

Raspodijeljeni sustavi (RS)

Nositelj: doc. dr. sc. Nikola Tanković

Asistent: Luka Blašković, mag. inf.

Ustanova: Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, Fakultet informatike u Puli



Fakultet informatike u Puli

(5) Mikroservisna arhitektura

#5

RS

Mikroservisna arhitektura predstavlja suvremeni pristup dizajnu softvera, gdje se aplikacija gradi kao skup manjih, samostalnih servisa koji međusobno komuniciraju putem mreže. Svaki od tih servisa može se promatrati kao zasebna jedinica koja obavlja jednu specifičnu funkciju, pri čemu komunikacija najčešće koristi standardizirane protokole poput HTTP-a. Za razliku od tradicionalne monolitne arhitekture, u kojoj su svi dijelovi aplikacije objedinjeni u jednoj cjelini, mikroservisna arhitektura razdvaja ključne funkcionalnosti poput poslovne logike, baza podataka, autentifikacije i drugih komponenti u odvojene servise.

Ovakav pristup donosi brojne prednosti: omogućuje veću skalabilnost i pouzdanost sustava, olakšava organizaciju velikih razvojnih timova te ubrzava proces implementacije i unapređenja rješenja. Mikroservisi tako postaju temelj fleksibilnog, održivog i modernog razvoja softvera.

 **Posljednje ažurirano:** 12.12.2025.

Sadržaj

- [Raspodijeljeni sustavi \(RS\)](#)
- [\(5\) Mikroservisna arhitektura](#)
 - [Sadržaj](#)
- [1. Što je mikroservisna arhitektura?](#)
 - [1.1 Monolitna arhitektura](#)
 - [1.2 Mikroservisna arhitektura](#)
 - [Core principi mikroservisne arhitekture](#)
- [2. Definiranje poslužitelja koristeći aiohttp](#)
 - [2.1 Ponavljanje: aiohttp klijentska sesija](#)
 - [2.2 aiohttp.web modul](#)

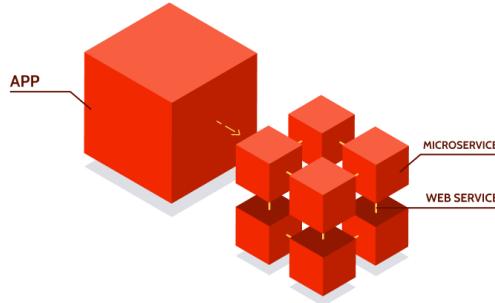
- [2.3 Definiranje HTTP poslužiteljskih ruta](#)
 - [2.3.1 HTTP GET ruta](#)
 - [2.3.2 Automatsko ponovno pokretanje poslužitelja \(hot/live reload\)](#)
 - [2.3.3 HTTP GET - slanje JSON odgovora](#)
 - [2.3.4 HTTP POST ruta](#)
- [2.4 Zadaci za vježbu: Definiranje jednostavnih aiohttp poslužitelja](#)
 - [Zadatak 1: GET /proizvodi](#)
 - [Zadatak 2: POST /proizvodi](#)
 - [Zadatak 3: GET /punoljetni](#)
- [3. Klijent-Poslužitelj komunikacija koristeći aiohttp biblioteku](#)
 - [3.1 Izvršavanje pozadinske korutine s poslužiteljem](#)
 - [Race-condition problem](#)
 - [3.2 AppRunner klasa - pokretanje poslužitelja unutar postojećeg event loopa](#)
 - [3.3 HTTP GET ruta s URL\(route\) parametrima](#)
 - [3.4 Zadaci za vježbu: Interna Klijent-Poslužitelj komunikacija](#)
 - [Zadatak 4: Dohvaćanje proizvoda](#)
 - [Zadatak 5: Proizvodi i ruta za narudžbe](#)
- [4. WebSocket protokol u aiohttp biblioteci](#)
 - [4.1 WebSocket poslužitelj](#)
 - [4.2 WebSocket klijent](#)
- [5. Podjela kôda u više datoteka](#)
 - [5.1 Jednostavna simulacija mikroservisne arhitekture](#)
 - [5.1.1 Pokretanje više mikroservisa](#)
 - [5.1.2 Konkurentno slanje zahtjeva](#)
 - [5.2 Simulacija mikroservisne arhitekture: Računske operacije](#)
 - [5.2.1 Sekvencijalna obrada podataka](#)
 - [5.2.2 Konkurentna obrada podataka \(osnovno\)](#)
- [6. Zadaci za vježbu: Mikroservisna arhitektura - razvoj aiohttp poslužitelja i klijenata](#)
 - [Zadatak 6: Jednostavna komunikacija](#)
 - [Zadatak 7: Računske operacije](#)
 - [Zadatak 8: Mikroservisna obrada - CatFacts API](#)

1. Što je mikroservisna arhitektura?

U softverskom inženjerstvu, **mikroservisna arhitektura** (eng. *microservice architecture*) predstavlja arhitekturalni stil u kojem se aplikacija sastoji od više manjih granularnih servisa, koji komuniciraju putem određenih protokola. Arhitektura bazirana na mikroservisima omogućava razvojnim timovima da razvijaju i održavaju servise neovisno jedan o drugome, čime se smanjuje interna složenost aplikacije i ovisnost između različitih komponenti, a time i povećava skalabilnost i modularnost sustava.

Ne postoji jedinstvena definicija mikroservisne arhitekture, međutim s vremenom je došlo do uspostavljanja konvencija i dobrih praksi koje se primjenjuju u većini slučajeva. Tako možemo definirati nekoliko **ključnih karakteristika mikroservisne arhitekture**:

- U mikroservisnoj arhitekturi, servisi se obično implementiraju kao **odvojeni procesi** koji međusobno komuniciraju putem mreže, za razliku od klasičnih biblioteka ili modula unutar jednog procesa.
- Servisi su osmišljeni tako da se organiziraju oko **poslovnih funkcionalnosti** ili **domenskih entiteta**. Na primjer, možemo imati zasebne servise za korisnike, proizvode ili narudžbe, pri čemu svaki servis pokriva određeni aspekt poslovanja. Ipak, ne treba pretjerivati i svaki mali dio aplikacije pretvarati u zaseban mikroservis - na taj način bismo brzo bankrotirali.
- Glavna ideja mikroservisa je omogućiti njihovu **neovisnu implementaciju i razvoj**. To znači da svaki servis može koristiti različite tehnologije, programske jezike ili baze podataka, ovisno o tome što najbolje odgovara njegovim specifičnim potrebama.
- **Mikroservisi su obično kompaktni**, kako po broju linija kôda, tako i po resursima koje koriste. Razvijaju se i **autonomno isporučuju kroz automatizirane procese**, poput sustava za kontinuiranu integraciju i isporuku ([CI/CD](#)), što omogućava bržu i fleksibilniju iteraciju.



Ilustracija podjele sustava na distribuiranu mikroservisnu arhitekturu

Kao i svaki arhitekturalni stil, mikroservisna arhitektura ima svoje prednosti i nedostatke, samim tim **nije uvijek najbolje rješenje za svaki problem**. Razvoj aplikacije oko mikroservisa često zahtijeva dodatne **inicijalne troškove** i napore u postavljanju infrastrukture, automatizaciji te upravljanju servisima (ali i ljudskim resursima koji stoje iza razvoja).

Monolitna arhitektura, kao klasična alternativa mikroservisnom pristupu, predstavlja način razvoja aplikacije kao jedinstvene, povezane cjeline, obično objedinjene u jednom procesu ili aplikaciji. Ovaj pristup nudi brojne prednosti, uključujući jednostavnost u razvoju, održavanju i testiranju. Ipak, kako aplikacija postaje sve složenija zbog povećanja funkcionalnosti i broja korisnika, mogu se javiti izazovi povezani sa skalabilnošću i prilagodljivošću.

1.1 Monolitna arhitektura

Monolitna arhitektura (eng. *monolithic architecture*) je stil arhitekture u kojem je cijela aplikacija dizajnirana kao "jedinstvena" povezana cjelina. To znači da su svi moduli i komponente aplikacije, poput korisničkog sučelja, poslovne logike, pristupa podacima, postojani u unutar jedne aplikacije. Monolitna aplikacija se obično implementira kao jedan veliki "programski paket" ili proces koji se izvozi i pokreće samostalno.

Softverska rješenja koja ste do sad razvijali na kolegijima [Programsko inženjerstvo](#) i [Web aplikacije](#), mogla bi se opisati kao monolitne aplikacije, iako ona to nisu u pravom smislu definicije. Naime, monolitna arhitektura je često povezana s klasičnim *desktop* aplikacijama, gdje se cijela aplikacija izvršava na korisnikovom računalu, bez potrebe za dodatnim komponentama ili servisima.

Kako smo na **Programskom inženjerstvu** aplikaciju razvijali u okviru jednog razvojnog okvira (Vue.js), koristeći jedan programski jezik (JavaScript) te koristili Firebase kao servis za autentifikaciju i bazu podataka na način da smo ga integrirali direktno u aplikaciju, možemo argumentirati da smo razvijali aplikaciju u monolitnoj arhitekturi. Međutim, **Firebase je PaaS (Platform-as-a-Service) usluga**, odnosno platforma u oblaku koja omogućava korištenje udaljenih poslužitelja i nudi razne funkcionalnosti kroz skup mikroservisa. Njegova glavna prednost je što eliminira potrebu za brigom o infrastrukturi, upravljanju bazama podataka, skalabilnosti i sličnim tehničkim aspektima, jer sve to rješava sama platforma. Stoga se može reći da ste, na određeni način, svoju aplikaciju razvijali u okviru mikroservisne arhitekture, ali na višem nivou apstrakcije.

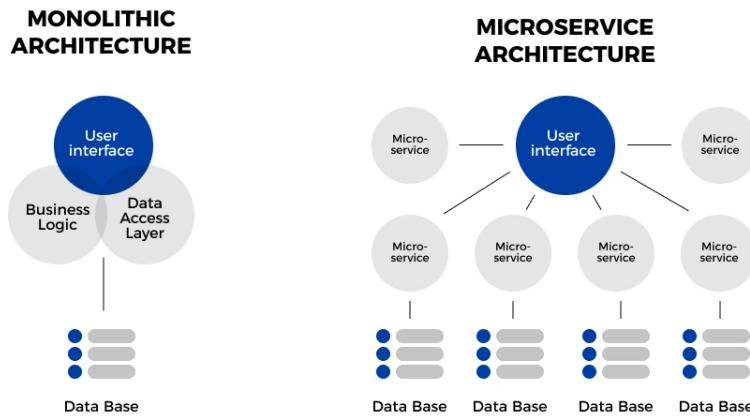
Što se tiče **Web aplikacija**, kolegij obuhvaća razvoj klijentske i **poslužiteljske strane aplikacije**.

Poslužiteljska strana aplikacije razvijana je prema monolitnoj arhitekturi budući da je sadržavala sve komponente potrebne za uspješan rad aplikacije (poslovnu logiku, pristup podacima, korisničko sučelje) unutar jednog backend sustava (npr. Express.js).

Izazovi povezani s ovakvim pristupom već su prethodno spomenuti: skalabilnost, održavanje, testiranje, razvoj i sl.

- Što ako broj korisnika aplikacije naglo poraste, a postojeća infrastruktura ne može podnijeti opterećenje?
- Kako se učinkovito nositi s velikom količinom podataka u bazi?
- Kako brzo i sigurno isporučiti nove verzije aplikacije korisnicima bez prekida u radu?
- Kako testirati pojedine dijelove aplikacije neovisno jedan o drugome, bez narušavanja korisničkog iskustva?
- Što ako mi "padne" cijeli poslužitelj zbog greške u poslovnoj logici jednog dijela aplikacije - korisnici se više ne mogu niti prijaviti?..
- Kako organizirati veliki razvojni tim s različitim kompetencijama da učinkovito surađuje na razvoju jedne velike aplikacije?
- Razvojni tim nam je heterogen - članovi tima imaju različite preferencije u pogledu programskih jezika, okvira i alata. Kako možemo omogućiti svakom članu tima da koristi tehnologije koje najbolje odgovaraju njegovim vještinama i potrebama, a istovremeno osigurati da svi dijelovi aplikacije rade zajedno bez problema?

i tako dalje...



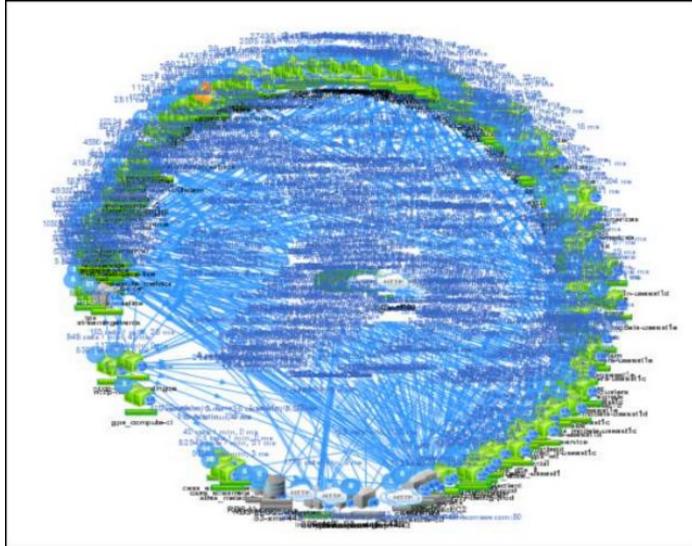
Monolitna vs. mikroservisna arhitektura razvoja aplikacija

1.2 Mikroservisna arhitektura

Mikroservisna arhitektura nastoji riješiti navedene izazove razdvajanjem aplikacije na manje, samostalne servise koji se mogu neovisno razvijati, testirati, implementirati i skalirati. Ipak, s mikroservisima dolaze i novi izazovi, poput složenosti upravljanja distribuiranim sustavima, komunikacije između servisa, sigurnosti i nadzora. Česć se mogu javljati problemi koji su povezani s mrežom, poput latencije, gubitka paketa i sl. Također, razvojni timovi moraju biti spremni na promjene u načinu rada, jer mikroservisna arhitektura zahtijeva drugačiji pristup razvoju, testiranju i implementaciji aplikacija.

Dizajn orijentiran na mikroservise (*eng. service-oriented design*) dobiva na popularnosti sredinom 2010-ih godina, kada su *early-adopteri* poput Netflixa i Amazona počeli javno dijeliti svoja iskustva s prijelazom s monolitne na mikroservisnu arhitekturu. 2015. godine, [James Lewis](#) i [Martin Fowler](#) objavili su članak pod nazivom "[Microservices](#)" koji je postao jedan od najutjecajnijih izvora informacija o mikroservisnoj arhitekturi. U članku su definirali ključne karakteristike mikroservisne arhitekture i istaknuli prednosti koje ona donosi u odnosu na tradicionalne monolitne pristupe. Popularizacijom **Docker** i **Kubernetes** tehnologija, koje olakšavaju implementaciju i upravljanje mikroservisima, mikroservisna arhitektura postaje široko prihvaćena praksa u industriji softverskog razvoja.

Amazon je nekoliko svojih ključnih proizvoda, poput Amazon Primea, prebacio na mikroservisnu arhitekturu, dok je za neke druge proizvode zadržao monolitnu arhitekturu. Kroz vlastiti razvoj i uspon mikroservisnih tehnologija, Amazon prepoznaje poslovnu priliku u pružanju mikroservisne arhitekture kao usluge drugim tvrtkama, što rezultira razvojem platforme **AWS (Amazon Web Services)**. Danas je [AWS vodeći globalni pružatelj cloud usluga](#) i jedan od najvećih izvora prihoda Amazon grupe. S druge strane, **Netflix** je [potpuno migrirao na mikroservisnu arhitekturu](#) i danas je jedan od najvećih korisnika AWS-a, ističući se kao primjer uspješne transformacije s monolitne na mikroservisnu arhitekturu. Navodi se da Netflix ima preko 1000 aktivnih mikroservisa koji se izvršavaju u oblaku.



Ilustracija mikroservisne arhitekture Netflix-a, izvor: zdnet.com

Važno je naglasiti da mikroservisna arhitektura nije univerzalno rješenje koje automatski otklanja izazove u razvoju kvalitetnog softvera. Ako se ne primjenjuje pažljivo i promišljeno, vrlo lako može dovesti do dodatne složenosti te stvoriti nove izazove u razvoju, održavanju i upravljanju sustavom, što naposljeku povećava potrebu za financijskim, vremenskim i ljudskim resursima. Zbog toga je ključno jasno razumjeti kada i na koji način primjeniti mikroservise, uzimajući u obzir specifične potrebe i kontekst projekta, veličinu i kompetencije razvojnog tima, raspoloživi budžet te kratkoročne i dugoročne ciljeve organizacije.

Core principi mikroservisne arhitekture

1. **Service Autonomy**: Each service is independently *deployable, testable, versioned and scalable*.
2. **Loose coupling and high cohesion**: Services should have minimal dependencies on each other and should be designed around specific business capabilities.
3. **Domain-Driven Design (DDD)**: Services should be modeled around business domains and bounded contexts.
4. **Api-first design**: Clear contracts should be established between services through well-defined APIs.
5. **Polyglot programming** : Different services can be implemented using different programming languages and technologies based on their specific requirements.

2. Definiranje poslužitelja koristeći aiohttp

U ovoj skripti dotaknuti ćemo se razvoja HTTP poslužitelja koristeći `aiohttp` biblioteku. Aiohttp omogućuje razvoj *lightweight* asinkronih poslužitelja kojima možemo "otvoriti" naše poslovne aplikacije prema mreži te na taj način omogućiti komunikaciju između različitih servisa, odnosno čvorova u našem raspodijeljenom sustavu.

Na budućim vježbama bavit ćemo se drugim aspektima mikroservisne arhitekture, poput njihova testiranja, nadzora, skaliranja, kontejnerizacije i orkestracije. Stay tuned!

Nakon ovog teorijskog uvoda, u nastavku ćemo se baviti implementacijom jednostavnog HTTP poslužitelja koristeći `aiohttp.web` modul.

2.1 Ponavljanje: aiohttp klijentska sesija

Do sada smo koristili `aiohttp` biblioteku prvenstveno kroz `ClientSession` klasu za slanje asinkronih HTTP zahtjeva prema vanjskim servisima. Ovdje smo na neki način definirali klijenta unutar Pythona koji komunicira s vanjskim servisom - npr. CatFact API-jem.

Klijent je program ili komponenta koja inicira komunikaciju s poslužiteljem kako bi zatražio određene resurse ili usluge. U kontekstu web aplikacija, klijent je obično web preglednik ili aplikacija koja šalje HTTP zahtjeve prema web poslužitelju. U kontekstu mikroservise arhitekture, klijent može biti bilo koji mikroservis koji šalje zahtjeve prema drugom mikroservisu (eng. *service-to-service communication*).

Međutim, `aiohttp` je također odličan alat za izgradnju vlastitih HTTP poslužitelja, direktno unutar Python aplikacije, to radimo kroz tzv. [Server API](#).

Prisjetimo se kako definirati klijentsku sesiju u `aiohttp`:

```
import asyncio
import aiohttp

async def main():
    async with aiohttp.ClientSession() as session: # Otvaramo HTTP klijentsku sesiju
        response = await session.get(URL)
        print(response.status) # 200
asyncio.run(main())
```

Rekli smo da koristimo *context manager* `with` kada radimo s resursima koji se moraju zatvoriti nakon upotrebe. U ovom slučaju, `ClientSession` je resurs koji se mora zatvoriti nakon što završimo s radom. Nakon toga, zaključili smo da je praktično pokrenuti glavnu korutinu pomoću `asyncio.run(main())`, a zatim unutar te korutine pozivati druge korutine koje obavljaju asinkrone operacije. Konkurentno slanje više zahtjeva i agregaciju rezultata možemo postići kroz `asyncio.gather()`, ili kreiranjem `asyncio.Task` objekata.

Primjer slanja 5 konkurentnih zahtjeva koristeći `asyncio.Task` i `asyncio.gather`:

```
import asyncio
import aiohttp
```

```

async def fetch_fact(session):
    print("Šaljem zahtjev...")
    rezultat = await session.get("https://catfact.ninja/fact")
    return (await rezultat.json())["fact"] # Deserializacija JSON odgovora

async def main():
    async with aiohttp.ClientSession() as session:
        cat_tasks = [asyncio.create_task(fetch_fact(session)) for _ in range(5)] #
    Pohranjujemo Task objekte u listu
    facts = await asyncio.gather(*cat_tasks) # Listu raspakiravamo koristeći * operator,
    čekamo na rezultat izvršavanja svih Taskova
    print(facts)

asyncio.run(main())

```

U nastavku ćemo vidjeti kako definirati **HTTP poslužitelj** koristeći `aiohttp` biblioteku.

2.2 aiohttp.web modul

Kako bi implementirali **poslužitelj** (*eng. Server*) koristeći `aiohttp`, koristimo `aiohttp.web` modul. Ovaj modul pruža sve potrebne alate za definiranje ruta (*endpoints*), obradu zahtjeva i slanje odgovora kroz HTTP protokol.

U kontekstu mikroservisne arhitekture, poslužitelj je komponenta koja zaprima zahtjeve od drugih mikroservisa, obrađuje ih i vraća odgovore. Zbog prirode mikroservisa, svaki mikroservis trebao bi imati vlasiti poslužitelj koji otvara vrata njegovih funkcionalnosti prema vanjskom svijetu. Bilo da se radi o HTTP (*Express.js, FastAPI, aiohttp, Spring Boot*), gRPC ili nekom drugom, poslužitelj je ključna komponenta koja omogućava komunikaciju između različitih servisa.

Zapamti: Možemo zamisliti poslužitelj kao **tehničku implementaciju komunikacijskog sučelja mikroservisa**, dok je mikroservis sama konceptualna jedinica koja obavlja određenu poslovnu funkcionalnost.

Modul nije potrebno naknadno instalirati, već je uključen u `aiohttp` paketu.

```
from aiohttp import web
```

Ključna komponenta `aiohttp.web` modula je `Application` klasa, koja definira glavnu aplikaciju (**poslužitelj**).

```
app = web.Application() # u varijablu app pohranjujemo instancu Application klase
```

Da bi pokrenuli poslužitelj, nije dovoljno samo pokrenuti Python skriptu, već moramo definirati na kojoj **adresi (host)** i **portu** će poslužitelj slušati.

Poslužitelj pokrećemo pozivom metode `web.run_app()`:

```
web.run_app(app, host, port)
```

- `app` - instanca `Application` klase koju želimo pokrenuti
- `host` - adresa na kojoj će poslužitelj slušati (default: `'localhost'`)
- `port` - port na kojem će poslužitelj slušati (npr. `8080`)

Primjer pokretanja poslužitelja na adresi `localhost` i portu `8080`:

```
from aiohttp import web

app = web.Application()

web.run_app(app, host='localhost', port=8080)

# ili kraće
web.run_app(app, port=8080)
```

Ako je sve ispravno konfiguirirano, poslužitelj će se pokrenuti i vidjet ćete ispis u terminalu:

```
===== Running on http://localhost:8080 =====
(Press CTRL+C to quit)
```

Možete otvoriti web preglednik i posjetiti adresu `http://localhost:8080` kako biste provjerili je li poslužitelj uspješno pokrenut ili poslati zahtjev koristeći neki od HTTP klijenata.

Za **HTTP klijent unutar terminala** preporuka je koristiti [curl](#).

Kao **Desktop ili Web aplikaciju** preporuka je koristiti [Postman](#) ili [Insomnia](#), međutim ima ih još mnogo.

Praktično je i preporuka koristiti neku od **VS Code HTTP klijent ekstenzija**, primjerice [Thunder Client](#), ili [REST Client](#).

Koristeći jedan od alata, pošaljite zahtjev na adresu `http://localhost:8080` i provjerite je li poslužitelj uspješno pokrenut.

2.3 Definiranje HTTP poslužiteljskih ruta

Da bi poslužitelj bio funkcionalan i mogao obrađivati dolazne zahtjeve, potrebno je definirati rute (eng. *route/endpoint*) koje će poslužitelj opsluživati (eng. *serve*). **Ruta** predstavlja URL putanju putem koje se pristupa određenom resursu ili funkcionalnosti.

Ako još niste, preporučuje se da se prisjetite osnova HTTP protokola (vidi skriptu RS4) kako biste lakše razumjeli gradivo koje slijedi.

2.3.1 HTTP GET ruta

U `aiohttp.web` modulu, rute možete definirati na više načina. Primjerice, ako želite dodati jednostavnu GET rutu koja predstavlja HTTP zahtjev s GET metodom, koristite metodu `add_get()` na objektu `router`:

```
app.router.add_get(path, handler_function) # Dodajemo GET rutu na određenu putanju
```

- `path` - URL putanja na koju će se ruta primjenjivati (npr. `'/'`, `'/korisnici'`, `'/proizvodi'`)
- `handler_function` - funkcija koja će se pozvati kada se zahtjev uputi na određenu rutu

Handler funkcija (U JavaScriptu ekvivalent je *callback* funkcija) je funkcija koja će se izvršiti kada se zahtjev uputi na definiranu rutu. *Handler* funkcija može biti **sinkrona** ili **asinkrona (korutina)**, međutim u praksi je preporučljivo koristiti asinkrone funkcije kako bi se izbjeglo blokiranje glavne dretve.

Handler funkcija prima **ulazni parametar** `request` koji predstavlja HTTP zahtjev koji je klijent napravio prema poslužitelju. Ovaj objekt sadrži sve informacije o zahtjevu, poput: URL putanje, HTTP metode, zaglavlja, tijela zahtjeva i sl.

```
def handler_function(request) # Sinkrona handler funkcija koja prima request objekt
```

Prikazat ćemo podatke o zahtjevu koji su pohranjeni unutar objekta `request`:

```
from aiohttp import web

def handler_function(request):
    print(request.method)
    print(request.path)
    print(request.headers)

app = web.Application()

app.router.add_get('/', handler_function) # Čitaj: Dodajemo GET rutu na putanju '/' koja poziva handler funkciju

web.run_app(app, host='localhost', port=8080)
```

- Ispisuje: GET metodu, URL putanju (`/`), zaglavlj zahtjeva:

```
GET
/
<CIMultiDictProxy('Host': '0.0.0.0:8080', 'User-Agent': 'curl/8.7.1', 'Accept': '*/'*')>
```

Vidjet ćete da smo uz ispis dobili i grešku. To je zato jer **nismo poslali HTTP odgovor natrag klijentu**. Ukoliko *handler* funkcija ne vrati odgovor, poslužitelj će vratiti grešku `500 Internal Server Error`. Da bismo to ispravili, moramo vratiti odgovor koristeći `web.Response` objekt:

```
def handler_function(request):
    return web.Response() # Vraćamo prazan HTTP odgovor
```

Nema više greške! Međutim, odgovor je prazan. Klasa `web.Response` omogućava nam da precizno definiramo HTTP odgovor koji će poslužitelj vratiti klijentu. Na primjer, možemo postaviti statusni kôd, zaglavla i tijelo odgovora.

Sintaksa `web.Response` konstruktora:

```
aiohttp.web.Response(
    body=None,
    status=200,
    reason=None,
    text=None,
    headers=None,
    content_type=None,
    charset=None
)
```

- `body` - tijelo odgovora (npr. `HTML`, `JSON`)
- `status` - statusni kôd odgovora (npr. `200`, `404`, `500`)
- `reason` - tekstualni opis statusnog kôda (npr. `'OK'`, `'Not Found'`, `'Internal Server Error'`)
- `text` - tekstualno tijelo odgovora (npr. `'Hello, world!'`)
- `headers` - zaglavla odgovora (npr. `{'Content-Type': 'application/json'}`)
- `content_type` - oblik sadržaja odgovora (npr. `'text/html'`, `'application/json'`)
- `charset` - karakterna enkodiranje odgovora (gotovo uvijek: `'utf-8'`)

Primjer vraćanja jednostavnog HTML odgovora koji vraća tekst `'Pozdrav Raspodijeljeni sustavi!'`:

```
def handler_function(request):
    return web.Response(text='Pozdrav Raspodijeljeni sustavi!')
```

- Otvorite web preglednik i posjetite adresu `http://localhost:8080` kako biste vidjeli rezultat, odnosno pošaljite zahtjev koristeći HTTP klijent.

Pomoću naredbe `curl` možete poslati HTTP zahtjev direktno iz terminala:

```
→ curl http://localhost:8080

# ili s naglašavanjem HTTP metode opcijom -X

→ curl -X GET http://localhost:8080
```

Nakon svake promjene u kôdu poslužitelja potrebno je ponovno pokrenuti skriptu kako bi se promjene primijenile. To je zato što jednom kad se skripta pokrene, unutar terminala se pokreće proces koji sluša na definiranoj adresi i portu. Svakom izmjenom poslužitelja, potrebno je prekinuti trenutačni proces (npr. pritiskom `Ctrl/CMD + C`) i ponovno pokrenuti skriptu.

2.3.2 Automatsko ponovno pokretanje poslužitelja (hot/live reload)

Tijekom razvoja, ovo brzo postaje nepraktično i zamorno, pa je topla preporuka instalirati jedan od alata koji omogućuju **automatsko ponovno pokretanje poslužitelja nakon promjena u kôdu**, tzv. *hot/live reloading*.

U tu svrhu, možete instalirati neki od sljedećih alata:

1. [Nodemon](#) - prvenstveno za Node.js aplikacije, ali može se koristiti i za Python. Nodemon se instalira u globalnom okruženju i pokreće se iz terminala. Naravno, potrebno je instalirati i [Node.js runtime](#).

```
→ npm install -g nodemon
```

- ako ne radi, provjerite je li dodan u PATH globalnu varijablu i ponovno pokrenite VS Code/terminal

Pokretanje:

```
→ nodemon --exec python index.py
```

2. [aiohttp-devtools](#) - specifično za `aiohttp` aplikacije. Instalacija:

```
→ pip install aiohttp-devtools
```

Pokretanje:

```
→ adev runserver index.py
```

3. [watchdog](#) - općeniti alat za praćenje promjena u datotekama. Kompleksniji za postavljanje budući da je, osim instalacije, potrebno napisati skriptu koja će pokrenuti poslužitelj.

Preporuka je koristiti `aiohttp-devtools` ili `nodemon` jer su jednostavniji za postavljanje i korištenje.

2.3.3 HTTP GET - slanje JSON odgovora

Jednom kad ste uspješno podesili *hot-reload* funkcionalnost, možemo se vratiti na razvoj poslužitelja. U praksi, često ćete (gotovo uvijek) se susresti s potrebom slanja JSON odgovora iz poslužitelja, budući da je JSON format najčešće korišten za razmjenu podataka između klijenta i poslužitelja.

Rekli smo da format odgovora možemo definirati kroz `web.Response` objekt:

```
def handler_function(request):
    return web.Response(text='Pozdrav Raspodijeljeni sustavi!') # Ovo vraća tekstualni
    odgovor
```

Ako želimo poslati JSON odgovor, stvari su nešto komplikiranije jer moramo odraditi serijalizaciju podataka u JSON format prije samog slanja.

Podsjetnik:

- **Serijalizacija** - pretvaranje Python objekta u JSON format
- **Deserijalizacija** - pretvaranje JSON formata u Python kolekciju (objekt)

Za pretvaranje Python objekta u JSON format, možemo upotrijebiti ugrađeni modul JSON:

Za serijalizaciju koristimo metodu `dumps()`:

```
import json

data = {'ime': 'Ivo', 'prezime': 'Ivić', 'godine': 25}

json_data = json.dumps(data)

# JSON format je tipa string
print(type(json_data)) # <class 'str'>
```

U `web.Response` moramo precizirati da se radi o JSON formatu kako bi klijent znao kako interpretirati odgovor. To radimo kroz parametar `content_type`:

```
def handler_function(request):
    data = {'ime': 'Ivo', 'prezime': 'Ivić', 'godine': 25}
    return web.Response(text=json.dumps(data), content_type='application/json')
```

Drugi i preporučeni način je korištenje metode `json_response()` koja automatski serijalizira Python objekt u JSON format:

```
def handler_function(request):
    data = {'ime': 'Ivo', 'prezime': 'Ivić', 'godine': 25}
    return web.json_response(data) # Automatska serijalizacija u JSON format, preporučeno
```

Ovdje ne koristimo generičku `web.Response` klasu, već specijaliziranu `web.json_response()` funkciju koja automatski serijalizira Python objekt u JSON format i **postavlja odgovarajuće zaglavlje (Content-Type: application/json)**.

U praksi, preporučuje se koristiti `web.json_response()` funkciju jer je kôd kraći i čitljiviji

Kratki rezime

Do sad smo definirali sljedeće dijelove `aiohttp` poslužitelja:

1. `Application` instanca koja predstavlja glavnu aplikaciju

```
app = web.Application()

web.run_app(app, port=8080) # Pokretanje poslužitelja
```

2. GET ruta na putanju `'/'` koja poziva *handler* funkciju

```
app.router.add_get(path, handler_function)
```

3. *handler* funkcija koja obrađuje zahtjev i vraća odgovor, može biti sinkrona ili asinkrona (korutina)

```
def handler_function(request):
    return web.json_response(data) # Automatska serijalizacija u JSON format

def handler_function(request):
    return web.Response(text='Pozdrav Raspolijeljeni sustavi!') # Vraćanje tekstualnog
odgovora kroz standardni web.Response objekt
```

2.3.4 HTTP POST ruta

Za razliku od GET metode koja se koristi za dohvaćanje podataka, **POST metoda** se koristi za **slanje podataka prema poslužitelju**.

Kod web aplikacija, podaci koji se šalju POST metodom najčešće su iz forme koju je korisnik popunio. Na primjer: prilikom registracije korisnika, unos korisničkog imena, lozinke i e-mail adrese šalje se prema poslužitelju POST metodom. Takvi podaci najčešće se šalju u JSON formatu.

U `aiohttp.web` modulu, POST rutu definiramo kroz metodu `add_post()` na objektu `router`:

```
app.router.add_post(path, handler_function)
```

Handler funkcija koja obrađuje POST zahtjev prima dodatni parametar `request` jednako kao kod GET metode. Međutim, POST metoda omogućava pristup tijelu zahtjeva (eng. *request body*) koje sadrži podatke koje je klijent poslao prema poslužitelju.

U nastavku ćemo *handler* funkcije definirati kao **korutine** kako bismo mogli asinkrono obrađivati zahtjeve.

Deserializaciju podataka iz JSON formata u Python objekt možemo obaviti kroz metodu `json()` objekta `request`, na isti način kao što smo to radili prilikom slanja zahtjeva prema vanjskim servisima kod klijentske sesije. **Uočite**, ne koristimo JSON modul kao kod serijalizacije, već **metodu** `json()` objekta `request`.

```
data = await request.json()
```

Primjer definiranja POST rute koja prima JSON podatke i vraća odgovor:

```
from aiohttp import web

async def post_handler(request):
    data = await request.json() # Deserializacija JSON podataka
    print(data) # Ispis podataka u terminal
    return web.json_response(data) # Vraćanje istih podataka kao odgovor

app = web.Application()

app.router.add_post('/', post_handler) # Dodajemo POST rutu na putanju '/' koja poziva
# post_handler korutinu

web.run_app(app, host='localhost', port=8080)
```

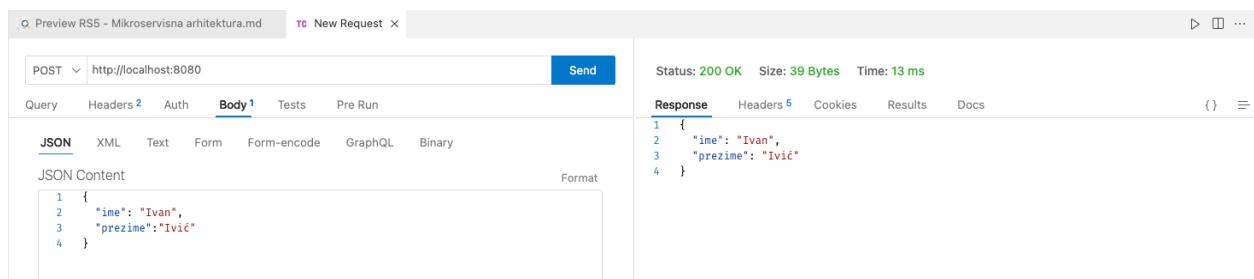
Podatke pošaljite kroz neki od **HTTP klijenata** ili `curl` (-H opcija za postavljanje zaglavlja, -d opcija za definiranje HTTP tijela):

```
→ curl -X POST -H "Content-Type: application/json" -d '{"ime": "Ivo", "prezime": "Ivić", "godine": 25}' http://localhost:8080
```

Očekivani odgovor (isti podaci kao u zahtjevu):

```
{"ime": 'Ivo', 'prezime': 'Ivić', 'godine': 25}
```

Puno jednostavnije je poslati kroz HTTP klijent jer ne moramo eksplicitno navoditi zaglavljaj:



Primjer slanja POST zahtjeva s JSON tijelom na `http://localhost:8080` kroz Thunder Client ekstenziju

Za dodavanje preostalih HTTP metoda (PUT, DELETE, PATCH) koristimo odgovarajuće ekvivalentne na objektu `router`:

- `router.add_put()` - dodavanje PUT rute

- `router.add_patch()` - dodavanje PATCH rute
- `router.add_delete()` - dodavanje DELETE rute

Ali možemo koristiti i generičku metodu `router.add_routes()` koja prima **listu ruta koje želimo dodati**.

Primjer, definirat ćemo poslužitelj s dvije rute: `GET /korisnici` i `POST /korisnici`:

```
from aiohttp import web

async def get_users(request): # korutina za GET zahtjev
    return web.json_response({'korisnici': ['Ivo', 'Ana', 'Marko']})

async def add_users(request): # korutina za POST zahtjev
    data = await request.json()
    return web.json_response(data) # Vraćamo isti podatak, bez ikakve obrade

app = web.Application()

app.router.add_routes([
    web.get('/korisnici', get_users), # GET /korisnici
    web.post('/korisnici', add_users) # POST /korisnici
])

web.run_app(app, port=8080)
```

Query		Headers 2					Body 1					Tests					Pre Run					Send				
Query Parameters																										
<input type="checkbox"/> parameter																										

Status: 200 OK Size: 38 Bytes Time: 2 ms

Response Headers 5 Cookies Results Docs

```

1  {
2      "korisnici": [
3          "Ivo",
4          "Ana",
5          "Marko"
6      ]
7  }
```

Primjer slanja GET zahtjeva na `http://localhost:8080/korisnici` kroz Thunder Client ekstenziju; odgovor je lista korisnika

Rute možemo definirati na još načina, o tome više u nastavku...

2.4 Zadaci za vježbu: Definiranje jednostavnih aiohttp poslužitelja

Zadatak 1: `GET /proizvodi`

Definirajte `aiohttp` poslužitelj koji radi na portu `8081` koji na putanji `/proizvodi` vraća listu proizvoda u JSON formatu. Svaki proizvod je rječnik koji sadrži ključeve `naziv`, `cijena` i `količina`. Pošaljite zahtjev na adresu `http://localhost:8081/proizvodi` koristeći neki od HTTP klijenata ili `curl` i provjerite odgovor.

Zadatak 2: `POST /proizvodi`

Nadogradite poslužitelj iz prethodnog zadatka na način da na istoj putanji `/proizvodi` prima POST zahtjeve s podacima o proizvodu. Podaci se šalju u JSON formatu i sadrže ključeve `naziv`, `cijena` i `količina`. *Handler* funkcija treba ispisati primljene podatke u terminalu, dodati novi proizvod u listu proizvoda i vratiti **odgovor s novom listom proizvoda** u JSON formatu.

Zadatak 3: `GET /punoljetni`

Definirajte poslužitelj koji sluša na portu `8082` i na putanji `/punoljetni` vraća listu korisnika starijih od 18 godina. Svaki korisnik je rječnik koji sadrži ključeve `ime` i `godine`. Pošaljite zahtjev na adresu `http://localhost:8082/punoljetni` i provjerite odgovor. Novu listu korisnika definirajte koristeći funkciju `filter` ili `list comprehension`.

```
korisnici = [
    {'ime': 'Ivo', 'godine': 25},
    {'ime': 'Ana', 'godine': 17},
    {'ime': 'Marko', 'godine': 19},
    {'ime': 'Maja', 'godine': 16},
    {'ime': 'Iva', 'godine': 22}
]
```

3. Klijent-Poslužitelj komunikacija koristeći aiohttp biblioteku

U prethodnom poglavlju smo definirali `aiohttp` poslužitelj koji sluša na definiranoj adresi i portu te obrađuje dolazne zahtjeve, dok smo u skripti `rs4` vidjeli kako se koristi `aiohttp` klijentska sesija za slanje asinkronih i konkurentnih HTTP zahtjeva koristeći `clientSession` klasu.

U ovom dijelu ćemo spojiti ta dva koncepta i pokazati **kako unutar Python kôda možemo simulirati komunikaciju između klijenta i poslužitelja** koristeći `aiohttp` klijentsku sesiju i poslužitelj definiran kroz `aiohttp.web` modul.

Zašto bismo ovo radili? Mikroservise koje gradimo na ovom kolegiju ćemo kroz lokalno razvojno okruženje (localhost) izlagati kroz `aiohttp` poslužitelje. Međutim, kako mikroservisna arhitektura nije klasična *klijent-poslužitelj* arhitektura, već je **service-to-service** komunikacija, kako često ćemo imati situaciju gdje mikroservis šalje zahtjeve prema drugom mikroservisu. U tom slučaju, mikroservis koji šalje zahtjev ponaša se kao klijent, dok mikroservis koji prima zahtjev i obrađuje ga ponaša se kao poslužitelj.

Krenut ćemo od definicije jednostavnog poslužitelja koji sluša na adresi `localhost` i portu `8080` te na putanji `/korisnici` vraća listu korisnika u JSON formatu:

```
from aiohttp import web

async def get_users(request):
    return web.json_response({'korisnici': ['Ivo', 'Ana', 'Marko', 'Maja', 'Iva', 'Ivan']})
#hardkodirani podaci

app = web.Application()

app.router.add_get('/korisnici', get_users)

web.run_app(app, host='localhost', port=8080)
```

Klijentsku sesiju smo dosad otvarali unutar `main` korutine koristeći *context manager* pa ćemo to i ovdje učiniti:

```
import asyncio

async def main():
    async with aiohttp.ClientSession() as session:
        pass

asyncio.run(main())
```

Ako spojimo kôd, dobivamo sljedeće:

```
from aiohttp import web
```

```

import asyncio, aiohttp

async def get_users(request):
    return web.json_response({'korisnici': ['Ivo', 'Ana', 'Marko', 'Maja', 'Iva', 'Ivan']})

# Definicija poslužitelja
app = web.Application()

app.router.add_get('/korisnici', get_users)
# Pokretanje poslužitelja
web.run_app(app, host='localhost', port=8080)

# main korutina za klijentsku sesiju
async def main():
    async with aiohttp.ClientSession() as session:
        print("Klijentska sesija otvorena")
asyncio.run(main())

```

Koji problem uočavate?

► Spoiler alert! Odgovor na pitanje

Dakle, problem je što **ako pokrenemo poslužitelj, on će blokirati izvođenje ostatka kôda**, uključujući otvaranje klijentske sesije. Ovo je zato što funkcija `web.run_app()` blokira izvršavanje ostatka kôda okupacijom glavne dretve procesa sve dok poslužitelj radi.

Zamislite da naš mikroservis s aktivnim poslužiteljem želi poslati zahtjev prema drugom mikroservisu - ne želimo prekinuti rad poslužitelja da bismo poslali zahtjev, već želimo da poslužitelj i klijentska sesija rade istovremeno (**konkurentno**).

U Pythonu možemo iskoristiti specijalnu varijablu `__name__`, koja uvijek sadrži naziv trenutnog modula. Kada skriptu pokrenemo direktno, vrijednost `__name__` bit će `__main__`. S druge strane, ako skriptu uvezemo u neki drugi modul, `__name__` će sadržavati naziv tog modula.

Korištenjem uvjetnog izraza `if __name__ == '__main__':` možemo definirati blok kôda koji će se izvršiti samo ako skriptu pokrenemo direktno, a neće se izvršiti ako je uvezemo kao modul u neki drugi kôd.

```

if __name__ == '__main__':
    # Blok kôda koji se izvršava samo ako skriptu pokrenemo direktno (python index.py)

```

- isto će raditi za pokretanje kroz `nodemon` ili `aiohttp-devtools`

Primjerice, možemo definirati pokretanje poslužitelja unutar ovog bloka:

```

if __name__ == '__main__':
    print("Pokrećem samo poslužitelj")
    web.run_app(app, host='localhost', port=8080)

```

Ukupan kôd:

Hoćemo li sada pokrenuti klijentsku sesiju i poslužitelj zajedno?

```
from aiohttp import web
import asyncio, aiohttp

async def get_users(request):
    return web.json_response({'korisnici': ['Ivo', 'Ana', 'Marko', 'Maja', 'Iva', 'Ivan']})

app = web.Application()

app.router.add_get('/korisnici', get_users)

async def main():
    async with aiohttp.ClientSession() as session:
        print("Klijentska sesija otvorena")
asyncio.run(main()) # pokreće klijentsku sesiju

if __name__ == '__main__':
    print("Direktno pokrenuta skripta...")
    web.run_app(app, host='localhost', port=8080) # pokreće poslužitelj
```

Kôd iznad će svakako prvo otvoriti klijentsku sesiju, obzirom da se `asyncio.run` poziva prije pokretanja poslužitelja. Ako ne želimo pokrenuti poslužitelj, možemo samo zakomentirati liniju `web.run_app(app, host='localhost', port=8080)`.

Međutim je li moguće na ovaj način pokrenuti poslužitelj, **a nakon toga** pozvati `main` korutinu koja otvara klijentsku sesiju? Više nam ima smisla prvo pokrenuti poslužitelj, a zatim otvoriti klijentsku sesiju koja će slati zahtjeve prema tom poslužitelju (**ili sasvim drugom mikroservisu**).

```
from aiohttp import web
import asyncio, aiohttp

async def get_users(request):
    return web.json_response({'korisnici': ['Ivo', 'Ana', 'Marko', 'Maja', 'Iva', 'Ivan']})

app = web.Application()

app.router.add_get('/korisnici', get_users)

async def main():
    async with aiohttp.ClientSession() as session:
        print("Klijentska sesija otvorena")
        pass

if __name__ == '__main__':
    print("Direktno pokrenuta skripta...")
    web.run_app(app, host='localhost', port=8080) # pokreće poslužitelj
    asyncio.run(main()) # hoće li se pokrenuti?
```

► Spoiler alert! Odgovor na pitanje

Kako bismo onda riješili ovaj problem? Potrebno je koristiti drugačiji pristup za pokretanje poslužitelja koji **ne blokira izvršavanje ostatka kôda**, odnosno **potrebno je pokrenuti poslužitelj i druge asinkrone operacije** unutar istog *event loopa*. Na ovaj način možemo konkurentno izvršavati zadatke na razini poslužitelja (*server-tasks*) i klijentske sesije (*client-tasks*).

3.1 Izvršavanje pozadinske korutine s poslužiteljem

Na primjeru iznad vidjeli smo da `web.run_app()` blokira izvršavanje ostatka kôda, međutim, što ako moramo implementirati da naš mikroservis održava pozadinski zadatak koji se izvršava periodično, čeka na događaje ili obrađuje poruke iz reda poruka (*message queue*)? U tom slučaju, trebamo način da pokrenemo poslužitelj i istovremeno izvršavamo druge asinkrone zadatke unutar istog *event loopa* - oblik *background processinga*.

Primjer: Mikroservis koji ima definirani HTTP poslužitelj i istovremene obrađuje poruke iz *mock RabbitMQ* reda poruka.

Napomena: RabbitMQ je popularni sustav za razmjenu poruka koji omogućuje mikroservisima da komuniciraju asinkrono putem slanja i primanja poruka.

```
from aiohttp import web
import asyncio, aiohttp

async def get_users(request):
    return web.json_response({'korisnici': ['Ivo', 'Ana', 'Marko', 'Maja', 'Iva', 'Ivan']})

app = web.Application()

app.router.add_get('/korisnici', get_users)

async def process_messages():
    while True:
        print("Obrađujem poruke iz reda...") # Ovdje bi išla logika za obradu poruka iz
        # RabbitMQ reda
        await asyncio.sleep(5) # Simuliramo čekanje na nove poruke

async def main():
    await process_messages() # pokretanje pozadinskog process_messages zadatka

if __name__ == '__main__':
    asyncio.run(main()) # pokretanje glavne korutine
    web.run_app(app, host='localhost', port=8080) # pokretanje poslužitelja (hoće li se
    # pokrenuti?)
```

Poslužitelj na mikroservisu iznad neće se pokrenuti jer će se izvršenje koda blokirati na liniji `asyncio.run(main())`, tj. pokrenuti će se *event loop* koji izvodi `blocking process_messages` korutinu i nikada neće doći do linije `web.run_app(...)`.

Što ako bismo pokušali pokrenuti korutine konkurentno, koristeći `asyncio.create_task()` unutar `main` korutine? Ideja je da pokrenemo `process_messages` kao pozadinski zadatak na način da ga rasporedimo prvo unutar *event loopa*, a zatim pokrenemo poslužitelj.

```

async def main():
    asyncio.create_task(process_messages()) # pokretanje pozadinskog process_messages
zadatka raspoređivanjem unutar event loopa
    print(asyncio.get_running_loop().is_running()) # Ispisuje: True
    web.run_app(app, host='localhost', port=8080) # pokušat će pokrenuti novi event loop
(GREŠKA!)

if __name__ == '__main__':
    asyncio.run(main()) # pokretanje glavne korutine

```

Ovo također neće raditi, ali iz nešto drugačijeg razloga. Ovaj kod nastojat će pokrenuti dva *event loopa* unutar istog procesa: jedan kroz `asyncio.run(main())` i drugi kroz `web.run_app()`, što nije dozvoljeno u jednodretnom Python procesu. Razlog ovome je što `web.run_app()` interno poziva `asyncio.run()`, što znači da pokušavamo pokrenuti novi *event loop* dok je već jedan aktivan.

```

RuntimeError: Cannot run the event loop while another loop is running
Task was destroyed but it is pending!

```

Zapamtite: Mikroservisi često trebaju održavati pozadinske zadatke dok istovremeno služe zahtjeve putem poslužitelja. Pozadinski zadaci mogu uključivati obradu poruka iz redova poruka, periodične zadatke ili druge asinkrone operacije koje ne smiju blokirati glavni tok izvršavanja poslužitelja. Također, mikroservisi često mogu pokretati mini-izolirana radna okruženja unutar istog procesa, što zahtijeva fleksibilnost u upravljanju *event loopom* kako ne bi došlo do sukoba između različitih komponenti ili *race-condition* situacija.

Race-condition problem

Predstavlja softversku grešku gdje rezultat (ishod) neke operacije ovisi o nizu nepredvidivih događaja, poput redoslijeda izvršavanja dretvi/procesa ili korutina i promjeni stanja zajedničkih resursa. Kod mikroservisa, ovaj se problem nerijetko javlja kada više komponenti pokušava istovremeno pristupiti ili mijenjati zajedničke resurse, poput baze podataka, datoteka ili mrežnih veza, bez odgovarajuće sinkronizacije i česti je *challenge* u raspodijeljenim sustavima koji moramo svladati.

Najčešći razlozi:

- **priroda konkurentnog izvršavanja:** više dretvi/procesa/korutina istovremeno pristupa zajedničkim resursima
- **dijeljeni resursi bez odgovarajuće sinkronizacije** (npr. stanje na bankovnom računu, računalna datoteka, stanje variable u memoriji, web poslužitelji)
- **nepredvidivi redoslijed izvršavanja dretvi/procesa/korutina**
- **programi se "natječu" s izvršenjem njihovih operacija**, a konačno stanje se može razlikovati ovisno o tome koja je dretva/proces/korutina prva završila

3.2 AppRunner klasa - pokretanje poslužitelja unutar postojećeg event loopa

AppRunner klasu koristimo kada nam je potrebna veća kontrola nad životnim ciklusom poslužitelja, primjerice kada želimo pokrenuti poslužitelj unutar aktivnog event loopa, istovremeno pokrenuti više poslužitelja na različitim adresama ili ih pokrenuti na različitim mrežnim sučeljima (eng. *network interfaces*).

Prednost AppRunner klase je što, za razliku od funkcije `web.run_app()`, ne blokira izvršavanje glavne dretve, odnosno omogućuje *non-blocking* pokretanje poslužitelja. U tom slučaju, event loop može nastaviti istovremeno izvršavati druge asinkrone zadatke, poput otvaranja djelomičnih klijentskih sesija, obrade poruka iz redova poruka ili drugih periodičkih zadataka.

AppRunner se obično koristi zajedno s `TCPSite`, što omogućuje povezivanje poslužitelja s određenim mrežnim sučeljem i portom.

AppRunner klasu uključujemo iz `aiohttp.web` modula:

```
from aiohttp.web import AppRunner
```

Da bismo pokrenuli poslužitelj koristeći AppRunner, prvo kreiramo instancu klase i pripremimo je za pokretanje:

```
runner = AppRunner(app)
```

Postupak je sljedeći:

1. Definiraj AppRunner instancu
2. Postavi AppRunner instancu pozivom `await runner.setup()`
3. Poveži poslužitelj s mrežnim sučeljem i portom kreiranjem TCPSite instance
4. Pozovi `await site.start()` kako bi se poslužitelj pokrenuo

Sintaksa:

```
runner = AppRunner(app)
await runner.setup()
site = TCPSite(runner, host, port)
await site.start()
```

Primjer za lokalni poslužitelj na portu 8080 :

```
from aiohttp.web import AppRunner, TCPSite

runner = AppRunner(app)          # 1. Definiraj AppRunner instancu
await runner.setup()            # 2. Postavi AppRunner instancu
site = TCPSite(runner, 'localhost', 8080) # 3. Poveži poslužitelj s localhost:8080
await site.start()              # 4. Pokreni poslužitelj
```

Ova četiri koraka često se ponavljaju, pa ih je **praktično spakirati u zasebnu korutinu** `start_server`.

```
async def start_server():
    runner = AppRunner(app)
    await runner.setup()
    site = TCPSite(runner, "localhost", 8080)
    await site.start()
    print("Poslužitelj sluša na http://localhost:8080")

await start_server() # Hoće li se pokrenuti?
```

Ako želimo pokrenuti poslužitelj i istovremeno izvršavati druge zadatke unutar `main` korutine, koristimo `asyncio.create_task()`:

Možemo pozvati korutinu `start_server` unutar `main` korutine

```
async def main():
    asyncio.create_task(start_server()) # Non-blocking pokretanje poslužitelja
    async with aiohttp.ClientSession() as session: # Neka druga asinkrona operacija, npr.
        otvaranje klijentske sesije
        print("Klijentska sesija otvorena")
        pass

asyncio.run(main())
```

Primjer: Pokretanje lokalnog poslužitelja i otvaranje klijentske sesije koja šalje zahtjev na taj isti poslužitelj:

```
from aiohttp import web
from aiohttp.web import AppRunner, TCPSite
import asyncio, aiohttp

async def get_users(request):
    return web.json_response({'korisnici': ['Ivo', 'Ana', 'Marko', 'Maja', 'Iva', 'Ivan']})

app = web.Application()
app.router.add_get('/korisnici', get_users)

async def start_server():
    runner = AppRunner(app)
    await runner.setup()
    site = TCPSite(runner, 'localhost', 8080)
    await site.start()
    print("Poslužitelj sluša na http://localhost:8080")

async def main():
    asyncio.create_task(start_server())
    async with aiohttp.ClientSession() as session:
        print("Klijentska sesija otvorena")
        # Ovdje možemo poslati zahtjeve na server
```

```
    rezultat = await session.get('http://localhost:8080/korisnici')
    print(await rezultat.text())

asyncio.run(main())
```

Ispisuje:

```
Klijentska sesija otvorena
Poslužitelj sluša na http://localhost:8080
{"korisnici": ["Ivo", "Ana", "Marko", "Maja", "Iva", "Ivan"]}
```

Objašnjenje: kad pokrenemo kôd, prvo će se pokrenuti poslužitelj, a zatim klijentska sesija koja će poslati zahtjev na adresu `http://localhost:8080/korisnici` i ispisati odgovor.

Dobivamo ispis odmah nakon pokretanja skripte:

```
Klijentska sesija otvorena
Poslužitelj sluša na http://localhost:8080
{"korisnici": ["Ivo", "Ana", "Marko", "Maja", "Iva", "Ivan"]}
```

Važno: Nakon završetka `main()` korutine, poslužitelj se gasi. Pokušaj ponovnog slanja zahtjeva iz terminala ili drugog HTTP klijenta neće uspjeti.

Idemo vidjeti primjer s pozadinskim zadatkom koji se izvršava istovremeno s poslužiteljem:

```
from aiohttp import web
import asyncio

async def get_users(request):
    return web.json_response(
        {"korisnici": ["Ivo", "Ana", "Marko", "Maja", "Iva", "Ivan"]}
    )

async def process_messages():
    while True:
        print("Obrađujem poruke iz reda...")
        await asyncio.sleep(5)

async def start_server():
    app = web.Application()
    app.router.add_get("/korisnici", get_users)

    runner = web.AppRunner(app)
    await runner.setup()
    site = web.TCPSite(runner, "localhost", 8080)
    await site.start()
```

```
print("Poslužitelj sluša na http://localhost:8080")  
  
async def main():  
    asyncio.create_task(process_messages()) # U event loop dodajemo korutinu koja  
    započinje obradu dolazećih poruka  
    asyncio.create_task(start_server()) # Pokrećemo poslužitelj  
  
asyncio.run(main()) # Pokrećemo event loop
```

Pokrenite gore navedeni kôd i u terminalu ćete vidjeti ćete ispis korutine `process_messages`, međutim poslužitelj neće raditi jer se `main()` korutina završava odmah nakon pokretanja pozadinskih zadataka. Obje korutine su beskonačnog trajanja i `main()` korutina se završava odmah nakon pokretanja pozadinskih zadataka.

Da bismo to riješili, moramo naglasiti *event loopu* da ostane aktivan. Ovo je najbolje riješiti korištenjem `await asyncio.Event().wait()` unutar `main()` korutine, što će natjerati event loop da ostane aktivan dok god se ne dogodi neki vanjski prekid (npr. `KeyboardInterrupt`):

Sintaksa:

```
async def main():  
    asyncio.create_task(process_messages())  
    asyncio.create_task(start_server())  
    await asyncio.Event().wait() # Održava event loop aktivnim dok se ne dogodi neki  
    oblik prekida
```

Rezultat:

```
Obrađujem poruke iz reda...  
Poslužitelj sluša na http://localhost:8080  
Obrađujem poruke iz reda...  
...
```

To je to! Uspjeli smo pokrenuti "dva pozadinska beskonačna zadatka" unutar istog event loopa: HTTP poslužitelj i obradu poruka iz reda. Pokušajte poslati GET zahtjev na `http://localhost:8080/korisnici` kroz neki od HTTP klijenata ili `curl` i vidjeti ćete da poslužitelj radi.

```
→ curl http://localhost:8080/korisnici  
{"korisnici": ["Ivo", "Ana", "Marko", "Maja", "Iva", "Ivan"]}
```

3.3 HTTP GET ruta s URL (route) parametrima

Route parametar (ili URL parametar) je dinamički dio URL-a koji se koristi za proslijeđivanje podataka unutar same putanje URL-a. Obično se koristi za identifikaciju resursa ili specificiranje dodatnih informacija potrebnih za obradu zahtjeva.

Uobičajeno je kada šaljemo HTTP odgovor unutar *handler funkcije*, koristiti `web.json_response()` funkciju te definirati statusni kôd odgovora `status`.

```
async def get_users(request):
    korisnici = [
        {"ime": "Ivo", "godine": 25},
        {"ime": "Ana", "godine": 22},
        {"ime": "Marko", "godine": 19}
    ]
    return web.json_response(korisnici, status=200)
```

GET rutu koja dohvaća točno jednog korisnika, npr. po ID-u, definiramo koristeći HTTP route parametre. U ovom slučaju, parametar rute bi bio `id` korisnika.

Parametre rute iz zahtjeva možemo dohvatiti kroz `request.match_info` rječnik:

```
async def get_users(request):
    user_id = request.match_info['id']

    korisnici = [
        {"id": 1, "ime": "Ivo", "godine": 25},
        {"id": 2, "ime": "Ana", "godine": 22},
        {"id": 3, "ime": "Marko", "godine": 19},
        {"id": 4, "ime": "Maja", "godine": 21},
        {"id": 5, "ime": "Iva", "godine": 40}
    ]

    for korisnik in korisnici:
        if korisnik['id'] == int(user_id):
            return web.json_response(korisnik, status=200)
```

Ako sad pokrenemo kôd dobit ćemo error `500: KeyError: 'id'`.

To je zato što nismo definirali:

- route parameter `id` u definiciji rute
- slučaj kad korisnik s traženim ID-em ne postoji
- slučaj kad se `id` ne proslijedi u zahtjevu

Dodajemo još jednu definiciju GET rute, ovaj put s route parametrom `id`:

```
app.router.add_get('/korisnici/{id}', get_users) # Sada očekujemo route parametar 'id'
```

Možemo upotrijebiti `get()` metodu rječnika kako bismo izbjegli `KeyError`:

Hint: `get()` metoda vraća `None` ako ključ ne postoji, a možemo definirati i zadani rezultat ako ključ ne postoji

Dakle ekvivalentno je: `request.match_info['id']` → `request.match_info.get('id')`, ali `get()` metoda je sigurnija

```
async def get_users(request):
    user_id = request.match_info.get('id') # Koristimo get() metodu kako bismo izbjegli
    KeyError

    korisnici = [
        {"id": 1, "ime": "Ivo", "godine": 25},
        {"id": 2, "ime": "Ana", "godine": 22},
        {"id": 3, "ime": "Marko", "godine": 19},
        {"id": 4, "ime": "Maja", "godine": 21},
        {"id": 5, "ime": "Iva", "godine": 40}
    ]

    if user_id is None:
        return web.json_response(korisnici, status=200)

    for korisnik in korisnici:
        if korisnik['id'] == int(user_id):
            return web.json_response(korisnik, status=200)

    return web.json_response({'error': 'Korisnik s traženim ID-em ne postoji'}, status=404)
```

Primjeri slanja HTTP zahtjeva:

GET /korisnici

```
rezultat = await session.get('http://localhost:8080/korisnici')
rezultat_txt = await rezultat.text()
print(rezultat_txt)

rezultat_dict = await rezultat.json() #dekodiraj JSON odgovor u rječnik
print(rezultat_dict)
```

GET /korisnici/2

```
rezultat = await session.get('http://localhost:8080/korisnici/2')
rezultat_txt = await rezultat.text()
print(rezultat_txt)

rezultat_dict = await rezultat.json() #dekodiraj JSON odgovor u rječnik
print(rezultat_dict) # {'id': 2, 'ime': 'Ana', 'godine': 22}
```

GET /korisnici/6

```
rezultat = await session.get('http://localhost:8080/korisnici/6')
rezultat_txt = await rezultat.text()
print(rezultat_txt)

rezultat_dict = await rezultat.json() #dekodiraj JSON odgovor u rječnik
print(rezultat_dict) # {'error': 'Korisnik s traženim ID-em ne postoji'}
```

3.4 Zadaci za vježbu: Interna Klijent-Poslužitelj komunikacija

Zadatak 4: Dohvaćanje proizvoda

Definirajte `aiohttp` poslužitelj koji radi na portu `8081`. Poslužitelj mora imati dvije rute: `/proizvodi` i `/proizvodi/{id}`. Prva ruta vraća listu proizvoda u JSON formatu, a druga rutu vraća točno jedan proizvod prema ID-u. Ako proizvod s traženim ID-em ne postoji, vratite odgovor s statusom `404` i porukom `{"error": "Proizvod s traženim ID-em ne postoji"}`.

Proizvode pohranite u listu rječnika:

```
proizvodi = [
    {"id": 1, "naziv": "Laptop", "cijena": 5000},
    {"id": 2, "naziv": "Miš", "cijena": 100},
    {"id": 3, "naziv": "Tipkovnica", "cijena": 200},
    {"id": 4, "naziv": "Monitor", "cijena": 1000},
    {"id": 5, "naziv": "Slušalice", "cijena": 50}
]
```

Testirajte poslužitelj na sve slučajeve kroz klijentsku sesiju unutar `main` korutine iste skripte.

Zadatak 5: Proizvodi i ruta za narudžbe

Nadogradite poslužitelj iz prethodnog zadatka na način da podržava i **POST metodu** na putanji `/narudzbe`. Ova ruta prima JSON podatke o novoj narudžbi u sljedećem obliku. Za početak predstavite da je svaka narudžba jednostavna i sadrži samo jedan proizvod i naručenu količinu:

```
{
    "proizvod_id": 1,
    "kolicina": 2
}
```

Handler korutina ove metode mora provjeriti postoji li proizvod s traženim ID-em unutar liste `proizvodi`. Ako ne postoji, vratite odgovor s statusom `404` i porukom `{"error": "Proizvod s traženim ID-em ne postoji"}`. Ako proizvod postoji, dodajte novu narudžbu u listu narudžbi i vratite odgovor s nadopunjrenom listom narudžbi u JSON formatu i prikladnim statusnim kôdom.

Listu narudžbi definirajte globalno, kao praznu listu.

Vaš konačni poslužitelj mora sadržavati 3 rute: `/proizvodi`, `/proizvodi/{id}` i `/narudzbe`.

Testirajte poslužitelj na sve slučajeve kroz klijentsku sesiju unutar `main` korutine iste skripte.

4. WebSocket protokol u aiohttp biblioteci

Do sad smo definirali jedan poslužitelj, međutim moguće ih je **unutar jednog procesa definirati** i više. Npr. ako želimo naš mikroservis *exposati* na dva različita protokola: **HTTP** i **WebSocket**, možemo definirati dva različita poslužitelja koji slušaju na različitim portovima i obrađuju zahtjeve.

[WebSocket](#) je protokol koji omogućuje dvosmjernu komunikaciju između klijenta i poslužitelja preko jedne TCP veze, što omogućuje *real-time* interakciju i prijenos podataka bez potrebe za ponovnim uspostavljanjem veze.



WebSocket protokol omogućuje klijentima i poslužiteljima da uspostave trajnu vezu (eng. *persistent connection*) i razmjenjuju podatke u stvarnom vremenu bez potrebe za ponovnim uspostavljanjem veze za svaki zahtjev. Ovo je posebno korisno za aplikacije koje zahtijevaju brzu i kontinuiranu razmjenu podataka, poput chat aplikacija, online igara, finansijskih aplikacija i drugih *real-time* sustava.

Unutar `aiohttp` biblioteke, WebSocket podrška je ugrađena i omogućuje jednostavno definiranje WebSocket poslužitelja i klijenata.

Protokol je dostupan unutar modula `aiohttp.web_ws` za poslužitelje i `aiohttp.ClientWebSocketResponse` za klijente.

4.1 WebSocket poslužitelj

Primjer mikroservisa s WebSocket **poslužiteljem**:

```
from aiohttp import web
import asyncio

async def websocket_handler(request):
    ws = web.WebSocketResponse()
    await ws.prepare(request)

    async for msg in ws:
        if msg.type == web.WSMsgType.TEXT:
            await ws.send_str(f"Primljena poruka: {msg.data}")
        elif msg.type == web.WSMsgType.ERROR:
            print(f'Veza zatvorena s greškom {ws.exception()}')

    print('WebSocket veza zatvorena')
    return ws

app = web.Application()
app.router.add_get('/ws', websocket_handler)
web.run_app(app, host='localhost', port=8080)
```

Ovaj primjer definira WebSocket poslužitelj koji sluša na ruti `/ws`. Kada klijent uspostavi vezu, poslužitelj prima poruke i odgovara s potvrdom primanja.

4.2 WebSocket klijent

Primjer mikroservisa s WebSocket **klijentom**:

```
import aiohttp
import asyncio

async def websocket_client():
    async with aiohttp.ClientSession() as session:
        async with session.ws_connect('http://localhost:8080/ws') as ws:
            await ws.send_str("Pozdrav, WebSocket poslužitelju!")
            msg = await ws.receive()

            if msg.type == aiohttp.WSMsgType.TEXT:
                print(f"Primljena poruka od poslužitelja: {msg.data}")
            elif msg.type == aiohttp.WSMsgType.ERROR:
                print(f'Veza zatvorena s greškom {ws.exception()}')

asyncio.run(websocket_client())
```

Primjer: Možemo pokrenuti unutar iste skripte koristeći `AppRunner` klasu za pokretanje poslužitelja i istovremeno pokretanje klijentske sesije.

```
import asyncio
from aiohttp import web, ClientSession

# Definicija WebSocket poslužitelja
async def websocket_handler(request):
    ws = web.WebSocketResponse()
    await ws.prepare(request)

    async for msg in ws:
        if msg.type == web.WSMsgType.TEXT:
            await ws.send_str(f"Primljena poruka: {msg.data}")
        elif msg.type == web.WSMsgType.ERROR:
            print(f"Greška na vezi: {ws.exception()}")

    print("WebSocket veza zatvorena")
    return ws

# Pokretanje WebSocket poslužitelja koristeći AppRunner kako bismo mogli paralelno
# pokrenuti klijentsku sesiju
async def start_server():
    app = web.Application()
    app.router.add_get("/ws", websocket_handler)

    runner = web.AppRunner(app)
    await runner.setup()
```

```

site = web.TCPSite(runner, "localhost", 8080)
await site.start()

print("Poslužitelj pokrenut na http://localhost:8080")
return runner

# Definicija WebSocket klijenta
async def run_client():
    async with ClientSession() as session:
        async with session.ws_connect("http://localhost:8080/ws") as ws:
            await ws.send_str("Pozdrav, WebSocket poslužitelju!")
            msg = await ws.receive()

            if msg.type == web.WSMsgType.TEXT:
                print(f"Klijent primio: {msg.data}")
            else:
                print(f"Neočekivana poruka: {msg}")

async def main():
    runner = await start_server()

    # pričekaj da se poslužitelj stabilizira
    await asyncio.sleep(0.2)

    await run_client()
    await runner.cleanup()

asyncio.run(main())

```

Ispisuje:

```

Poslužitelj pokrenut na http://localhost:8080
Klijent primio: Primljena poruka: Pozdrav, WebSocket poslužitelju!
WebSocket veza zatvorena

```

5. Podjela kôda u više datoteka

Naučili smo kako definirati `aiohttp` poslužitelje i klijentske sesije, kako definirati rute i *handler* funkcije, kako slati HTTP zahtjeve i obrađivati odgovore. Međutim, sve smo to radili unutar jedne skripte - `index.py`.

Vidjeli smo da Python omogućuje pokretanje poslužitelja i paralelno stvaranje klijentskih sesija za slanje zahtjeva unutar iste skripte koristeći `AppRunner` klasu.

Ono što je ključno - do sad se sve izvršavalo u jednom threadu, odnosno **unutar jednog procesa**. Međutim, kad pričamo o mikroservisnoj arhitekturi, **pričamo o više poslužitelja i više klijenata koji komuniciraju međusobno**.

Naš sljedeći *challenge* je - **podijeliti kôd u više datoteka**, odnosno definirati poslužitelje i klijentske sesije u zasebnim skriptama.

5.1 Jednostavna simulacija mikroservisne arhitekture

Neka nam trenutna asocijacija za mikroservis bude **web poslužitelj**, odnosno nekakav REST API klijent koji sluša na određenoj adresi i portu te obrađuje dolazne zahtjeve. U našem slučaju, to će biti `aiohttp` poslužitelj. S druge strane, **klijent** će biti `aiohttp` klijentska sesija koja šalje zahtjeve prema poslužitelju.

Izradimo novi direktorij `microservice_simulation`.

U direktoriju `microservice_simulation` kreirajte sljedeće datoteke:

- `client.py` - ovdje ćemo definirati klijentsku sesiju
- `microservice_1.py` - ovdje ćemo definirati prvi mikroservis (poslužitelj)
- `microservice_2.py` - ovdje ćemo definirati drugi mikroservis (poslužitelj)

```
→ mkdir microservice_simulation
→ cd microservice_simulation

→ touch client.py, microservice_1.py, microservice_2.py
```

Krenimo s definicijom poslužitelja u `microservice_1.py` datoteci. Svaki servis će imati jednostavnu rutu `/` koja vraća poruku `"Hello from Microservice X"`.

`microservice_1` neka sluša na portu `8081`:

```
# microservice_1.py
from aiohttp import web

async def handle_service1(request):
    return web.json_response({"message": "Hello from Microservice 1"})

app = web.Application()
app.router.add_get('/', handle_service1)

web.run_app(app, port=8081)
```

U `microservice_2.py` datoteci definirajmo drugi mikroservis koji sluša na portu `8082`:

```
# microservice_2.py
from aiohttp import web

async def handle_service2(request):
    return web.json_response({"message": "Hello from Microservice 2"})

app = web.Application()
app.router.add_get('/', handle_service2)

web.run_app(app, port=8082)
```

U klijentskoj sesiji `client.py` datoteci ćemo prvo definirati glavnu korutinu `main`.

```

# client.py
import aiohttp
import asyncio

async def main():
    print("Pokrećem main korutinu")
    pass

asyncio.run(main())

```

Što dalje? **Uobičajena greška** bila bi uključiti ove dvije datoteke unutar `client.py` datoteke koristeći `import` naredbu.

```

# client.py
import aiohttp
import asyncio
import microservice_1 # ?
import microservice_2 # ?

async def main():
    print("Pokrećem main korutinu")
    pass

asyncio.run(main())

```

Ako pokrenemo `client.py`, vidjet ćete sljedeći ispis u terminalu:

```

===== Running on http://0.0.0.0:8081 =====
(Press CTRL+C to quit)
^C
===== Running on http://0.0.0.0:8082 =====
(Press CTRL+C to quit)
^C
Pokrećem main korutinu

```

Na ovaj način, jednostavno smo "kopirali" kôd iz ova dva poslužitelja i zaljepili ga na početak `client.py` datoteke. Pokretanjem skripte vidimo da se oba poslužitelja pokreću, ali tek nakon što ih gasimo pokreće se `main` korutina u `client.py`.

Dakle, već smo rekli da mikroservisnu arhitekturu ne želimo zamišljati kao "jedan veliki monolitni kôd", odnosno veliki program koji putem vanjskih biblioteka/modula dobiva na složenosti/raspodijeljenosti, već **želimo pokrenuti više manjih i jednostavnijih programa i komunicirati između njih**.

5.1.1 Pokretanje više mikroservisa

Potrebno je pokrenuti poslužitelje samostalno iz terminala, a zatim pokrenuti klijentsku sesiju iz `client.py` datoteke. Međutim, do sad ste vidjeli da kad pokrenemo jedan poslužitelj, on blokira izvođenje ostatka kôda. **Rješenje je** - pokrenuti svaki poslužitelj u zasebnom procesu, a to je najlakše postići **kroz više terminala**.

Skriptu pokrećemo naredbom `python microservice_1.py` u jednom terminalu, a drugu skriptu u drugom terminalu.

Prisjetite se varijable `__name__` koja sadrži naziv trenutačnog modula. Definirali smo uvjetu izjavu `if __name__ == '__main__':` kako bismo osigurali da se kôd unutar bloka izvršava samo ako je skripta pokrenuta direktno, a ne uvezena kao modul. **Upravo to nam i treba.**

Pokretanje poslužitelja u svakom mikroservisu ćemo omotati u `if __name__ == '__main__':` uvjetnu izjavu:

```
# microservice_1.py
from aiohttp import web

async def handle_service1(request):
    return web.json_response({"message": "Hello from Microservice 1"})

app = web.Application()
app.router.add_get('/', handle_service1)

if __name__ == "__main__":
    web.run_app(app, port=8081)
```

I drugi:

```
# microservice_2.py
from aiohttp import web

async def handle_service2(request):
    return web.json_response({"message": "Hello from Microservice 2"})

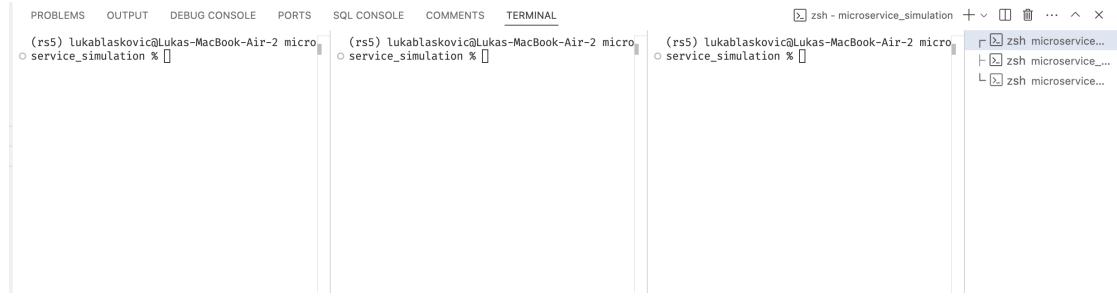
app = web.Application()
app.router.add_get('/', handle_service2)

if __name__ == "__main__":
    web.run_app(app, port=8082)
```

Ako koristite VS Code, terminale možete jednostavno podijeliti koristeći opciju `Split Terminal (Ctrl + Shift + 5)`.



Podijelite terminal na tri dijela, jedan za svaki mikroservis i jedan za klijenta.

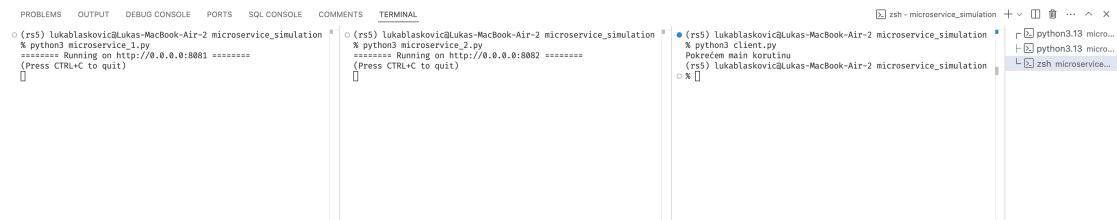


Pokrenite svaki mikroservis u zasebnom terminalu:

```
python3 microservice_1.py # Terminal 1  
python3 microservice_2.py # Terminal 2
```

Možete pokrenuti i klijenta:

```
python3 client.py # Terminal 3
```



Na ovaj način, sve smo podijelili u **zasebne datoteke**, a samim tim i **zasebne procese**. Sada ćemo mikroservise pustiti na miru te implementirati slanje zahtjeva iz `client.py`.

Možemo definirati dvije korutine, jednu za svaki mikroservis, unutar `client.py` datoteke.

U svakoj korutini ćemo otvoriti klijentsku sesiju i poslati zahtjev na odgovarajući mikroservis i njegov endpoint.

```
# client.py

async def fetch_service1():
    async with aiohttp.ClientSession() as session:
        response = await session.get('http://localhost:8081/')
        return await response.json()

async def fetch_service2():
    async with aiohttp.ClientSession() as session:
        response = await session.get('http://localhost:8082/')
        return await response.json()
```

Možemo poslati zahtjeve sekvenčno unutar `main` korutine:

```
# client.py

async def main():
    print("Pokrećem main korutinu")
    service1_response = await fetch_service1()
    print(f"Odgovor mikroservisa 1: {service1_response}")

    service2_response = await fetch_service2()
    print(f"Odgovor mikroservisa 2: {service2_response}")
```

Pokrenite kôd, trebali biste dobiti ispis:

```
Pokrećem main korutinu
Odgovor mikroservisa 1: {'message': 'Hello from Microservice 1'}
Odgovor mikroservisa 2: {'message': 'Hello from Microservice 2'}
```

5.1.2 Konkurentno slanje zahtjeva

Kako zahtjeve poslati konkurentno? Još jednostavnije!

```
# client.py

async def main():
    print("Pokrećem main korutinu")
    results = await asyncio.gather(fetch_service1(), fetch_service2()) # konkurentno slanje
    # zahtjeva, vraća listu rječnika
    print(results)
```

ili

```
# client.py

async def main():
    print("Pokrećem main korutinu")
    service1_response, service2_response = await asyncio.gather( # konkurentno slanje
    # zahtjeva, vraća tuple rječnika
        fetch_service1(),
        fetch_service2()
    )
    print(service1_response, service2_response)
```

Česta greška kod konkurentnog slanja: Recimo da želimo napisati samo jednu korutinu `fetch_service()` koja će slati zahtjeve na oba mikroservisa. Tada bi unutar te korutine slali 2 zahtjeva, bilo kroz jednu ili dvije klijentske sesije.

Primjer slanja zahtjeva otvaranjem dvije klijentske sesije:

```

async def fetch_service():
    async with aiohttp.ClientSession() as session:
        # Klijentska sesija za mikroservis 1
        async with session.get('http://localhost:8081/') as response1:
            service1_data = await response1.json()
        # Klijentska sesija za mikroservis 2
        async with session.get('http://localhost:8082/') as response2:
            service2_data = await response2.json()

    return service1_data, service2_data

```

U `main` korutini jednostavno pozivamo ovu korutinu:

```

async def main():
    print("Pokrećem main korutinu")
    service1_response, service2_response = await fetch_service() # kôd nije konkurentan, ali
    je asinkron!
    print(service1_response, service2_response)

```

Ovaj kôd nije konkurentan jer se zahtjevi u korutini `fetch_service` šalju sekvencijalno, a ne konkurentno.

Što ako dodamo `gather` u `main` korutinu?

```

async def main():
    print("Pokrećem main korutinu")
    results = await asyncio.gather(fetch_service()) # je li kôd sada konkurentan?
    print(results)

```

Je li kôd sada konkurentan?

Nije. Zašto? Zato što se unutar `fetch_service()` korutine zahtjevi i dalje šalju sekvencijalno.

Međutim, zašto ne bi mogli koristiti `gather` u `fetch_service()` korutini?

Ideja je sljedeća: **idemo otvoriti jednu klijentsku sesiju i unutar nje slati zahtjeve na oba mikroservisa**, budući da možemo definirati različiti URL za svaki `session.get()`.

```

# client.py

async def fetch_service():
    async with aiohttp.ClientSession() as session:
        service_1 = await session.get('http://localhost:8081/')
        service_2 = await session.get('http://localhost:8082/')

        rezultati = await asyncio.gather(
            service_1,
            service_2
        )

    return rezultati

```

Postoji problem u kôdu iznad. Možete li ga pronaći?

► Spoiler alert! Odgovor na pitanje

kôd daje sljedeću grešku:

```
rezultati = await asyncio.gather(  
    ~~~~~^  
    service_1,  
    ~~~~~^  
    service_2  
    ~~~~~^  
)  
^  
...  
    raise TypeError('An asyncio.Future, a coroutine or an awaitable '  
        'is required')  
TypeError: An asyncio.Future, a coroutine or an awaitable is required  
[nodemon] app crashed - waiting for file changes before starting...
```

Kako pročitati grešku? **TypeError: An asyncio.Future, a coroutine or an awaitable is required** (Proslijedili smo krivi input u `gather` funkciju, mora biti korutina ili `awaitable` objekt)

Rješenje je jednostavno: `service_1` i `service_2` su objekti tipa `ClientResponse`, a ne korutine (zato što smo ih već *awaitali*, tj. korutine su se izvršile). Ako odradimo deserijalizaciju odgovora, možemo vidjeti da su to rječnici.

```
print(type(await service_1.json()), type(await service_1.json())) # <class 'dict'> <class 'dict'>
```

Prisjetite se kako riješiti ovaj problem? *Kada želimo neku korutinu pohraniti za kasnije izvršavanje, što koristimo...?*

► Spoiler alert! Odgovor na pitanje

```
# client.py  
  
async def fetch_service():  
    async with aiohttp.ClientSession() as session:  
        service_1 = session.get('http://localhost:8081/')  
        service_2 = session.get('http://localhost:8082/')  
  
        tasks = [asyncio.create_task(service_1), asyncio.create_task(service_2)]  
        rezultati = await asyncio.gather(*tasks)  
  
    return rezultati  
  
async def main():  
    print("Pokrećem main korutinu")  
    results = await fetch_service()  
    print(results)
```

```
asyncio.run(main())
```

Pokrenite kôd, vidjet ćete ispis:

```
Pokrećem main korutinu
[<ClientResponse(http://localhost:8081/) [200 OK]>
<CIMultiDictProxy('Content-Type': 'application/json; charset=utf-8', 'Content-Length': '40', 'Date': 'Wed, 04 Dec 2024 00:49:08 GMT', 'Server': 'Python/3.13 aiohttp/3.11.7')>,
 <ClientResponse(http://localhost:8082/) [200 OK]>
<CIMultiDictProxy('Content-Type': 'application/json; charset=utf-8', 'Content-Length': '40', 'Date': 'Wed, 04 Dec 2024 00:49:08 GMT', 'Server': 'Python/3.13 aiohttp/3.11.7')>
]
```

Radi! Ali odgovori su tipa `ClientResponse`. Još moramo odraditi deserijalizaciju.

Možemo ju jednostavno direktno odraditi na izlasku iz funkcije.

Imamo listu `ClientResponse` rezultata, a želimo listu raspakiranih podataka (rječnika). Metoda za deserijalizaciju je `response.json()`, a sve možemo definirati u jednoj liniji koristeći **list comprehension** i/ili **map funkciju**?

```
# client.py

async def fetch_service():
    async with aiohttp.ClientSession() as session:
        service_1 = session.get('http://localhost:8081/')
        service_2 = session.get('http://localhost:8082/')

        tasks = [asyncio.create_task(service_1), asyncio.create_task(service_2)]
        rezultati = await asyncio.gather(*tasks)

    return [await rezultat.json() for rezultat in rezultati] # radi!
```

ili:

```
return list(map(lambda rezultat: await rezultat.json(), rezultati)) # ili ne možemo ? :)
```

Ako pokrenete korutinu s drugom `return` dobit ćete grešku: `SyntaxError: 'await' outside function`, iako ga koristimo unutar korutine `fetch_service()`. Zašto?

Problem je što `await` ustvari koristimo unutar funkcije `map` koja nije korutina, niti je funkcija namijenjena za asinkrono izvršavanje. `lambda` koju proslijeđujemo `map` funkciji nije korutina već je sinkrona funkcija. **Zato je bolje koristiti list comprehension.**

Kako možemo dokazati da je ovaj kôd uistinu konkurentan? Simulacijom čekanja (`asyncio.sleep` i mjerjenjem vremena `time` modul).

Pokušajte prvo sami, a zatim provjerite rješenje u nastavku.

Rješenje:

```
# microservice_1.py
from aiohttp import web
from asyncio import sleep
async def handle_service1(request):
    await sleep(1)
    return web.json_response({"message": "Hello from Microservice 1"})

app = web.Application()
app.router.add_get('/', handle_service1)

if __name__ == "__main__":
    web.run_app(app, port=8081)
```

```
# microservice_2.py
from aiohttp import web
from asyncio import sleep

async def handle_service2(request):
    await sleep(2)
    return web.json_response({"message": "Hello from Microservice 2"})

app = web.Application()
app.router.add_get('/', handle_service2)

if __name__ == "__main__":
    web.run_app(app, port=8082)
```

```
# client.py
import aiohttp
import asyncio
import time

async def fetch_service():
    async with aiohttp.ClientSession() as session:
        service_1 = session.get('http://localhost:8081/')
        service_2 = session.get('http://localhost:8082/')

        tasks = [asyncio.create_task(service_1), asyncio.create_task(service_2)]
        rezultati = await asyncio.gather(*tasks)

    return [await rezultat.json() for rezultat in rezultati] # radi!

async def main():
    print("Pokrećem main korutinu")
    start_time = time.time()
    results = await fetch_service()
    end_time = time.time()
    print(results)
```

```
print(f"Vrijeme izvršavanja: {end_time - start_time:.2f} sekundi")
```

```
asyncio.run(main())
```

Ako pokrenete kôd vidjet ćete da je vrijeme izvršavanja `~2 sekunde`, a ne `~3 sekunde` kako bi bilo da se zahtjevi šalju sekvencijalno.

5.2 Simulacija mikroservisne arhitekture: Računske operacije

U prethodnom primjeru, simulirali smo mikroservisnu arhitekturu kroz dva jednostavna mikroservisa koji su vraćali poruke. U stvarnosti, mikroservisi obavljaju različite zadatke, od jednostavnih do složenih. Sada ćemo pokušati definirati nešto "zanimljivije": mikroservise koji obavljaju računske operacije.

Ovu arhitekturu definirat ćemo unutar direktorija `microservice_calculations`.

5.2.1 Sekvencijalna obrada podataka

Ideja je sljedeća:

- definirat **čemo 2 mikroservisa** koji obavljaju računske operacije
 - definirat **čemo klijenta** koji šalje zahtjeve u obliku lista brojeva
1. mikroservis će računati zbroj svih brojeva i vratiti rezultat
 2. mikroservis će upotrijebiti rezultat prvog mikroservisa i izračunati omjer svakog broja s ukupnim zbrojem

Prvo ćemo definirati klijenta:

```
mkdir microservice_calculations
cd microservice_calculations
touch client.py
```

U `client.py` datoteci definirajmo `main` korutinu.

```
# client.py

import aiohttp
import asyncio

async def main():
    print("Pokrećem main korutinu")
    pass

asyncio.run(main())
```

Idemo definirati prvi mikroservis koji će računati zbroj svih brojeva.

```
touch microservice_sum.py
```

```
# microservice_sum.py

from aiohttp import web
# koji endpoint moramo definirati?
app = web.Application()

web.run_app(app, host='localhost', port=8081)
```

Kako servis očekuje ulazne podatke, moramo definirati `PORT` rutu i odgovarajuću *handler* korutinu:

```
# microservice_sum.py
from aiohttp import web

async def handle_zbroj(request):
    data = await request.json()
    zbroj = sum(data)
    return web.json_response({"zbroj": zbroj})

app = web.Application()
app.router.add_post('/zbroj', handle_zbroj)
web.run_app(app, host='localhost', port=8081)
```

Testirat ćemo prvo ovaj mikroservis kroz HTTP klijent.

— Kako poslati podatke?

HTTP zahtjeve želimo pisati u JSON formatu, a **uobičajeno je da JSON format sadrži uvijek barem 1 ključ**.

Definirat ćemo listu u ključu `'podaci'`:

```
{
    "podaci" : [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10]
}
```

Kako bismo sada ispravno obradili ovaj zahtjev, moramo nakon deserijalizacije dohvatiti listu podataka iz ključa `'podaci'`.

```
# microservice_sum.py

async def handle_zbroj(request):
    data = await request.json()
    data_brojevi = data.get("podaci") # ili data['podaci']
    zbroj = sum(data_brojevi)
    return web.json_response({"zbroj": zbroj})
```

POST <http://localhost:8081/zbroj> Send

Query Headers 2 Auth Body 1 Tests Pre Run

JSON XML Text Form Form-encode GraphQL Binary

JSON Content Format

```

1  {
2    "podaci" : [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10]
3  }

```

Status: 200 OK Size: 13 Bytes Time: 11 ms

Response Headers 5 Cookies Results Docs { } ≡

```

1  {
2    "zbroj": 55
3  }

```

U HTTP klijentu radi. Još moramo stvari prebaciti u `client.py`:

```

# client.py

async def main():
    print("Pokrećem main korutinu")
    data = [i for i in range(1, 11)]
    data_json = {"podaci": data} # JSON format (dodajemo ključ 'podaci')
    async with aiohttp.ClientSession() as session:
        response = await session.post('http://localhost:8081/zbroj', json=data_json)
        print(await response.json())

asyncio.run(main())

```

Pokrenite mikroservis i klijenta. Trebali biste dobiti ispis:

```

Pokrećem main korutinu
{'zbroj': 55}

```

Sada ćemo definirati drugi mikroservis koji će koristiti rezultat prvog mikroservisa i izračunati omjer svakog broja s ukupnim zbrojem.

```
touch microservice_ratio.py
```

Stvari su vrlo slične, samo naš POST endpoint sad zaprima 2 ključa: `'podaci'` i `'zbroj'`.

```

# microservice_ratio.py

import aiohttp
from aiohttp import web
import asyncio

app = web.Application()

async def handle_ratio(request):
    data = await request.json()
    data_brojevi = data.get("podaci")
    data_zbroj = data.get("zbroj")
    ratio_list = [i / data_zbroj for i in data_brojevi] # vraćamo listu omjera za svaki broj
    return web.json_response({"ratio_list": ratio_list})

app.router.add_post('/ratio', handle_ratio)

```

```
web.run_app(app, host='localhost', port=8082)
```

Dakle, mikroservis na ruti `/ratio` očekuje tijelo HTTP zahtjeva u obliku:

```
{  
    "podaci": [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10],  
    "zbroj": 55  
}
```

- gdje `'podaci'` predstavlja listu brojeva
- a `'zbroj'` je rezultat mikroservisa `microservice_sum`

Prvo ćemo poslati zahtjev na prvi mikroservis, zatim rezultat ovog zahtjeva koristiti kao input za drugi mikroservis.

```
# client.py  
async def main():  
    print("Pokrećem main korutinu")  
    data = [i for i in range (1, 11)]  
    data_json = {"podaci": data}  
    async with aiohttp.ClientSession() as session:  
        # slanje zahtjeva na 1. mikroservis  
        microservice_sum_result = await session.post('http://localhost:8081/zbroj',  
json=data_json)  
        microservice_sum_data = await microservice_sum_result.json() # podaci iz odgovora 1.  
mikroservisa  
        zbroj = microservice_sum_data.get("zbroj")  
  
        # slanje zahtjeva na 2. mikroservis  
        microservice_ratio_result = await session.post('http://localhost:8082/ratio', json=  
{"podaci": data, "zbroj": zbroj})  
        microservice_ratio_data = await microservice_ratio_result.json() # podaci iz odgovora  
2. mikroservisa  
        ratio_list = microservice_ratio_data.get("ratio_list")  
  
        print(f"Zbroj: {zbroj}")  
        print(f"Lista omjera: {ratio_list}")  
  
asyncio.run(main())
```

Pokrenite sve mikroservise i klijenta. Trebali biste dobiti sljedeći ispis:

```
Pokrećem main korutinu  
Zbroj: 55  
Lista omjera: [0.01818181818181818, 0.03636363636363636, 0.05454545454545454,  
0.07272727272727272, 0.09090909090909091, 0.10909090909090909, 0.12727272727272726,  
0.14545454545454545, 0.163636363636364, 0.181818181818182]
```

Još ćemo samo zaokružiti omjere na dvije decimale.

```
ratio_list = [round(i / data_zbroj, 2) for i in data_brojevi]
```

Provjerite ispis:

```
Pokrećem main korutinu
Zbroj: 55
Lista omjera: [0.02, 0.04, 0.05, 0.07, 0.09, 0.11, 0.13, 0.15, 0.16, 0.18]
```

5.2.2 Konkurentna obrada podataka (osnovno)

U prethodnom primjeru, zahtjevi su se **slali sekvencijalno i bili obrađeni sekvencijalno**.

Razlog tomu je što svakako moramo dobiti rezultat izvođenja prvog mikroservisa prije nego što pošaljemo zahtjev na drugi mikroservis, budući da nam treba rezultat prvog mikroservisa kao ulaz za drugi mikroservis.

Bez obzira što je taj rezultat u ovom slučaju vrlo banalan (običan zbroj brojeva u listi) **u stvarnosti se radi o puno složenijim operacijama**.

Glavni nedostatak konkurentnog slanja zahtjeva koji smo do sada uočili je upravo ova **nekonzistentnost u obradi podataka**. Zamislite da, zbog performansi, želimo poslati 10 000 zahtjeva kroz 10 različitih mikroservisa (npr. kako bismo ubrzali obradu rezultata za onih ~80%), od kojih neki ovise o rezultatima drugih. U tom slučaju, konkurentno slanje zahtjeva koje smo dosad radili nije dovoljno, jer se zahtjevi šalju i čekaju nasumično (puno parametra je van naše kontrole, npr. propusnost).

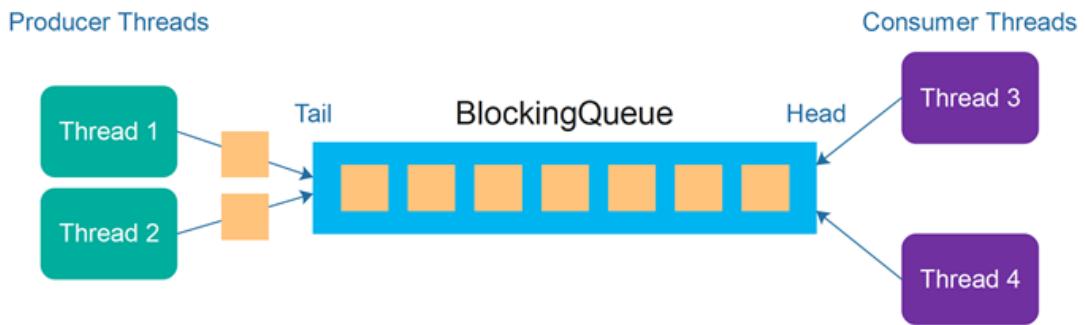
Primjerice, definiramo listu od 10 taskova:

```
tasks = [task1, task2, task3, task4, task5, task6, task7, task8, task9, task10]

results = await asyncio.gather(*tasks) # konkurentno slanje zahtjeva
```

Što nas muči? Recimo da taskovi 5-10 ovise o rezultatima taskova 1-4. Kako osigurati da se taskovi 5-10 izvrše tek nakon što se izvrše taskovi 1-4? Odnosno, bolje pitanje bi glasilo: **Kako upravljati konkurentnom egzekucijom međusobno ovisnih taskova?**

Skupina srodnih problema sinkronizacije u literaturi se naziva *Producer-Consumer* problem. Ako vas zanima više, na internetu možete pronaći mnogo materijala na ovu temu, a i u budućim vježbama ćemo se pozabaviti ovim problemom. Ukratko, radi se o problemu kod konkurentnog programiranja gdje jedan ili više "proizvođača" (producers) generira podatke i stavlja ih u zajednički spremnik (buffer), dok jedan ili više "potrošača" (consumers) preuzima te podatke iz spremnika i obrađuje ih. Ključni izazov je osigurati da proizvođači i potrošači pravilno koordiniraju svoj rad kako bi se izbjegle situacije poput preljeva spremnika (kada proizvođači pokušavaju dodati podatke u pun spremnik) ili praznog spremnika (kada potrošači pokušavaju preuzeti podatke iz praznog spremnika).



Ilustracija Producer-Consumer problema

Ovim problemom bavit ćemo se na budućim vježbama, za sada ćemo izmijeniti naš kôd kako bi mikroservisi bili nezavisni jedan o drugome.

- Neka prvi mikroservis vraća kvadrate brojeva, a drugi mikroservis vraća kvadratne korijene brojeva.

Sada imamo **isti resurs za oba mikroservisa**, a to su brojevi. Kao rezultat na klijentskoj strani želimo zbrojiti **zbroj kvadrata i zbroj kvadratnih korijena**.

Definiramo `microservice_square.py`:

```
touch microservice_square.py
```

```
# microservice_square.py
from aiohttp import web

async def handle_squares(request):
    data = await request.json()
    data_brojevi = data.get("podaci")
    kvadrati = [i ** 2 for i in data_brojevi]
    return web.json_response({"kvadrati": kvadrati})

app = web.Application()
app.router.add_post('/kvadrati', handle_squares)
web.run_app(app, host='localhost', port=8083)
```

Mikroservis `microservice_sqrt.py` koji računa i vraća korijene brojeva:

```
touch microservice_sqrt.py
```

```

# microservice_sqrt.py
from aiohttp import web

async def handle_squares(request):
    data = await request.json()
    data_brojevi = data.get("podaci")
    korijeni = [i ** 0.5 for i in data_brojevi]
    return web.json_response({"korijeni": korijeni})

app = web.Application()
app.router.add_post('/korijeni', handle_squares)
web.run_app(app, host='localhost', port=8084)

```

Pokrenite ove mikroservise.

Zahtjeve možemo obraditi konkurentno koristeći `gather` funkciju:

```

# client.py

import aiohttp
import asyncio


async def fetch_square_data(session, data_json):
    response = await session.post('http://localhost:8083/kvadrati', json=data_json)
    return await response.json()

async def fetch_sqrt_data(session, data_json):
    response = await session.post('http://localhost:8084/korijeni', json=data_json)
    return await response.json()

async def main():
    print("Pokrećem main korutinu")
    data = [i for i in range(1, 11)]
    data_json = {"podaci": data} # resurs je isti za oba mikroservisa

    async with aiohttp.ClientSession() as session:
        # Konkurentno pozivanje mikroservisa
        microservice_square_data, microservice_sqrt_data = await
        asyncio.gather(fetch_square_data(session, data_json), fetch_sqrt_data(session, data_json))

        # Ekstrakcija podataka
        kvadrati = microservice_square_data.get("kvadrati")
        korijeni = microservice_sqrt_data.get("korijeni")

        print(f"Zbroj kvadrata: {sum(kvadrati)}")
        print(f"Zbroj korijena: {sum(korijeni)}")
        print(f"Ukupni zbroj: {sum(kvadrati) + sum(korijeni)}")

    asyncio.run(main())

```

Testirajte kôd:

```
Pokrećem main korutinu
Zbroj kvadrata: 385
Zbroj korijena: 22.4682781862041
Ukupni zbroj: 407.4682781862041
```

6. Zadaci za vježbu: Mikroservisna arhitektura - razvoj aiohttp poslužitelja i klijenata

Zadatak 6: Jednostavna komunikacija

Definirajte 2 mikroservisa u 2 različite datoteke. Prvi mikroservis neka sluša na portu 8081 i na endpointu /pozdrav vraća JSON odgovor nakon 3 sekunde čekanja, u formatu: `{"message": "Pozdrav nakon 3 sekunde"}`. Drugi mikroservis neka sluša na portu 8082 te na istom endpointu vraća JSON odgovor nakon 4 sekunde: `{"message": "Pozdrav nakon 4 sekunde"}`.

Unutar `client.py` datoteke definirajte 1 korutinu koja može slati zahtjev na oba mikroservisa, mora primati argumente `url` i `port`. Korutina neka vraća JSON odgovor.

Korutinu pozovite unutar `main` korutine. **Prvo demonstrirajte sekvencijalno slanje zahtjeva, a zatim konkurentno slanje zahtjeva.**

Zadatak 7: Računske operacije

Definirajte 3 mikroservisa unutar direktorija `microservice_calculations`. Prvi mikroservis neka sluša na portu 8083 i na endpointu /zbroj vraća JSON bez čekanja. Ulazni podatak u tijelu zahtjeva neka bude lista brojeva, a odgovor neka bude zbroj svih brojeva. Dodajte provjeru ako brojevi nisu proslijeđeni, vratite odgovarajući HTTP odgovor i statusni kôd.

Drugi mikroservis neka sluša na portu 8084 te kao ulazni podataka prima iste podatke. Na endpointu /umnozak neka vraća JSON odgovor s umnoškom svih brojeva. Dodajte provjeru ako brojevi nisu proslijeđeni, vratite odgovarajući HTTP odgovor i statusni kôd.

Treći mikroservis pozovite nakon konkurentnog izvršavanja prvog i drugog mikroservisa. Dakle treći ide sekvencijalno jer mora čekati rezultati prethodna 2. Ovaj mikroservis neka sluša na portu 8085 te na endpointu /kolicnik očekuje JSON s podacima prva dva servisa. Kao odgovor mora vratiti količnik umnoška i zbroja. Dodajte provjeru i vratite odgovarajući statusni kôd ako se pokuša umnožak dijeliti s 0.

U `client.py` pozovite konkurentno s proizvoljnim podacima prva dva mikroservisa, a zatim sekvencijalno pozovite treći mikroservis.

Zadatak 8: Mikroservisna obrada - CatFacts API

Definirajte 2 mikroservisa unutar direktorija `cats`.

Prvi mikroservis `cat_microservice.py` mora slušati na portu 8086 i na endpointu /cats vraćati JSON odgovor s listom činjenica o mačkama. Endpoint /cat mora primati URL parametar `amount` koji predstavlja broj činjenica koji će se dohvatiti. Na primjer, slanjem zahtjeva na /cat/30 dohvatit će se 30 činjenica o mačkama. Činjenice se moraju dohvaćati **konkurentnim slanjem zahtjeva na CatFacts API**. Link: <https://catfact.ninja/>

Drugi mikroservis `cat_fact_check` mora slušati na portu `8087` i na endopintu `/facts` očekivati JSON objekt s listom činjenica o mačkama u tijelu HTTP zahtjeva. Glavna dužnost ovog mikroservisa je da provjeri svaku činjenicu sadrži li riječ `cat` ili `cats`, neovisno o velikim i malim slovima. Odgovor neka bude JSON objekt s novom listom činjenica koje zadovoljavaju prethodni uvjet.

U `client.py` pozovite ove dvije korutine sekvensijalno, obzirom da drugi mikroservis ovisi o rezultatima prvog. Testirajte kôd za proizvoljan broj činjenica.