet tartani, míg a nyilvánosan elérhető webkiszolgálók és az ügyfelekkel szembenéző végpontok a nyilvános felhőben élhetnek. A legtöbb népszerű harmadik féltől származó felhőszolgáltató hibrid felhőmodellt kínál, amely lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy igényeiknek megfelelően kombinálják a privát és a nyilvános felhőket. Ez nagyobb rugalmasságot biztosít a vállalkozások számára az alkalmazásuk egyedi infrastrukturális követelményeinek telepítésében [9].

6.3. Felhőalapú számítástechnikai szolgáltatások

A felhőalapú számítástechnika dinamikus tulajdonságai új, magasabb szintű szolgáltatások alapját képezik. Ezek a szolgáltatások nemcsak kiegészíthetik, hanem gyakran szükséges szolgáltatásokat is nyújthatnak az agilis és DevOps-csapatok számára.

6.3.1. Infrastruktúra mint szolgáltatás

Az infrastruktúra mint szolgáltatás (későbbiekben Infrastucture as a Service vagy IaaS) egy olyan alapvető felhőszolgáltatási réteg, amely lehetővé teszi a szervezetek számára, hogy informatikai infrastruktúrát - szervereket, tárolókat, hálózatokat, operációs rendszereket - béreljenek egy felhőszolgáltatótól. Az IaaS lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy a nyers fizikai szerverraktárakból lefoglalják és rendelkezésre bocsássák a szükséges erőforrásokat. Ezenkívül az IaaS lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy előre konfigurált gépeket foglaljanak speciális feladatokra, például terheléselosztókra, adatbázisokra, e-mail szerverekre, elosztott várólistákra.

A DevOps-csapatok az IaaS-t olyan mögöttes platformként használhatják, amelyre egy DevOps-eszközláncot építhetnek, amely magában foglalhatja különböző harmadik féltől származó eszközök használatát [9].

6.3.2. Platform mint szolgáltatás

A platform mint szolgáltatás (későbbiekben Platform as a Service vagy PaaS) egy IaaS-re épülő felhőinfrastruktúra, amely erőforrásokat biztosít felhasználói szintű eszközök és alkalmazások létrehozásához. Az alapul szolgáló infrastruktúrát, beleértve a számítási, hálózati és tárolási erőforrásokat, valamint a fejlesztőeszközöket, az adatbázis-kezelő rendszereket és a köztes szoftvereket [9].

A PaaS kihasználja az IaaS-t, hogy automatikusan kiossza a nyelvi alapú tech stack működtetéséhez szükséges erőforrásokat. Népszerű nyelvi tech stackek a Ruby On Rails, a Java Spring MVC, a MEAN és a JAM stackek. A PaaS-ügyfelek ezután egyszerűen feltölthetik az alkalmazáskódjukat, amely automatikusan települ a PaaS infrastruktúrájára. Ez egy újszerű és hatékony munkafolyamat, amely lehetővé teszi a csapatok számára, hogy teljes mértékben az adott üzleti alkalmazás kódjára koncentráljanak, és ne aggódjanak a tárhely és az infrastruktúra problémái miatt. A PaaS automatikusan kezeli az infrastruktúra skálázását és felügyeletét, hogy a megfigyelt forgalmi terhelésnek megfelelően növelje vagy csökkentse az erőforrásokat [9].

6.3.3. Szoftver mint szolgáltatás

A szoftver mint szolgáltatás (későbbiekben Software as a Service vagy SaaS) az interneten keresztül, igény szerint és jellemzően előfizetés alapján nyújt szoftveralkalmazásokat. A felhőszolgáltatók üzemeltetik és kezelik az alkalmazást, és szükség szerint gondoskodnak a szoftverfrissítésekről és a biztonsági javításokról. A SaaS-re példák a CRM-rendszerek, webmail-alkalmazások, termelékenységi eszközök, mint a Jira és a Confluence, elemzőeszközök, felügyeleti eszközök, csevegőalkalmazások és még sok más [9].

6.3.4. Funkció mint szolgáltatás

A szolgáltatásként nyújtott funkció (Function as a Service vagy FaaS) olyan felhőalapú számítástechnikai szolgáltatás, amely olyan platformot kínál, amelyen az ügyfelek alkalmazásokat fejleszthetnek, futtathatnak és kezelhetnek. Ezáltal a fejlesztőknek nem kell kiépíteniük és fenntartaniuk az alkalmazás fejlesztéséhez és elindításához szükséges

infrastruktúrát. A felhőszolgáltatók felhőalapú erőforrásokat kínálnak, végrehajtanak egy kódblokkot, visszaadják az eredményt, majd megsemmisítik a felhasznált erőforrásokat [9].

6.4. A felhőalapú számítástechnika előnyei

Csökkentett költség

A felhőalapú erőforrásokat használó csapatoknak nem kell saját hardvereszközöket vásárolniuk. A hardverköltségeken túl a felhőszolgáltatók mindent megtesznek a hardverhasználat maximalizálása és optimalizálása érdekében. Ezáltal a hardver és a számítási erőforrások árucikké válnak, és a felhőszolgáltatók a legalacsonyabb végeredményért versenyeznek [9].

Nagyobb skálázhatóság

Mivel a felhőalapú számítástechnika alapértelmezés szerint rugalmas, a szervezetek igény szerint méretezhetik az erőforrásokat. A felhőalapú számítástechnika automatikus skálázási funkciókat tesz lehetővé a csapatok számára. A felhőalkalmazások a forgalom kiugrásaira reagálva automatikusan képesek csökkenteni és növelni infrastrukturális erőforrásaikat [9].

Nagyobb teljesítmény

A felhőalapú számítástechnika a legújabb és legnagyobb számítási erőforrásokat kínálja. A felhasználók hozzáférhetnek a legújabb, extrém, többmagos CPU-kkal felszerelt, nehéz párhuzamos feldolgozási feladatokra tervezett gépekhez. Emellett a nagy felhőszolgáltatók élvonalbeli GPU és TPU hardveres gépeket kínálnak az intenzív grafikai, mátrix- és mesterséges intelligencia feldolgozási feladatokhoz. Ezek a felhőszolgáltatók folyamatosan frissítik a legújabb processzortechnológiát.

A nagyobb felhőszolgáltatók globálisan elosztott hardverhelyekkel rendelkeznek, amelyek a fizikai kapcsolódási helytől függően nagy teljesítményű kapcsolatokat biztosítanak. Emellett a felhőszolgáltatók globális tartalomszolgáltató hálózatokat kínálnak, amelyek a felhasználói kéréseket és tartalmakat hely szerint gyorsítótárba helyezik [9].

Nagyobb végrehajtási sebesség

A felhőinfrastruktúrákat használó csapatok gyorsabban tudnak végrehajtani és értéket nyújtani ügyfeleiknek. Az agilis szoftvercsapatok kihasználhatják a felhőinfrastruktúrát, hogy gyorsan új virtuális gépeket indíthassanak az egyedi ötletek kikísérletezéséhez és validálásához, valamint automatizálhatják a pipeline tesztelési és telepítési fázisait [9].

Nagyobb biztonság

A privát felhő tárhely elszigetelt tűzfalas infrastruktúrát kínál, amely javítja a biztonságot. Emellett a felhőszolgáltatók számos biztonsági mechanizmust és technológiát kínálnak a biztonságos alkalmazások kialakításához. A felhasználók hozzáférésének ellenőrzése fontos biztonsági szempont, és a legtöbb felhőszolgáltató kínál eszközöket a felhasználók hozzáférésének részletes korlátozására [9].

Folyamatos integráció és szállítás

A folyamatos integráció és folyamatos szállítás (későbbiekben CI/CD) a DevOps-gyakorlók egyik legfontosabb gyakorlata, amely segít növelni a csapat sebességét és csökkenteni a piacra jutási időt. A felhőalapú CI/CD, például a Bitbucket Pipelines lehetővé teszi a csapatok számára, hogy automatikusan építsenek, teszteljenek és telepítsenek kódot anélkül, hogy a CI-infrastruktúra kezelésével vagy karbantartásával kellene foglalkozniuk. A Bitbucket Pipelines a Docker konténerekre támaszkodik a kiadási csővezeték elszigeteltségének és reprodukálhatóságának biztosítása érdekében. A csapatok hasonló parancsokat futtathatnak, mint egy helyi gépen, de minden egyes buildhez friss és reprodukálható beállítás minden előnyével [9].

Átfogó felügyelet és incidenskezelés

A felhőalapú telepítések lehetővé teszik a csapatok számára, hogy eszközeiket a végponttól a végpontig összekapcsolják, megkönnyítve a csővezeték minden részének nyomon követését. Az átfogó felügyelet egy másik kulcsfontosságú képesség a DevOps-ot gyakorló szervezetek számára, mivel lehetővé teszi a problémák és incidensek gyorsabb kezelését. A felhőszolgáltatók megosztják a rendszer állapotára vonatkozó mérőszámokat, beleértve az alkalmazás és a szerver CPU-ját, memóriáját, a kérések számát, a hibaarányt, az átlagos válaszidőt stb. Például a terhelés figyelése sok virtuális gépen keresztül azt jelenti, hogy a csapatok több kapacitást tudnak hozzáadni, ha megnövekszik az igény, vagy a csapatok automatizálhatják a skálázást (fel/le) ezen mérőszámok alapján, hogy csökkentsék az emberi beavatkozást és a költségeket [9].

7. fejezet

Go programozási nyelv

7.1. A programozási nyelv

Minden programozási nyelv tükrözi alkotóinak programozási filozófiáját, amely gyakran jelentős mértékben reagál a korábbi nyelvek vélt hiányosságaira. A Go projekt a Google számos szoftverrendszerével kapcsolatos csalódottságból született, amelyek a komplexitás robbanásszerű növekedésétől szenvedtek. (Ez a probléma korántsem csak a Google-nál jelentkezik.) Ahogy Rob Pike fogalmazott, a "komplexitás multiplikatív": egy probléma megoldása a rendszer egy részének bonyolultabbá tételével lassan, de biztosan növeli a többi rész komplexitását. A funkciók, opciók és konfigurációk hozzáadására, valamint a kód gyors szállítására irányuló állandó nyomás miatt könnyű elhanyagolni az egyszerűséget, pedig hosszú távon az egyszerűség a jó szoftver kulcsa. Az egyszerűség több munkát igényel a projekt elején, hogy egy ötletet a lényegére redukáljunk, és több fegyelmet a projekt teljes élettartama alatt, hogy megkülönböztessük a jó változtatásokat a rossz vagy káros változtatásoktól. Elegendő erőfeszítéssel egy jó változtatás a Fred Brooks által "koncepcionális integritásnak" nevezett terv veszélyeztetése nélkül is megvalósítható, de egy rossz változtatás nem, és egy ártalmas változtatás az egyszerűséget felszínes rokonára, a kényelemre cseréli. Csak a tervezés egyszerűsége révén maradhat egy rendszer stabil, biztonságos és koherens, miközben növekszik. A Go projekt magában foglalja magát a nyelvet, az eszközöket és a szabványos könyvtárakat, és nem utolsósorban a radikális egyszerűség kulturális programját.

Mivel a Go egy nemrégiben kifejlesztett magas szintű nyelv, a visszatekintés előnyeit élvezheti, és az alapok jól sikerültek: van szemétgyűjtés, csomagrendszer, első osztályú függvények, lexikális hatókör, rendszerhívó interfész és megváltoztathatatlan karakterláncok, amelyekben a szöveg általában UTF-8 kódolású. Viszonylag kevés funkcióval rendelkezik, és nem valószínű, hogy továbbiakkal bővül. Például nincsenek implicit numerikus konverziók, nincsenek konstruktorok vagy destruktorok, nincs operátor-túlterhelés, nincsenek alapértelmezett paraméterértékek, nincs öröklés, nincs generika, nincsenek kivételek, nincsenek makrók, nincsenek függvényjegyzetek és nincs szál-lokális tárolás. A nyelv kiforrott és stabil, és garantálja a visszafelé kompatibilitást: a régebbi Go programok lefordíthatók és futtathatók a fordítóprogramok és szabványos könyvtárak újabb verzióival.

A Go elégséges típusrendszerrel rendelkezik ahhoz, hogy elkerülje a legtöbb gondatlan hibát, amely a dinamikus nyelvek programozóit sújtja, de egyszerűbb típusrendszerrel rendelkezik, mint a hasonló tipizált nyelvek. Ez a megközelítés néha a "tipizálatlan" prog-

ramozás elszigetelt zugait eredményezheti a típusok tágabb keretén belül, és a Go programozók nem mennek el olyan messzire, mint a C++ vagy a Haskell programozók, hogy a biztonsági tulajdonságokat típusalapú bizonyításként fejezzék ki. A gyakorlatban azonban a Go a programozóknak a viszonylag erős típusrendszerek biztonsági és futásidőbeli teljesítménybeli előnyeinek nagy részét biztosítja, anélkül, hogy egy összetett típusrendszer terhei terhelnék őket. A Go ösztönzi a kortárs számítógépes rendszerek tervezésének tudatosítását, különösen a lokalitás fontosságát. A beépített adattípusai és a legtöbb könyvtári adatszerkezet úgy van kialakítva, hogy természetesen explicit inicializálás vagy implicit konstruktorok nélkül működjön, így viszonylag kevés memóriafoglalást és memóriaírást rejt a kód.

A Go összesített típusai (struct-ok és tömbök) közvetlenül tartják elemeiket, így kevesebb tárolást és kevesebb allokációt és mutató indirekciót igényelnek, mint az indirekt mezőket használó nyelvek. Mivel a modern számítógép egy párhuzamos gép, a Go rendelkezik a CSP-n alapuló párhuzamossági funkciókkal, ahogy azt már korábban említettük. A Go könnyű szálainak vagy goroutine-ainak változó méretű halmai kezdetben elég kicsik ahhoz, hogy egy goroutine létrehozása olcsó, és egymillió létrehozása praktikus. A Go szabványos könyvtára, amelyet gyakran úgy jellemeznek, hogy "elemekkel együtt" érkezik, tiszta építőelemeket és API-kat biztosít az I/O, a szövegfeldolgozás, a grafika, a kriptográfia, a hálózatépítés és az elosztott alkalmazások számára, számos szabványos fájlformátum és protokoll támogatásával. A könyvtárak és az eszközök széleskörűen használják a konvenciókat, hogy csökkentsék a konfiguráció és a magyarázat szükségességét, ezáltal egyszerűsítve a programlogikát, és a különböző Go programokat egymáshoz hasonlóbbá és ezáltal könnyebben tanulhatóvá téve. A go eszközzel épített projektek csak fájl- és azonosítóneveket, valamint egy alkalmi speciális megjegyzést használnak a projekt összes könyvtárának, futtatható fájljának, tesztjének, tesztjének, benchmarkjának, példájának, platform-specifikus változatának és dokumentációjának meghatározásához; a Go forrás maga tartalmazza az építési specifikációt [8].

7.2. Csomagkezelő

Egy szerény méretű program ma akár 10.000 függvényt is tartalmazhat. Szerzőjének azonban csak néhányra kell gondolnia, és még kevesebbet kell megterveznie, mert a túlnyomó többséget mások írták, és csomagok révén újrafelhasználásra bocsátották. A Go több mint 100 szabványos csomagot tartalmaz, amelyek a legtöbb alkalmazás alapját képezik. A Go közösség, a csomagtervezés, -megosztás, -újrafelhasználás és -fejlesztés virágzó ökoszisztémája még sokkal többet publikált, és ezek kereshető indexe megtalálható a http://godoc.org oldalon. A Go a go tool-t is tartalmazza, egy kifinomult, de egyszerűen használható parancsot a Go csomagok munkaterületeinek kezelésére.

Minden csomagrendszer célja, hogy a nagy programok tervezését és karbantartását praktikussá tegye azáltal, hogy a kapcsolódó funkciókat könnyen értelmezhető és módosítható egységekbe csoportosítja, függetlenül a program többi csomagjától. Ez a modularitás lehetővé teszi, hogy a csomagokat különböző projektek megosszák és újra felhasználják, egy szervezeten belül terjesszék, vagy a nagyvilág számára elérhetővé tegyék. Minden csomag egy külön névteret határoz meg, amely az azonosítóit foglalja magába. Minden név egy adott csomaghoz kapcsolódik, így rövid, egyértelmű neveket választhatunk a leggyakrabban használt típusokhoz, függvényekhez stb. anélkül, hogy konfliktusokat okoznánk a program más részeivel. A csomagok kapszulázást is biztosítanak azáltal, hogy szabá-

lyozzák, mely nevek láthatók vagy exportálhatók a csomagon kívülre. A csomagtagok láthatóságának korlátozása elrejti a segédfüggvényeket és típusokat a csomag API-ja mögé, lehetővé téve a csomag karbantartójának, hogy az implementáció megváltoztatásával biztos lehessen abban, hogy a csomagon kívüli kódot ez nem érinti. A láthatóság korlátozása a változókat is elrejti, így az ügyfelek csak olyan exportált függvényeken keresztül érhetik el és frissíthetik őket, amelyek megőrzik a belső invariánsokat, vagy kölcsönös kizárást kényszerítenek ki egy párhuzamos programban. Amikor megváltoztatunk egy fájlt, újra kell fordítanunk a fájl csomagját és potenciálisan az összes olyan csomagot, amely függ tőle. A Go fordítása jelentősen gyorsabb, mint a legtöbb más fordított nyelvé, még akkor is, ha a nulláról építkezünk. A fordító sebességének három fő oka van. Először is, minden importált csomagot explicit módon fel kell sorolni minden forrásfájl elején, így a fordítónak nem kell egy egész fájlt elolvasnia és feldolgoznia, hogy meghatározza a függőségeket. Másodszor, egy csomag függőségei egy irányított aciklikus gráfot alkotnak, és mivel nincsenek ciklusok, a csomagok külön-külön és esetleg párhuzamosan fordíthatók. Végül, egy lefordított Go csomag objektumfájlja nemcsak magára a csomagra, hanem a függőségeire vonatkozó exportinformációkat is rögzíti. Egy csomag fordításakor a fordítónak minden importáláshoz be kell olvasnia egy objektumfájlt, de ezeken a fájlokon túl nem kell néznie [8].

7.3. Tesztelés

A mai programok természetesen sokkal nagyobbak és összetettebbek, emiatt rengeteg erőfeszítést tettek olyan technikák kifejlesztésére, amelyek ezt a komplexitást kezelhetővé teszik. Különösen két technika emelkedik ki hatékonyságával. Az első a programok rutinszerű szakértői felülvizsgálata, mielőtt bevezetésre kerülnének. A második, amely ennek a fejezetnek a tárgya, a tesztelés. A tesztelés, amely alatt implicit módon az automatizált tesztelést értjük, olyan kis programok írásának gyakorlata, amelyek ellenőrzik, hogy a tesztelt kód (a production kód) a várt módon viselkedik-e bizonyos bemenetek esetén, amelyek általában vagy gondosan megválasztottak, hogy bizonyos funkciókat gyakoroljanak, vagy véletlenszerűek, hogy széleskörű lefedettséget biztosítsanak. A szoftvertesztelés területe hatalmas. A tesztelés feladata minden programozót időnként, néhány programozót pedig állandóan foglalkoztat. A teszteléssel kapcsolatos szakirodalom több ezer nyomtatott könyvet és több millió szavas blogbejegyzéseket tartalmaz. Minden elterjedt programozási nyelvben több tucat tesztkészítésre szánt szoftvercsomag létezik, némelyikben rengeteg elméletet, és úgy tűnik, a terület nem kevés prófétát vonz, akiknek kultikus követői vannak. Ez szinte elég ahhoz, hogy meggyőzzük a programozókat arról, hogy a hatékony tesztek írásához egy egész sor új készséget kell elsajátítaniuk. A Go tesztelési megközelítése ehhez képest meglehetősen alacsony technológiai színvonalúnak tűnhet. Egyetlen parancsra támaszkodik, a go test , és egy sor konvencióra a tesztfüggvények írásához, amelyeket a go test képes lefuttatni. A viszonylag könnyű mechanizmus hatékony a tiszta teszteléshez, és természetesen kiterjeszthető a benchmarkokra és a dokumentációhoz szükséges szisztematikus példákra.

A gyakorlatban a tesztkód írása nem sokban különbözik az eredeti program írásától. Rövid függvényeket írunk, amelyek a feladat egy részére összpontosítanak. Vigyáznunk kell a peremfeltételekre, gondolkodnunk kell az adatszerkezeteken, és érvelnünk kell, hogy a megfelelő bemenetekből milyen eredményeket kell produkálnia a számításnak. De ez ugyanaz a folyamat, mint a közönséges Go kód írása; nem kell új jelöléseket, konvenciókat és eszközöket használni hozzá. A go test alparancs a Go csomagok tesztelője, amelyek

bizonyos konvenciók szerint vannak megszervezve. Egy csomagkönyvtárban a _test.go végződésű fájlok nem részei a go build által épített csomagnak, de a go test által épített csomagnak igen. A *_test.go fájlokon belül háromféle funkciót kezelünk speciálisan : tesztek, benchmarkok és példák. A tesztfüggvény, amely egy olyan függvény, amelynek neve Test -el kezdődik, a program logikájának helyes viselkedését vizsgálja; a go test meghívja a tesztfüggvényt és az eredményt jelenti, amely vagy "PASS" vagy "FAIL". A benchmark függvény neve Benchmarkkal kezdődik, és valamilyen művelet teljesítményét méri; a go test a művelet átlagos végrehajtási idejét jelenti. Egy példafüggvény pedig, amelynek neve Example-vel kezdődik, gépileg ellenőrzött dokumentációt biztosít. A go test eszköz átvizsgálja a *_test.go fájlokat ezen speciális függvények után, létrehoz egy ideiglenes főcsomagot, amely mindegyiket a megfelelő módon hívja meg, felépíti és lefuttatja, jelenti az eredményeket, majd takarít [8].

8. fejezet

Elosztott verziókezelő rendszerek

8.1. Git

A verziókezelő rendszer (későbbiekben Version Control System vagy VCS) nyomon követi a változtatások történetét, ahogy az emberek és a csapatok együtt dolgoznak a projekteken. Ahogy a fejlesztők változtatásokat végeznek a projekten, a projekt bármely korábbi verziója bármikor visszaállítható.

A fejlesztők áttekinthetik a projekttörténetet, hogy megtudják:

- Milyen változtatásokat végeztek.
- Ki végezte a változtatásokat.
- Mikor történtek a változtatások.
- Miért volt szükség a változtatásokra.

A VCS-ek minden egyes közreműködőnek egységes és konzisztens képet adnak a projektről, felszínre hozva a már folyamatban lévő munkát. A változtatások átlátható előzményeinek, a változtatásokat végző személyeknek és a projekt fejlődéséhez való hozzájárulásuknak a megtekintése segít a csapattagoknak abban, hogy a független munka során is összhangban maradjanak.

Egy elosztott verziókezelő rendszerben (későbbiekben Distributed Version Control System vagy DVCS) minden fejlesztő rendelkezik a projekt és a projekttörténet teljes másolatával. Az egykor népszerű központosított verziókezelő rendszerekkel ellentétben a DVCS-eknek nincs szükségük állandó kapcsolatra egy központi adattárral.

A Git a legnépszerűbb elosztott verziókezelő rendszer. A Git-et gyakran használják nyílt forráskódú és kereskedelmi szoftverfejlesztésre egyaránt, és jelentős előnyökkel jár az egyének, a csapatok és a vállalkozások számára:

- A Git segítségével a fejlesztők egy helyen láthatják a változtatások, döntések és a projekt előrehaladásának teljes idővonalát. Attól a pillanattól kezdve, hogy hozzáférnek egy projekt előzményeihez, a fejlesztő minden szükséges kontextussal rendelkezik ahhoz, hogy megértse azt, és elkezdjen hozzájárulni.
- A fejlesztők minden időzónában dolgoznak. Egy olyan DVCS-vel, mint a Git, az együttműködés bármikor megtörténhet, miközben a forráskód integritása megmarad. Az ágak használatával a fejlesztők biztonságosan javasolhatnak változtatásokat a termelési kódhoz.
- A Git-et használó vállalkozások lebonthatják a csapatok közötti kommunikációs akadályokat, és a csapatok a legjobb munkájukra koncentrálhatnak. Ráadásul a Git lehetővé teszi, hogy az egész vállalat szakértői együttműködjenek a nagyobb projektekben.

A repository vagy Git-projekt a projekthez tartozó fájlok és mappák teljes gyűjteményét foglalja magában, az egyes fájlok revíziós előzményeivel együtt. A fájlok előzményei időbeli pillanatképek formájában jelennek meg, amelyeket commitoknak nevezünk. A commitok több fejlesztési sorba, úgynevezett ágakba szervezhetők. Mivel a Git egy DVCS, a tárolók önálló egységek, és bárki, aki rendelkezik a tároló másolatával, hozzáférhet a teljes kódbázishoz és annak történetéhez. A parancssor vagy más egyszerű kezelőfelületek használatával a Git-tár lehetővé teszi a következőket is: interakció az előzményekkel, a tár klónozása, ágak létrehozása, átadás, beolvasztás, összevonás, a kódverziók közötti változások összehasonlítása stb.

Az olyan platformokon keresztül, mint a GitHub, a Git több lehetőséget biztosít a projektek átláthatóságára és együttműködésére is. A nyilvános adattárak segítik a csapatok együttműködését a lehető legjobb végtermék létrehozásában [2].

8.2. GitHub

A GitHub egy olyan fejlesztési platform, amely lehetővé teszi a kódok tárolását és felülvizsgálatát, a projektek kezelését és a szoftverek készítését 50 millió fejlesztővel együttműködve. Miért épít mindenki a GitHubra? Mert biztosítja azokat a fontos DevOps funkciókat, amelyekre a vállalatoknak és a különböző méretű szervezeteknek szükségük van a nyilvános és magánprojektjeikhez. Legyen szó funkciók tervezéséről, hibák javításáról vagy a változtatásokon való együttműködésről, a GitHub az a hely, ahol a világ szoftverfejlesztői összegyűlnek, hogy dolgokat hozzanak létre és aztán jobbá teszik őket. A GitHub egy felhőplatform, amely a Git-et használja alapvető technológiaként. Leegyszerűsíti a projekteken való együttműködés folyamatát, és olyan weboldalt, parancssori eszközöket és általános folyamatot biztosít, amely lehetővé teszi a fejlesztők és a felhasználók közös munkáját.

8.2.1. GitHub Actions ismertető

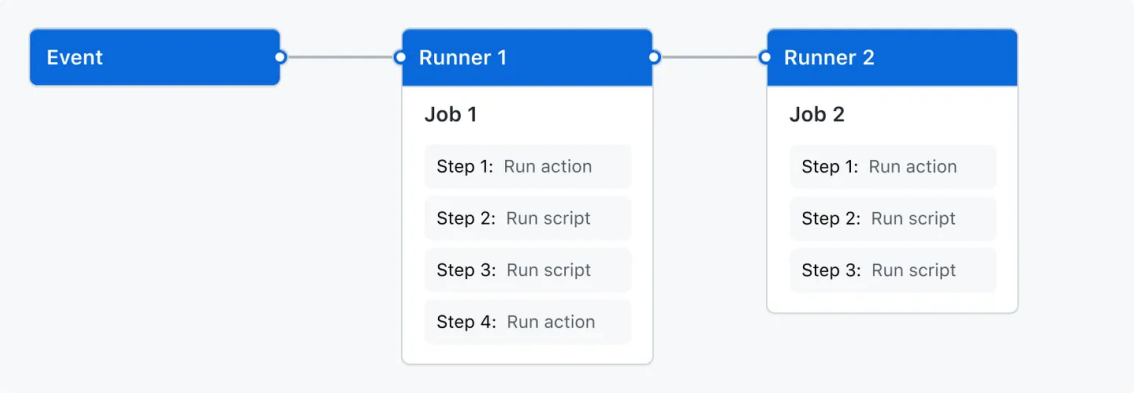
A GitHub Actions egy folyamatos integrációs és folyamatos szállítási (későbbiekben CI/CD) platform, amely lehetővé teszi, hogy automatizálja a build, a tesztelés és a telepítés folyamatot. Létrehozhat olyan munkafolyamatokat (későbbiekben workflow), amelyek minden egyes pull-kérelem után build-el és tesztel a tárolóban (későbbiekben repository).

A GitHub Actions túlmutat a DevOps-on, és lehetővé teszi, hogy workflow-kat futtasson, amikor más események is történnek a tárolóban. Például futtathat olyan workflow-t, amely automatikusan hozzáadja a megfelelő címkéket, amikor valaki új problémát (későbbiekben issue) hoz létre az respository-ban.

A GitHub Linux, Windows és macOS virtuális gépeket biztosít a workflow-ok futtatásához, de saját adatközpontban vagy felhő-infrastruktúrában is hosztolhatsz saját, saját üzemeltetésű futásokat (későbbiekben runner) [3].

8.2.2. A GitHub Actions elemei

Konfigurálhat egy GitHub Actions workflow-t, amely akkor indul el, amikor egy esemény történik a repository-ban, például egy pull request megnyitásakor vagy egy issue létrehozásakor. A workflow egy vagy több feladatot tartalmaz, amelyek futhatnak egymás utáni sorrendben vagy párhuzamosan (lásd 8.1 ábrán). Minden egyes feladat a saját virtuális gépi runner-jén vagy egy konténeren belül fut, és egy vagy több lépésből áll, amelyek vagy egy általad definiált szkriptet futtatnak, vagy egy műveletet futtatnak, ami egy újrafelhasználható bővítmény, amely egyszerűsítheti a workflow-t [3].



8.1. ábra. Egy esemény diagramja, amely az 1. runner-t az 1. feladat futtatására indítja, ami a 2. runner-t a 2. feladat futtatására indítja. Mindegyik feladat több lépésre van bontva [3].

Workflows

A workflow egy konfigurálható automatizált folyamat, amely egy vagy több feladatot futtat. A workflow-kat az repository-ba bevitt YAML fájl határozza meg, és akkor futnak, amikor az repository-ban lévő esemény kiváltja őket, vagy manuálisan, illetve meghatározott ütemezés szerint is elindíthatók.

A workflow-k a .github/workflows könyvtárban vannak definiálva egy repository-ban, és egy repository-hoz több workflow is tartozhat, amelyek mindegyike más-más feladatokat végezhet. Például lehet egy workflow a pull-kérelmek létrehozására és tesztelésére, egy másik workflow az alkalmazás telepítésére minden egyes kiadás létrehozásakor, és még egy másik workflow, amely minden egyes alkalommal hozzáad egy címkét, amikor valaki új issue-t nyit. Hivatkozhat egy workflow-ra egy másik workflow-on belül [3].

Events

Az esemény (event) egy konkrét tevékenység egy repository-ban, amely egy workflow végrehajtását indítja el. Az aktivitás például a GitHubról származhat, amikor valaki létrehoz egy pull requestet, megnyit egy issue-et, vagy egy commit-ot küld a repositoryba. A workflow-t időzítéssel, REST API-ba való beküldéssel vagy manuálisan is elindíthatja [3].

Jobs

A feladat (job) egy workflow lépéseinek olyan csoportja, amelyet ugyanazon a runneren hajtanak végre. Minden lépés vagy egy végrehajtandó shell szkript, vagy egy végrehajtandó művelet. A lépések sorrendben kerülnek végrehajtásra, és egymástól függnek. Mivel minden lépés ugyanazon a futón kerül végrehajtásra, az adatokat megoszthatja egyik lépésről a másikra. Például lehet egy lépés, amely elkészíti az alkalmazást, majd egy lépés, amely teszteli a felépített alkalmazást.

Beállíthatja egy feladat függőségeit más feladatokkal; alapértelmezés szerint a feladatoknak nincsenek függőségeik, és párhuzamosan futnak egymással. Ha egy feladat függőséget vesz fel egy másik feladattól, akkor megvárja a függő feladat befejezését, mielőtt lefuthatna. Lehet például több, különböző architektúrákhoz tartozó építési feladat, amelyek nem függnek egymástól, és egy csomagolási feladat, amely függ ezektől a feladatoktól. A build feladatok párhuzamosan futnak, és ha mindegyik sikeresen befejeződött, akkor a csomagolási feladat is lefut [3].

Actions

A művelet (action) a GitHub Actions platform egyéni alkalmazása, amely egy összetett, de gyakran ismétlődő feladatot hajt végre. Egy művelet használatával csökkentheti a workflow fájlokban írt ismétlődő kód mennyiségét. Egy művelet lehívhatja a git-tárat a GitHubról, beállíthatja a megfelelő eszköztárat az build környezetéhez, vagy beállíthatja a hitelesítést a felhőszolgáltatónál.

Írhat saját műveleteket, vagy találhat workflow-okhoz felhasználható műveleteket a GitHub Marketplace-en [3].

Runners

A futtató (későbbiekben runner) egy olyan kiszolgáló, amely a workflow-okat futtatja, amikor azoknak el kell elindulniuk. Minden runner egyszerre egyetlen feladatot futtathat. A GitHub Ubuntu Linux, Microsoft Windows és macOS runnereket biztosít a workflow-ok

```yaml
name: learn-github-actions
run-name: ${{ github.actor }} is learning GitHub Actions
on: [push]
jobs:
  check-bats-version:
    runs-on: ubuntu-latest
    steps:
      - uses: actions/checkout@v3
      - uses: actions/setup-node@v3
        with:
          node-version: '14'
      - run: npm install -g bats
      - run: bats -v
```

8.2. ábra. Példa kód a GitHub Actions használatára [3].

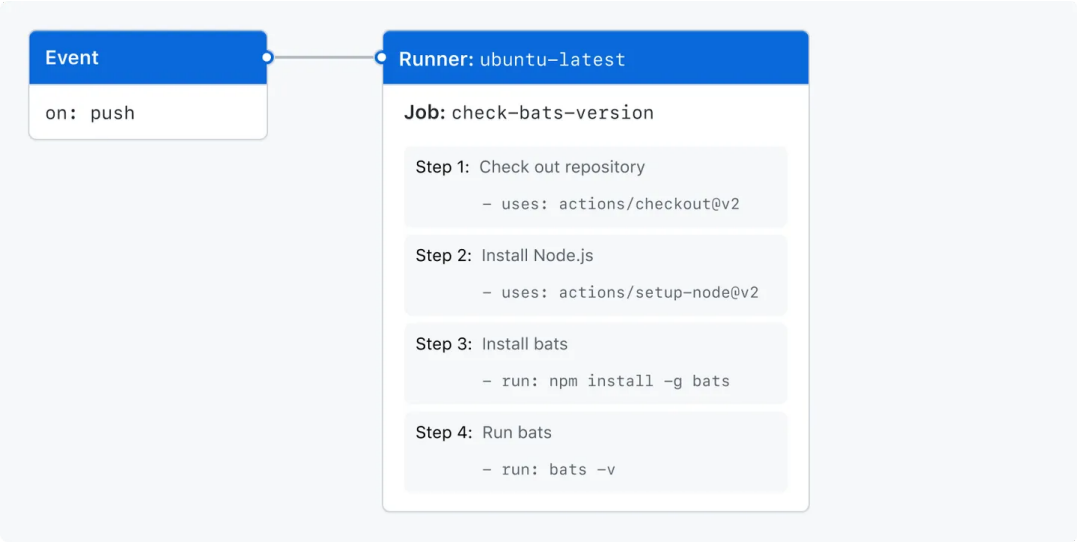
futtatásához; minden workflow futtatása egy friss, újonnan rendelkezésre bocsátott virtuális gépen történik. A GitHub nagyobb futókat is kínál, amelyek nagyobb konfigurációkban állnak rendelkezésre [3].

Egy példa workflow

A GitHub Actions YAML szintaxist használ a workflow-ok meghatározásához. Minden workflow különálló YAML-fájlként tárolódik a kódtárában, a .github/workflows nevű könyvtárban.

Létrehozhat egy példát a repository-jában ahogyan a 8.2 ábrán is látható, amely automatikusan elindít egy sor parancsot, amikor kódot küldünk be. Ebben a workflow-ban a GitHub Actions ellenőrzi a beküldött kódot, telepíti a bats tesztelési keretrendszert, és lefuttat egy alapvető parancsot a bats verziójának kiadására: bats -v [3].

A 8.3 ábrán látható az imént létrehozott példa workflow fájl, valamint a GitHub Actions összetevőinek hierarchikus elrendezése. Minden lépés egyetlen műveletet vagy szkriptet hajt végre. Az 1. és 2. lépés műveleteket, míg a 3. és 4. lépés szkripteket futtat.



8.3. ábra. Egy workflow triggerét, runner-ét és feladatát bemutató ábra. A feladat 4 lépésre van bontva [3].

9. fejezet

KLI CLI

9.1. Tervezés

A tervezés legelső fázisában meg lett határozva, hogy milyen problémát szeretnék megoldani. Ennek a projektnek az volt a célja, hogy létrehozzon egy felhasználóbarátabb lehetőséget istio operátor telepítésére és ezen feladatokon keresztül megismerkedjem a kubernetes müködésével go programozási nyelven keresztül. Fontos szempont volt, hogy a program felépítése moduláris legyen és könnyen hozzáférhető, ami a továbbfejlesztését teszi lehetővé ennek a programnak.

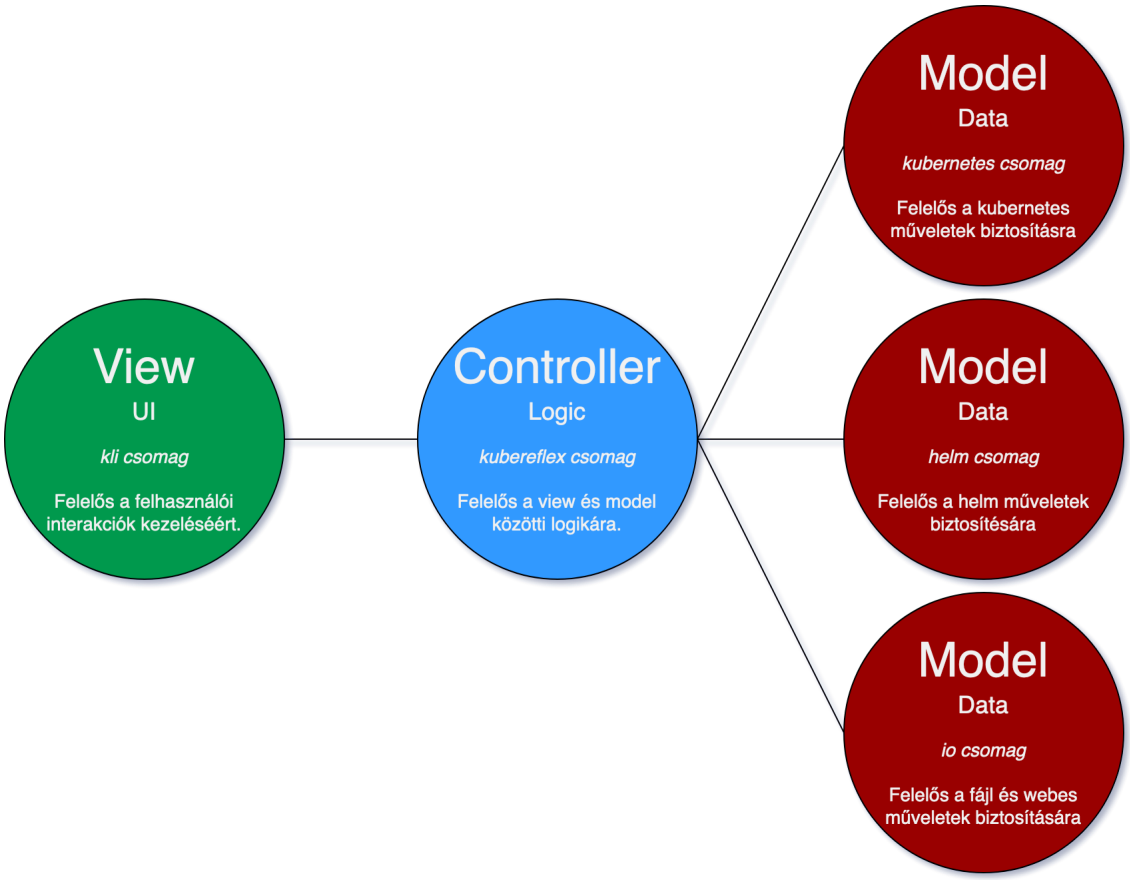
A tervezés következő fázisa a megvalósításhoz szükséges eszközök, erőforrások és elméleti anyagok összegyűjtése volt. Ezeknek az anyagoknak az összegyűjtése kihívásokkal járt, mert az interneten fellelhető cikkek közül rengeteg volt elavult.

A programozási nyelv választása egyszerű feladatnak bizonyult, ugyanis elterjedt a go programozási nyelv használata mikroszolgáltatások körében. Széleskörű könyvtár választék állt rendelkezésre a kubernetes API szerver kommunikáció lebonyolítására, helm chart telepítésére, yaml fájlok beolvasására és kezelésére. Szintaktikája hasonló a C és Python programozási nyelvekhez, így hamar sikerült elsajátítanom.

A tervezés utolsó fázisában került elő a program felépítésének kialakítása. Kettő logikai részre osztottam a CLI-t, ami kli és kubereflex csomagokként jelenik meg. Ennek célja a felület és logika kódjának szeparálása, így egyszerűbb fejlesztést és tesztelést tesz lehetővé.

Model-View-Controller ismertetése

A Model-View-Controller (későbbiekben MVC) programtervezési mintát használtam a fejlesztéskor ahogy az a 9.1 ábra is szemlélteti. Ez a model segített abban, hogy szétválasszam a nézet réteget az adatrétegtől. A két réteg közötti kommunikációt egy vezérlői réteg oldja meg. Itt történik az adatok átadása, validálása az üzleti logika segítségével. Mivel a modulok a projetkben függetlenek egymástól köszönhetően az MVC alkalmazásának, így könnyű volt a későbbiekben változtatni és bővíteni az egyes modulok viselkedését. A tesztelhetőséget is nagyban megkönnyítette, mivel lehetőség adódott szimulálni (mockolni) egy adott modult a másik modul tesztelésekor.



9.1. ábra. Diagram a projekt felépítéséről

9.2. Megvalósítás

9.2.1. CLI keretrendszer

A CLI funkciók implementálását nagyban felgyorsította spf13 felhasználó által fejlesztett cobra könyvtár. Ez a könyvtár csomag egy keretrendszert biztosít a konzolos applikációk fejlesztéséhez és biztosít könnyen generálható cobra alkalmazásokat. Ez a generált alkalmazás funkció egy könnyen érthető és bővíthető vázat kínált számomra, amit kibővítettem a saját kódommal.

Használata egyszerű volt, mivel a go csomagkezelővel könnyedén telepíthető a cobra. A telepítés után a cobra init parancs legenerálta a váz kódot és a cobra add parancs adta hozzá a parancsokat ehhez a vázhoz. Ezt a kiindulási kód csomagot neveztem el kli-nek.

A kli csomag felel a felhasználói felület kezeléséért mint például:

- Flag-ek kezelése.
- Interaktív kontextus választó menü.
- Felhasználói visszajelzések a folyamatokról üzenetek formájában.
- Segítség a konzolos parancsok használatához.

Az install és uninstall parancsokhoz tartoznak flag-ek, melyekkel konfigurálni lehet bizonyos paramétereit az adott parancsnak. Az install és uninstall flag-ek rövid ismertetése:

- --main-cluster vagy -c segít az elsődleges cluster konfigurációs fájl elérési útvonalának megadásában.
- --secondary-cluster vagy -C segít az másodlagos cluster konfigurációs fájl elérési útvonalának megadásában.
- --main-context vagy -k segít az elsődleges cluster kontextus nevének megadásában.
- --secondary-context vagy -K segít az másodlagos cluster kontextus nevének megadásában.
- --active-custom-resource vagy -r segít az elsődleges cluster istio control plane resource konfigurációs fájl elérési útvonalának megadásában.
- --passive-custom-resource vagy -R segít az másodlagos cluster istio control plane resource konfigurációs fájl elérési útvonalának megadásában.
- --attach vagy -a segít a kettő megadott cluster-t összekapcsolni.
- --detach vagy -d segít a kettő megadott cluster-t szétválasztani.
- --verify vagy -v segít a telepített resource-ok helyességének ellenőrzésében.
- --timeout vagy -t segít beállítani a várakozási időt egy resource telepítésénél.
- --help vagy -h segít leírni a parancsokat.

Használati példák:

- kli install --active-custom-resource istio_a_resource.yaml --passive-custom-resource istio_p_resource.yaml --attach --verify --timeout 90
- kli uninstall --active-custom-resource istio_a_resource.yaml --passive-custom-resource istio_p_resource.yaml --detach

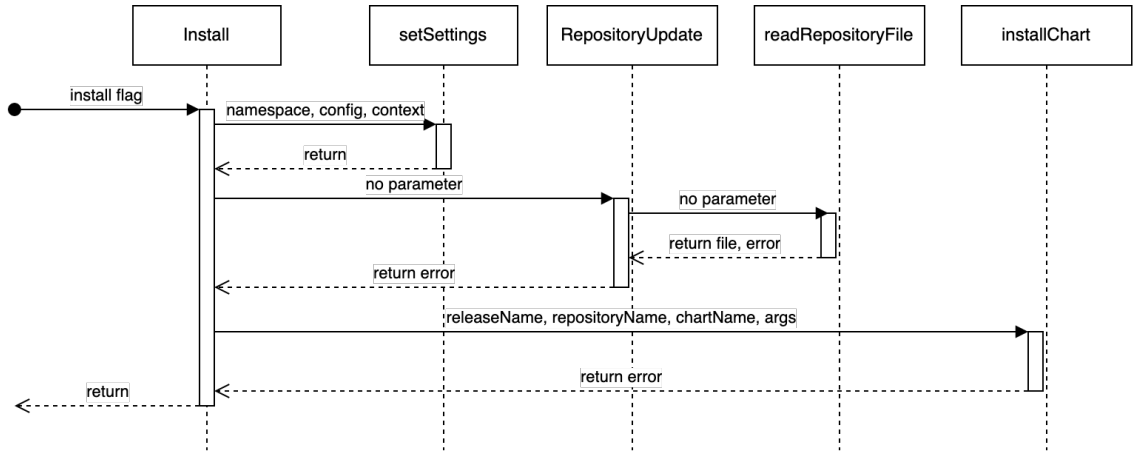
Amikor meghívjuk az install flag-ek akkor a telepítés előtt ellenőrzés zajlik le, majd egy repository hozzáadás és frissítés. Ezután települ fel a helm csomag. A célja ennek a front-end csomagnak, hogy minimalizálja a függőségeit a külső moduloktól és csak a kubereflex back-end csomag funkcióira támaszkodjon.

9.2.2. Controller bemutatása

A kubereflex csomag felépítése modulárisra lett tervezve. A csomag fő modulja arra szolgál, hogy publikusan elérhetővé tegye az amúgy privát funkciókat az almodulokból és egy kontroller szerepet töltsön be. Itt található a üzleti logika, az adatok átadása és a hibák kezelése is. A következő szekciókban az kubereflex almoduljait fogom bemutatni.

helm almodul

Ez az almodul felel az összes olyan funkcióért, amit a Helm csomagkezelővel szeretnénk végrehajtani. Példaképpen felhozható az előre kész helm chart applikáció telepítése, törlése, repository hozzáadása és frissítése. Egy chart telepítésének folyamata látható a 9.2 ábrán. Ahhoz, hogy egy chart telepíthető legyen elő kell készíteni egy helm klienst. Ezután a helm kliens használatával frissíteni kell a lokális repository konfigurációnkat, ahonnan majd elérhető lesz a telepíteni kívánt chart. Létre kell hozni egy telepítési cselekvést (későbbiekben action), ami leírja részletesen a chart adatait. Ilyen adatnak tekinthető a kiadási név (későbbiekben release name), opcionális paraméterek a chart-nak, helm kliens verziószáma és melyik névtérbe (későbbiekben namespace) legyen telepítve a chart. Ez az action kérés fog átadásra kerülni a helm kliensnek, amely azt feldolgozza.



9.2. ábra. Egyszerűsített diagram a helm chart telepítési folyamatáról.

A következő metódusok funkcióinak összefoglalása:

- setSettings metódus felel a helm kliens névterének, kubernetes konfigurációs fájl beállításáért és a kubernetes kontextus megadásáért.
- Install metódus feladata, hogy meghívja a szükséges függvényeket a telepítés lefuttatása előtt és hiba esetén térjen vissza a hiba okával.
- RepositoryUpdate metódus foglalkozik a lokális helm repository frissítésével, hogy elérhetőek legyenek a legfrissebb chart-ok.
- readRepositoryFile metódus egy segéd metódus, ami a lokális repository fájl beolvasásáért és feldolgozásáért felel.
- installChart metódus a tényleges chart telepítésének lokációja. Telepítés előtt ellenőrzés alá kerül az átadott opcionális paraméterek, a chart típusa és esetleges más chart függőségek. Hiba esetén visszaadja a hiba okát az őt meghívó metódusnak.

kubectl almodul

Ez az almodul felel az összes olyan funkcióért, amit a Kubernetes API szerverrel közvetlen kommunikáción keresztül kell végrehajtani. Főbb feladatköre ennek az almodulnak az egyedi kubernetes REST kliensek létrehozása, erőforrások, névterek és deploymentek létrehozása illetve ellenőrzése, erőforrások alkalmazása és multi-cluster funkcionalitás megvalósítása.

io almodul

Ez az almodul felel minden fájl művelettel kapcsolatos funkciókért. Elsősorban a config fájlok betöltését teszi lehetővé a memóriába, de CRD leíró yaml fájl letöltésére is képes. Ennek az almodulnak a segítségével lehetséges a kontextus választó menü, mivel a kubernetes elérhető kontextusokat a konfigurációs fájlban vannak eltárolva.

9.3. Telepítés és törlés funkció működése

Telepítés menete

A telepítési parancs lefuttatásakor létrejön egy kubernetes kliens és egy helm kliens. A helm kliens segítségével hozzáadom a repository-kat a lokális rendszerhez, melyből telepítésre fog kerülni kettő chart. Az egyik chart az Istio operator telepítéséért felel, melynek paramétereként átadásra kerül a konfigurációs fájlja. Ez a konfigurációs fájl írja le, hogy milyen típusú erőforrás, milyen névvel és melyik névtérben legyen létrehozva, a verziószámát és a módját. Ebből látható egy példa fájl részlete a 9.3 ábrán.

A chart-ok telepítése után a kubernetes kliens segítségével ellenőrzöm a resource-ok rendelkezésre álló állapotukat, ha a felhasználó használja az ehhez kialakított flag-et.

Kétféle mód létezik ehhez az Istio operator-hoz. Az egyik az aktív (későbbiekben active) a másik a passzív (későbbiekben passive). Az active és passive mód különbsége

```
apiVersion: servicemesh.cisco.com/v1alpha1
kind: IstioControlPlane
metadata:
  annotations:
    controlplane.istio.servicemesh.cisco.com/namespace-injection-source: "true"
  generation: 1
  name: icp-v115x
  namespace: istio-system
spec:
  meshExpansion:
    enabled: true
  mode: ACTIVE
  networkName: network1
  version: 1.15.3
...
```

9.3. ábra. A IstioControlPlane típusú egyedi erőforrás konfigurációs fájl melyet telepítési paranccsal átadtam.

```
apiVersion: clusterregistry.k8s.cisco.com/v1alpha1
kind: Cluster
metadata:
  name: demo-active
spec:
  authInfo:
    secretRef:
      name: demo-active
      namespace: cluster-registry
  clusterID: f21b9aba-042a-4b88-bf8e-c7853e9e4e08
  kubernetesApiEndpoints:
  - serverAddress: 34.73.19.80
...
```

9.4. ábra. Egy Cluster típusú egyéni erőforrás konfigurációs fájl részlete.

abban mutatkozik meg, hogy az active módban létre lesz hozva egy Istio Control Plane (későbbiekben ICP) resource, míg a passive módban nem. Ez az ICP felel az Istio specifikus erőforrások kezelésében, így szükséges egy cluster-es megoldásokban a telepítése. Multi-cluster megoldásnál van lehetőségünk a másodlagos cluster-nél kihagyni az ICP telepítését a passive mód segítségével.

A multi-cluster összecsatolási megoldásom a cluster registry chart-on alapszik. Miután feltelepült az Istio operator mindkettő cluster-re, feltelepítem a cluster registry chart-ot is. Ez a chart biztosít pár CRD-t, mely hasznos a cluster azonosítására és állapotának követésére.

Mikor feltelepül a cluster registry létrejön egy Cluster típusú resource, mely tartalmazza a cluster nevét és azonosítóját, secret-énck nevét és névterét, az API végpont publikus IP címét (ahogy látható a 9.4 ábrán is).

A cluster registry legenerál egy Secret típusú resource-ot is, mely minden cluster-en kiptográfiailag van generálva. Ennek a Secret-nek van neve, névtere és benne található meg a kubeconfig érték is, mely szükséges az API végponti kommunikációhoz. Ennek egy minta konfigurációja látható a 9.5 ábrán.

```
apiVersion: v1
kubeconfig: YXB...
kind: Secret
name: demo-active
namespace: cluster-registry
type: k8s.cisco.com/cluster-registry-secret
...
```

9.5. ábra. Egy Secret típusú erőforrás konfigurációs fájl részlete melyre hivatkozik a Cluster erőforrás.

Amikor kettő cluster-t összekapcsolja a programom, akkor a Secret és Cluster erőforrásokat másolom át egyik cluster-ből a másikba. Az operátor észleli a változást és megpróbálja a kapcsolatot létrehozni.

9.4. Multi-cluster funkció működése

Active-passive mód

A multi-cluster megoldást nyújt azokra az esetekre, mikor több cluster-t egyszerre szeretnénk konfigurálni és megosztani az erőforrásaikat egymás között. Az Istio control plane létrehoz egy publikus átjárót (ahogy az látható a 9.6 ábrán is), melyen keresztül tud a másik cluster szolgáltatásai adatokat küldeni az active cluster-nek. Mivel az active cluster ismeri a passive cluster API szerver címét, így tud kéréseket küldeni arra, ezzel megvalósítva olyan funkciókat mint például erőforrás szinkronizálás és konfigurálás.

Active-active mód

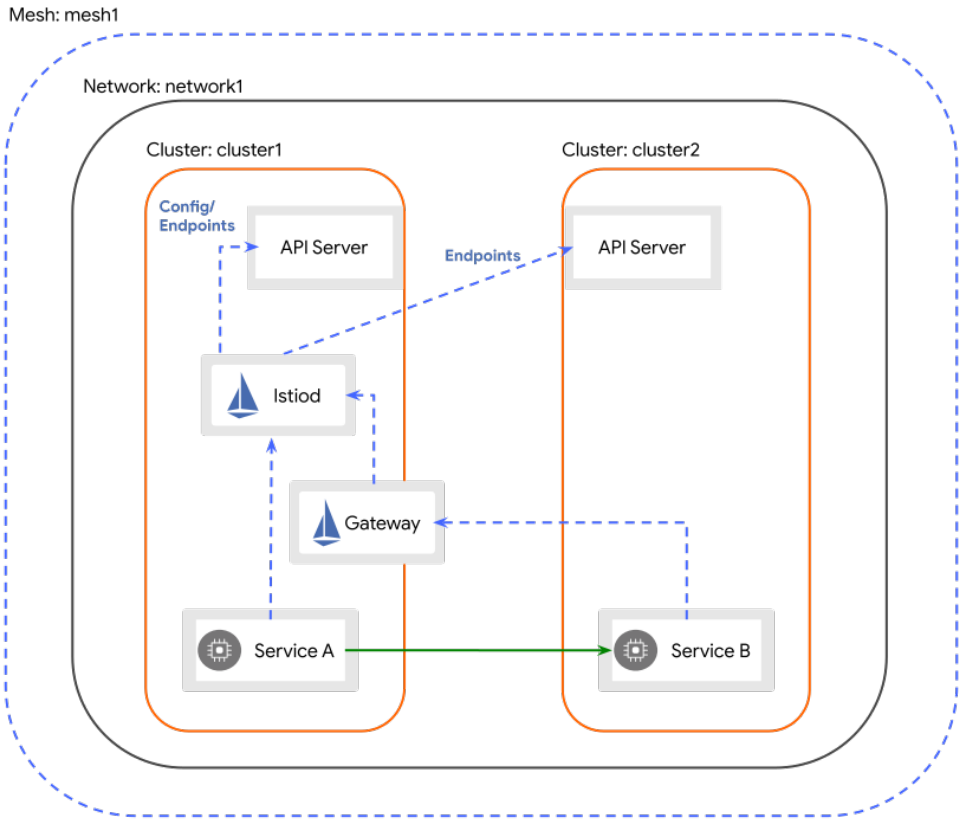
Az active-active módban mindkettő cluster rendelkezik Istio Control Plane resource-al. Mivel ebben az esetben mindegyik cluster-en van ICP és ismeri a másik cluster API végpontját, így nincs szükség egy átjáró létrehozására (ahogy látható a 9.7 ábrán). Ez lehetővé teszi, hogy bármelyik cluster-en lévő módosítás szinkronizálva legyen a másik cluster-re.

9.5. Tesztelés

A csomagokhoz írtam teszt fájlokat, melyek minden egyes függvényt letesztelnek minta adatok segítségével. Ezek a tesztek sokat segítenek olyan hibák felderítésében, ami normális futtatáskor nem lenne érzékelhető.

A teszteléshez szükséges volt létrehoznom pár teszt specifikus függvényt, mely segít a teszt adatokat és a teszt klienseket beállítani, mielőtt a tesztelni kívánt függvény meghívásra kerülne. Minden teszt függvény sikeresen lefut és az elvárt viselkedést produkálja.

Ahogy az a 9.9 ábrán is látható, a teszt meghívja a createTestClient(), resetCluster() és setupCluster() függvényeket, melyekkel előkészíti a cluster állapotát a teszt futtatásához. Ezután elvégzi a szükséges teszt adatok elhelyezését és várakozik amíg rendelkezésre



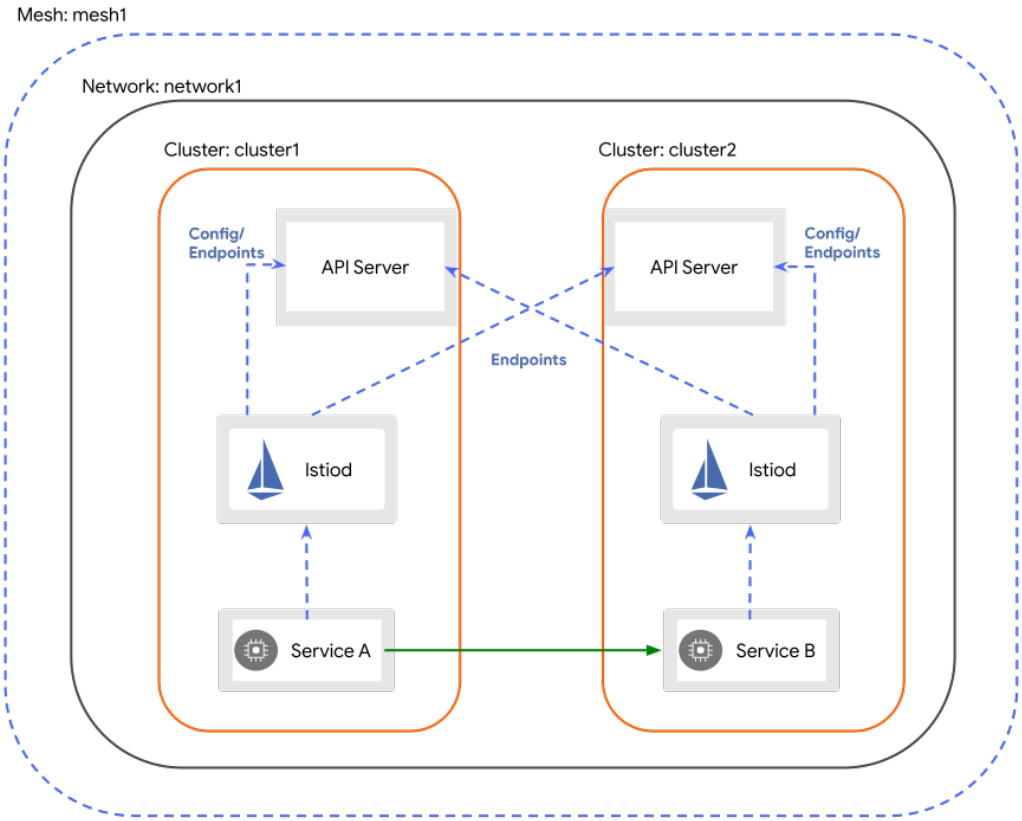
9.6. ábra. Istio active-passive mód ábrázolása [5].

nem áll az resource a cluster-en. Az előkészítési folyamat után hívódik meg a függvény amit szeretnénk tesztelni. Ez a függvény a kubernetes csomagból hívódik meg és átadom neki a teszt adatokat. A függvény visszatérési értékeit eltárolom egy változóban és ellenőrzéseket hajtok végre rajta. Ha a teszt során hibát találok akkor megszakítom a teszt futását t.Error() segítségével amit a testing csomagból érek el.

Ez a manuális és lokális tesztelés nagyon hasznos egy hibakereső használata mellett, hogy megkeressem a hibák okait, de kényelmetlen és időigényes tud lenni. Emiatt kerestem egy másik tesztelési megoldást, mely függetlenné teszi a tesztek futtatását a fejlesztői környezettől. Kritikus lesz a későbbiekben az ilyen tesztelési metódus, amikor egyszerre akár többen fognak dolgozni ezen a projekten.

A másik tesztelési megoldás amit alkalmaztam segíti egyszerűsíteni, gyorsítani ezeknek a teszteknek a lefutattását és mindenki más számára is elérhetővé teszi.

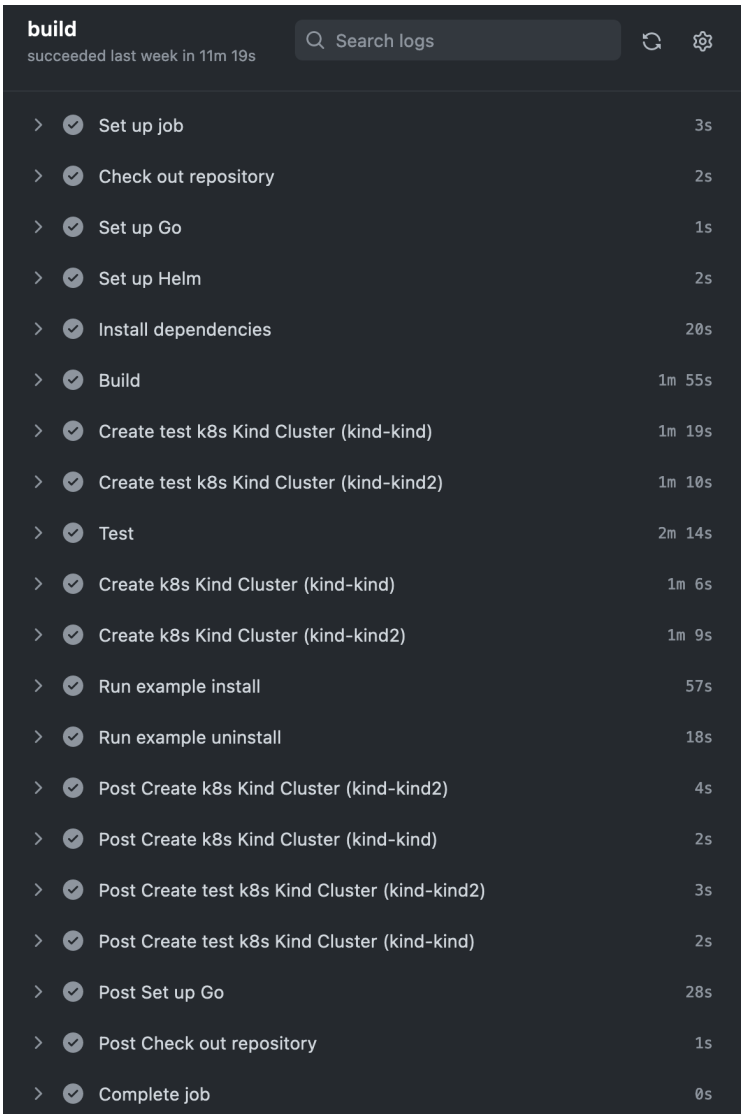
Ehhez segítségül hívtam a GitHub Actions szolgáltatást a GitHub oldalon. Ennek használatához létrehoztam egy .github nevezetű mappát a repository-ban és konfig fájlokkal töltöttem meg. A konfig fájlokban megadtam, hogy push típusú esemény hatására fussanak le a meghatározott lépések.



9.7. ábra. Istio active-active mód ábrázolása [4].

A lépések feladatai sorrendben összefoglalva amiket a 9.8 ábra is mutat:

- Repository-ba való belépés.
- Go beállítása 1.20 verzióra.
- Helm beállítása és GitHub token átadása.
- Go csomag függőségek letöltése és telepítése.
- Go projekt build-elése.
- KinD cluster-ek létrehozása kind-test és kind2-test nevekkel.
- Go tesztek futtatása.
- KinD cluster-ek létrehozása kind és kind2 nevekkel.
- Go projekt futtatása telepítési parancs használatával és teszt paraméterek átadásával.
- Go projekt futtatása törlési parancs használatával és teszt paraméterek átadásával.



9.8. ábra. Sikeres GitHub Actions teszt kimenete.

9.6. Kritikai elemzése

A program kritikus szemmel nézve kifogásolható több ponton is. Ez betudható a tervezésem pontatlanságának és a kivitelezési megoldásomban. Ezekre a pontatlanságokra fogok rávilágítani a következő pár szekcióban.

Felhasználói felület

A felhasználói felületen megjelenő üzenetek sok helyet igényelnek és lehetnének informatívabbak az aktuális folyamat állapotáról. Jelenleg minden üzenetet új sorban ír ki a konzolos applikáció, mely hamar betelíti a konzolos ablakot és nehezen visszakereshetővé teszi az üzeneteket. Ezt a problémát lehet orvosolni, ha csoportosítom logikailag a folyamatok lépéseit és az egy csoportba tartozó lépéseket egy sorba írom ki, felülírva mindig az előző üzenetet. Ezzel sokkal kevesebb kiírás fog megtörténni és a folyamat végeredménye könnyen követhető lesz.

```
func TestGetDeploymentName(t *testing.T) {
  createTestClient()
  resetCluster()
  setupCluster()

  _ = Apply(&testDeployment)
  WaitForReadyDeployment(testDeployment)

  deploymentName, err := GetDeploymentName(testDeploymentReleaseName, testNamespaceName)
  if err != nil {
    t.Error(err.Error())
  }

  if testDeploymentName != deploymentName {
    t.Error("Deployment name is wrong!")
  }
}
```

9.9. ábra. Kódrészlet az egyik teszt függvényről.

Ezáltal, hogy kevesebb kiírás fog megmaradni a képernyőn megnyílik a lehetőség több információ megjelenítésére. Ezek az információk segítenének a felhasználónak a hibák felderítésében és a folyamat várható befejezési idejének meghatározásában.

A flag-ek kiosztása nem eléggé intuitív és konzisztens. Kevés betű van használatban, így könnyen keverhetőek egymással a flag-ek. Több funkció esetében még nagyon problémává növi ki magát.

Megvalósítás

A kód minőségén lehetne javítani többféle képpen is, ezzel segítve a későbbi módosítások elvégzését. A függvények és változók elnevezése nem mindig teljesen reprezentatív, a kódolási stílus változó. Bár ezek többsége ízlés kérdése is, érdemes használnom a későbbiekben go linter-eket, melyek segítenek elemezni a kódot és akár javítási javaslatot is tesznek. Ezzel könnyedén elérhetővé válik az egységes kód, mely akkor is az marad, mikor több ember dolgozik rajta.

Helm konfig fájl beolvasásáért felelős kódrészlet nem az io csomagban található annak ellenére, hogy semmi függősége nincs a helm-hez. Ez a kódrészlet a program kezdeti fázisában lett megírva és nem lett átmozgatva az io csomagba.

9.7. Továbbfejlesztési lehetőségek

Ennek a CLI programnak a továbbfejlesztését úgy képzelem el, hogy olyan funkciók kerülnek implementálásra, melyek segítenek a felhasználónak az Istio operátor telepítésében.

9.7.1. Operátor frissítése

Az Istio operátor telepítése után nincs mód annak frissítésére a programom keresztül. Ehhez segítségül kell hívni a helm parancsot, melyet a felhasználó lehet, hogy nem ismer.

Mivel a programom felhasználóbarát megoldásokat kínál, így magától adódik ennek a funckiónak az automatizálása. Meglévő klaszter telepítésnél lehetőség adódna frissíteni a komponenseket egy adott verziószámra. Ez a verziószám lehetne a legfrissebb kiadás, de régebbi verziók is rendelkezésre állnának.

A megvalósítása ennek egyszerű feladat, ugyanis már implementálva van egy helm kliens mely feltelepíti az istio operátort. Ennek a kliensnek van chart frissítési funkciója is, így csak azt kell meghívni a kódomban. Ehhez a funkcióhoz be kell vezetnem egy új parancsot (nevezzük upgrade-nek). Az upgrade parancsnak flag-eken keresztül meg kellene adni, hogy melyik resource-t szeretnénk frissíteni. Ezután egy listából kiválaszthatjuk a telepíteni kívánt verziót. Ezeket a verziószámokat egy webes kérés segítségével lekérdezhető az internetről.

9.7.2. Log rendszer

Az automatizálás részeként kiegészíteném egy log rendszerrel a programomat, így felügyelet nélkül lehet hagyni a programot futtatás közben. Ehhez létrehoznék egy `--log` (vagy röviden -l) flag-ek, melynek egy elérési útvonalat lehetne átadni, ahol létrehozna egy szöveges fájlt és beleírná a telepítési eseményeket. Előre meg lehetne határozni több szintű log-olási részletességet és lehetőség adódna a standard output-ra való kiírás minimalizálására is. A log fájl jól struktúrált lenne, ami segítené automatizálhatóan feldolgozni és visszanézhetővé tenni a telepítési folyamat sikerességét. Előnye fájlba log-olásnak, hogy sokkal több részletet lehetne leírni az adott folyamatról vagy annak hibájáról, míg ez a részletesség a standard output-on zavaró lehet.

Implementálását úgy oldanám meg, hogy létrehoznék egy saját kiíró függvényt (nevezzük printer-nek) az io csomagban. Ebben printer függvényben lenne egy ellenőrző logika, hogy az adott `--log` (vagy röviden -l) flag használatban van-e és ennek megfelelően írja ki az eseményeket. Minden kiírásért felelő függvényemet lecserélném a printer függvényre és készen is van a funkció.

9.7.3. Virtuálisgép integráció megvalósítása

Vannak olyan workload-ok, melyek jobban teljesítenek monolitikus applikációként és negatív hatással lenne rá a mikroszolgáltatási struktúra. Erre kínálnék megoldást a virtuális gép integrációval. Ehhez szükség lenne hozzáadni kettő új parancsot a cobra cli alkalmazásomhoz:

- Az egyik parancs (nevezzük serve-nek) felelne a virtuális gép beállításáért, hogy tudjon kommunikálni majd a cluster-el.
- A másik parancs (nevezzük connect-nek) felelne a virtuális gép hozzáadásáért a meglévő cluster-hez.

A serve parancs egy szolgáltatásként futna a virtuális gépen, melyet REST API hívások segítségével lehetne elérni. Ezekkel a hívásokkal adatokat és parancsokat lehetne küldeni a virtuális gépnek, amik feldolgozásra kerülnének.

A connect parancs létrehozna egy deployment típusú erőforrást a cluster-en, melyben konfigurálva lenne egy kliens a REST API kommunikációhoz. Ezt a klienst egy web-

szerveren keresztül elérhetővé tenném hasonlóan egy dashboard-hoz, ahol látható lenne statisztika a virtuális gépről és parancsokat lehetne küldeni.

9.7.4. Klaszterek létrehozása telepítés előtt

Mivel minden népszerű felhőszolgáltató kínál lehetőséget API-on keresztül létrehozni cluster-eket, így egyszerű lenne ennek a funkciónak az implementálása. A felhasználónak lehetősége lenne létrehozni előre definiált cluster-eket egy konfigurációs fájl segítségével. Ez a konfigurációs fájl leírná a cluster szolgáltatóját, az azonosításhoz szükséges adatokat, a cluster méretét és fajtáját. Egy --setup (vagy röviden -s) flag bevezetését követően át lehet adni a programnak az elérési útvonalát a konfigurációs fájlnak. Ebből az adatokat kiolvasva létre lehet hozni egy klienst, mely az API kéréseket fogja létrehozni.

9.7.5. Automatizált post-install

Miután megtörtént a telepítés és attach, lehetőség lenne kiválasztani a menüből előre összeállított vagy egyedileg definiált deploymenteket és helm chart-ok telepítésére. A post-install konfigurációs leíró fájlt meg lehetne adni egy flag-el, így teljesen automatikusan futna le a teljes folyamat. A felkínált post-install lista olyan elemeket tartalmazna, melyek nagy segítséget nyújthatnak a klaszter további üzemeltetésében. Előre összeállított deploymentekre példák:

- Kubernetes dashboard telepítése.
- Prometheus monitorozó rendszer beállítása.
- Grafana dashboard telepítése.
- cert-manager TLS cert manager konfigurálása.

10. fejezet

Összefoglaló

Egyetlen Kubernetes klaszter számos opciót és lehetőséget kínál. Azonban ha nagyobb rugalmasságot, skálázhatóságot, ellenállóképességet és biztonságot keresünk, akkor a több klaszteres architektúra jobb választás az alkalmazásunk számára. Ez nem jelenti azt, hogy a több klaszteres Kubernetes megoldásnak nincsen hátulütője. A vele járó előnyök ellenére van néhány komoly kihívás is, amit figyelembe kell venni. Ezekből a kihívásokból igyekeztem lefaragni a programom elkészítésével, mely felhasználóbarát jellegének köszönhetően több ember érdeklődését is felkelti. Egy ilyen program megírása viszont nem kis feladat. Sok technológia értése szükséges ahhoz, hogy hatékonyan lehessen megírni és használni egy ilyen programot.

A dolgozatomban először megismerkedtem ezekkel a sokszínű technológiákkal. A Kubernetes területe gyorsan képes változni, így nem volt egyszerű megtalálni minden forrást elsőre.

Ezután elkeztem tervezni a programom felépítését, melynek voltak meghatározott céljai. Ezek a célok segítettek abban, hogy fókuszálni tudjak a lényeges funkciókra, melyeket fejleszteni szerettem volna. A Cobra CLI csomag segítségével képes voltam egy vázat generálni, melyre tudtam építkezni.

A szakdolgozat elkészítésével rengeteget tanultam a Kubernetes-ről, az Istio-ról, a Helm-ről és a Go programozásról. Szerencsére voltak ismereteim a Linux rendszerek működéséről, Docker használatáról, C és Python programozásról és a GitHub-ról is, így nem féltem belevágni ebbe a témába. Számomra nagyon érdekes volt a téma és örülök, hogy megtapasztalhattam a csapatmunkában való részvételt is. Ezekkel és más kapcsolódó technológiákkal később is fogok foglalkozni, bővíteni még jobban a tudásomat.

Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni mindenkinek a Calisti csapatból, aki tapasztalatot és segítséget nyújtott ennek a szakdolgozatnak az elkészítésében.

Külön szeretném megköszönni Gyurácz Kristóf konzulensemnek és Dr. Farkas Károly témavezetőmnek a segítségét, akik türelemmel, bizalommal, szakértelemmel és figyelmességgel segítettek a tanulmányom ideje alatt.

Végül hálával tartozom a családomnak, barátnőmnek és az ő családjának, akik az egész képzésem alatt támogatást nyújtottak.

Irodalomjegyzék

[1] Cisco: Istio operator - banzai cloud. https://banzaicloud.com/products/istio-operator/. (Hozzáférés dátuma: 2023 május 31.).

[2] GitHub Docs: About git. https://docs.github.com/en/get-started/using-git/about-git. (Hozzáférés dátuma: 2023 május 31.).

[3] GitHub Docs: Understanding github actions. https://docs.github.com/en/actions/learn-github-actions/understanding-github-actions. (Hozzáférés dátuma: 2023 május 31.).

[4] Istio: Install multi-primary. https://istio.io/latest/docs/setup/install/multicluster/multi-primary/. (Hozzáférés dátuma: 2023 június 9.).

[5] Istio: Install primary-remote. https://istio.io/latest/docs/setup/install/multicluster/primary-remote/. (Hozzáférés dátuma: 2023 június 9.).

[6] Istio: The istio service mesh. https://istio.io/latest/about/service-mesh/. (Hozzáférés dátuma: 2023 május 31.).

[7] Jacob Schmitt: What is helm? a complete guide. https://circleci.com/blog/what-is-helm/. (Hozzáférés dátuma: 2023 május 31.).

[8] Alan A. A. Donovan · Brian W. Kernighan: *The Go Programming Language*. 2015, Addison-Wesley. ISBN 978-0-134-19044-0.

[9] Kev Zettler: What is cloud computing? an overview of the cloud. https://www.atlassian.com/microservices/cloud-computing. (Hozzáférés dátuma: 2023 május 31.).

[10] Marko Lukša: *Kubernetes in Action*. 2017, Manning Publications. ISBN 978-1-617-29372-6.

[11] Red Hat: What is a kubernetes operator? https://www.redhat.com/en/topics/containers/what-is-a-kubernetes-operator. (Hozzáférés dátuma: 2023 május 31.).

[12] The Kubernetes Authors: kind - initial design. https://kind.sigs.k8s.io/docs/design/initial/. (Hozzáférés dátuma: 2023 május 31.).

[13] Traefik Labs: Understanding multi-cluster kubernetes: Architecture, benefits, and challenges. https://traefik.io/glossary/understanding-multi-cluster-kubernetes/. (Hozzáférés dátuma: 2023 május 31.).