VILNIAUS UNIVERSITETAS
MATEMATIKOS IR INFORMATIKOS FAKULTETAS
PROGRAMŲ SISTEMŲ KATEDRA

Programų sistemų kūrimo metodų tyrimas

Asynchronous Client-Side Coordination of Cluster Service Sessions

Kursinis darbas

Atliko: 3 kurso ... grupės studentas
Andrius Butkevičius (parašas)

Darbo vadovas: prof. habil. dr. Karolis Petrauskas (parašas)

Vilnius – 2019

TURINYS

Įvadas

Įvade apibūdinamas darbo tikslas, temos aktualumas ir siekiami rezultatai. Darbo įvadas neturi būti dėstymo santrauka. Įvado apimtis 1–2 puslapiai.

Didėjant žmonių kompiuteriniam raštingumui, interneto populiarumui, nesudėtinga pastebėti, kad atsiranda vis daugiau programinių ar internetinių aplikacijų, kurios vienaip ar kitaip palengvina tam tikrų specialybių žmonėms darbą, automatizuojant procesus ar vykdant sudėtingas ir įvairias operacijas, kurios reikalauja įvairių integracijų: banko sąskaitos pervedimas, mokesčių mokėjimas

Nenorint, kad vartotojai ar kitos sistemos, kurios naudojasi kurtomis integracijomis, susidurtų su problemomis, kurių metu nebūtų galima efektyviai naudotis sistema ar ją iš vis pasiekti be nesklandumų, kai ji yra apkrauta didelu prisijungusių vartotojų kiekiu. Todėl vis daugiau programavimo įmonių skiria dėmesį sistemos serverių architektūrai, pasitelkiant nebe monolitinius serverius, o jų šeimas, taip darbo krūvį paskirstant keliems išoriniams serveriams ir taip išvengiant apkrovos ar problemų su bandwidth.

Visgi apsisaugoti nuo serverio ryšio problemų, tokių kaip nutrūkęs serverio ryšys neįmanoma, todėl reikia ieškoti sprendimo būdų, kurie kuo įmanoma labiau sumažintų patiriamos klaidos pasėkmes klientui, leidžiant tas klaidas užfiksuoti kuo greičiau, ir taip suvaldant situaciją išanksto.

Šiame kursiniame darbe nagrinėsiu algoritmą ir implementuosiu jį į vieną populiariausių open-source load balancer sistemų - „HaProxy” [www.haproxy.org]. Apžvelgsiu kaip šis algoritmas susitvarko su nutrūkusiu ryšių tarp kelių sistemų, palyginsiu jį su kitais sprendimo būdais naudojamais šiomis dienomis.

Algoritmas sprendžia problemą, kaip greičiau ir su mažiau nepageidaujamų pašalinių pasėkmių informuoti klientą apie įvykusią klaidą. Algoritmas veikimo principas naudoja sesijų valdymą, kurios tarpusavyje komunikuoja asinchroninėmis žinutėms tais atvejais, kai ištinka ryšio vidinė klaida ir vienas iš serverių tampa nebepasiekiamas vartotojui. Šiuo atveju implementuotas algoritmas nedelsiant praneštų vidinei sistemai apie nutrukūsį ryši su serveriu ir perspetų esančias klientų sesijas apie tai.

Todėl šio darbo tikslas yra pagilinti žinias serverių paskirstymo srityje, paieškoti alternatyvių sprendimo būdų bei išbandyti nagrinėjamą algoritmą praktiškai, jį implementuojant „HaProxy“ sistemoje, palyginant kaip jis veikia kartu su kitais algoritmais, tokiais kaip „Round Robin“, ”Leastconn”.

1. Medžiagos darbo tema dėstymo skyriai

Medžiagos darbo tema dėstymo skyriuose pateikiamos nagrinėjamos temos detalės: pradinė medžiaga, jos analizės ir apdorojimo metodai, sprendimų įgyvendinimas, gautų rezultatų apibendrinimas. Šios dalies turinys labai priklauso nuo darbo temos. Skyriai gali turėti poskyrius ir smulkesnes sudėtines dalis, kaip punktus ir papunkčius.

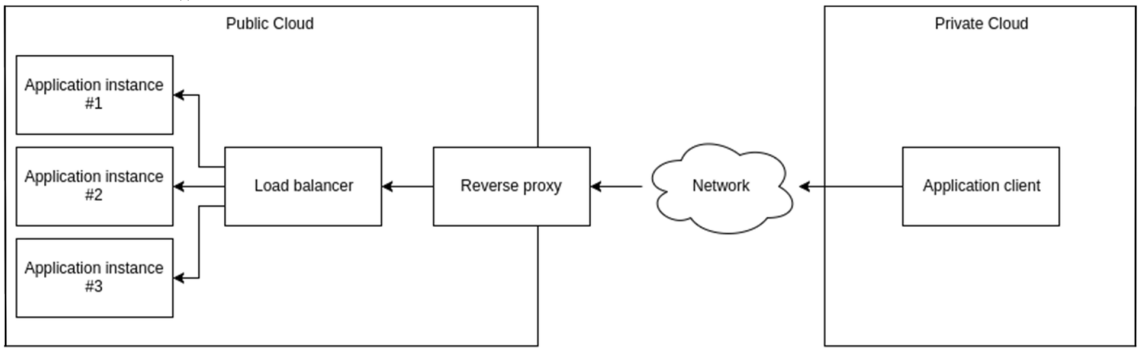
Medžiaga turi būti dėstoma aiškiai, pateikiant argumentus. Tekstas dėstomas trečiuoju asmeniu, t.y. rašoma ne „aš manau“, bet „autorius mano“, „autoriaus nuomone“. Reikėtų vengti informacijos nesuteikiančių frazių, pvz., „...kaip jau buvo minėta...“, „...kaip visiems žinoma...“ ir pan., vengti grožinės literatūros ar publicistinio stiliaus, gausių metaforų ar panašių meninės išraiškos priemonių.

2. Load balancing

Kompiuterių sistemų terminologijoje „Load balancing“ reiškia mechanizmą, kuris leidžia pagerinti ir paefektyvinti darbo krūvio paskirstymą tarp skaičiavimus gebenačių sistemų, kai yra nauojami ”application clusters” - aibė kompiuterių, kurie tarpusavyje veikia kartu, taip sukurdami viena kompiuterių šeimą, dėl kurios tai atrodo tarsi viena sistemą, o pati apkrova yra paskirstoma tolygiai, taip išvengiant bandwidth problemų.[https://link.springer.com/article/10.1007/s10586-018-2850-3]

Kaip ir minėta anksčiau, „Load balancing“ paskirtis – resursų naudojimo optimizavimas, taip paskirstant darbo krūvį tarp skiringų kompiuterių ir sumažinant procesų apskaičiavimo laiką ir tikimybę, kad projektuojama sistema patirs overload bei padedant sistemai tuo pačiu metu atlaikyti didesnį kiekį vykdomų skaičiavimų vienu metu.

Vienas dažniausių panaudojamų atvejų (tai, ką būtent ir šiame kursiniam darbe narginėsiu) yra sukurti internetino tinklo servisą per kelis serverius į kuriuos bus paskirstomas užklausos, dar kitaip tai vadinama „server farm“.



Pačių algoritmų, paskirtančių darbą tarp serverių yra daug, o kurį būtent naudoti priklauso nuo esamos sistemos architektūros ir kokių poreikių jai reikia, nes krūvį galima paskirstyti tinklo ar aplikacijos sluoksnyje. Tinklo ir aplikacijos sluoksnių algoritmai skiriasi tuo, kaip jie geba stebėti ateinantį traffic ir pagal kokius kriterijus tą fiksuoja. Pavyzdžiui, load balancer layer 4 geba matyti informaciją apie aplikacijos portus, protokolo tipą (TCP/UDP). Layer 7 „Load balancer“ mato detalesnę informaciją, todėl gali priimti ir paskirstyti „request“ naudojant sudėtingesnius sprendimų būdus. Su tokiu protokolu kaip HTTP įmanoma identitfikuoti kliento sesiją naudojant cookies, taip nukreipiant tam tikro vartotojo užklausas į tą patį serverį tol kol sesija yra nepasibaigusi, taip neprarandant informacijos, kuri yra saugoma tam tikrame serveryje.

Mano kursiniame darbe nagrinėsime Haproxy load balancing sistemą, kuri apdoroja užklausas, jau minėtame layer 7.

3. Clustered Applications

Čia išsiaiškinsime, ką reiškia šis terminas ir kuo tai yra susiję su mano nagrinėjama darbu. Clustered išvertus į lietuvių kalbą reiškia „skirstymas į aibes, grupes“. Įgyvendinant programinę įrangą, projekto metu turi būti atkreipiami nefunkciniai reikalavimai, tokie kaip maksimalus užklausų skaičius, kurį projektuojama sistema gebės apdoroti efektyviai, nesutrikdama ir išlaikydama greita procesų veikimą esant tokiam užklausų skaičiui. Visgi projektui plečiantis ir užklausų kiekiui didėjant, turi atsirasti galingesnė ir našesnė sistema, gebanti apdoroti daugiau tam tikrų procesų vienu metu. Todėl reikia projekto pradžioje apsvarstyti arhcitektūra, kad ji būtų lengvai plečiama. Plačiausiai naudojami šie du įgyvendinimo būdai: scale up ir scale out.

Scale up reiškia, kad programinė įranga lienka prie monolitinės serverio architektūros, kurioje yra tik vienas serveris, ir kiekvieną kartą, kai reikės sistemą plėsti, bus paleidžiamas naujas serveris, gebantis daugiau procesų apdoroti. `https://link.springer.com/article/10.1007/s10586-018-2850-3`

Dažniau naudojamas – scale out, kai sistemos architektūra susidaro ne iš monolitinio serverio, o iš kelių ir daugiau kompiuterių, kurie sudaro viena bendrą sistemą. Toks sprendimo būdas yra pigesnis, efektyvesnis, nes vos tik prireikus daugiau našumo, šią sistemą galima papildyti nauju serveriniu įrenginiu. Taigi serverių šeimos yra vadinamos Clustered application ir norint jas suvaldyti reikalinga prieš ją stovinti programinė įranga(reverse proxy), kuri galėtų paskirstyti darbą tarp serverių po lygiai.

4. Load balancer būdai ir programinės įrangos

Kanangi dauguma programinės įrangos įmonių kuria web-service paremtus HTTP protokolu bendraujant su klientu, komponentas atsakingas už įeinantį traffic yra reverse proxy (pvz.: Haproxy) negu Edge router ar L4 (Transport Layer of OSI model) load balance, nes reverse-proxy siūlo daugiau galimybiu stebint traffic su HTTP protokolu, kaip pavyzdžiui load-balacing ar turinio glaudinimas.

Taip pat yra įmanomas kliento pusėje esantis krūvio paskirstymas, tačiau tai reikalauja atrandamumo(discoverability) ir prisijungiamumas (connectivity) savybių. Atrandamumas pasako būdą, kaip bus identifikuojama topologija - dažniausiai, skaičius serverių, nurodomų portų numerių bei IP adresų. Tokios informacijos užtenka klientui sukonfiguruoti reikiama aplikacijos baseiną(pool). Prisijungiamumas parodo kliento gebėjimą tiesiogiai prisijungti prie tų serverių. Plačiausiai šiuo metu rinkoje yra paplitę paskirstytojai: „Haproxy“, „Ngnix“, „F5“, „Citrix ADC“, „Avi Vantage“, „AWS“. Skirtumai tarp šių paskirstytojų yra efekytvumas, našumas, naudojamai skirtingi algoritmai, stebėjimo sistemomis. Be to, jeigu nenorima patiems dėliotis techninės įrangos patiems, galima rinktis „cloud based solutions“, pavyzdžiui, „AWS“. Jeigu norima, kad sistema būtų kontroliuojama pačių programuotojų, reikia rinktis iš „Haproxy“, „Ngnix“/[https://www.techrepublic.com/article/data-center-101-choosing-a-load-balancer]

4.0.0.1. Sesijos valdymas „clustered applications“

„Clustered application“ sistemai reikalingas patikimas ir efektyvus HTTP sesijų valdymas. Visgi perkeliant programinę įrangą į tokią aplinką yra susiduriama su keletą sunkumų. HTTP sesija apima nuoseklę kliento sąveiką su „web service“. Ši sesijos būsena išlaikoma yra tam tikra laiką. Kiekvieną kliento sesija yra priskiriama tam tikram serveriui iš „server farm“. Taigi keletas serveriu negali turėti vienos bendros sesijos konkečiam klientui, nes sesija yra laikoma vieno serverio atmintyje ir keli serveriai tarpusavyje nesidalina šios informacijos. Čia matome pirmą problemą, kadangi HTTP protokolas yra „stateless“, iš užklausos negalime nustatyti kokiam vartotojui ji priskiriama, todėl yra naudojama sesija, kad būtų talpinama tokia informaciją, tačiau kai yra „Clustered application“, reikia užtikrinti, kad klientas visada galėtų pasiektį būtent tą severį, su kuriup buvo pradėta sesija. Į pagalbą ateina „Sticky sessions“, kurioje yra laikomas IP adresas serverio į kūrį buvo iš pradžių kreiptasi, vėliau „Load balancer“ pagal tai kokia yra informacija sesijos, nukreips užklausą į tinkamą serverį. Kitas pavyzdys su kuriuo yra susiduriama yra tai, kad keli serveriai turi atskirus „pool“, kuriuose yra laikoma aplikacijos informaciją, pavyzdžiui – jeigu ASP.NET sistemoje pasirinksime inicializuoti objektą „web“ aplikacijoje kaip Singleton, sukurti objektai tam serveryje bus pasiekiami tik iš to serverio, todėl jei užklauso nukreipia į kitą serverį mes prarandame dabartinę OOP terminais kalbant, objekto dabartinę informaciją, kurios negalime pasiekti tol, kol užklausa vėl nebus nukreipta į reikiamą serverį.

Asinchroninis komunikavimas tarp severių.

Kitas terminas, kūrį perskaitome kursinio darbo pavadinimė – asinchroninis komunikavimas.

5. HaProxy

Tai vienas populiariausių rinkoje “open source” serverių paskirstytojų, parašytų C kalba, kuri padeda užtikrinti efektyvų ir našų veikimą. “Load-balancer” serveriai dar taip pat yra žinomi, kaip “front-end” serveriai. Kiekvienas iš serverių turi skirting IP adresą, tačiau dalinasi tuo pačiu “domain address”. “HaProxy” taip pat yra nemokamas, labia greitas ir puikus sprendimas naudojant kartu su HTTP ar TCP protokolais paremtais servisais. Kadangi tai “open source”, tai šis “load-balancer” turi puikiai palaikomas programuotojų, ir jau per laiką, kurį jis yra išleistas, buvo nemažai naujų versijų, kurioje yra papildoma naujom galimybėm. Šiuo metu naujausia versija yra 1.8 (palaikomas “multi-threading”, HTTP/2, “cache” ir t.t). Vartotojui taip pat atsiveria galimybė šį “Load-balancer” konfiguruoti ir pritaikyti pagal savo poreikius – reguliuoti kokius port’us turės “front-end” ir “back-end” serveriai, koks bus “session-stickness” gyvavimo laikotarpis, “logging”, maksimalus kiekis užklausų, nurodyti kiekį turimų gijų ir procesų, “timeout connect” laukimo trukmės laikotarpis, kokie port’ai yra “front-end” serveriuose(į juos kreipsis klientai pirma, vėliau užklausos bus paskirstytos į “back-end” serverius, koks bus naudojamas paskirstymo algoritmas.

“HaProxy” palaikomi paskirstymo tarp serverių algoritmai, kaip ir minėjau iš anksčiau yra konfiguruojami “haproxy.cfg” konfiguracijos globaliame faile.

Round-Robin – paskirsto užklausas nuosekliai, neatsižvelgiant kokia yra serverių dabartinė talpa ar apkrova. Visi serveriai yra laikomi vienaverčiais

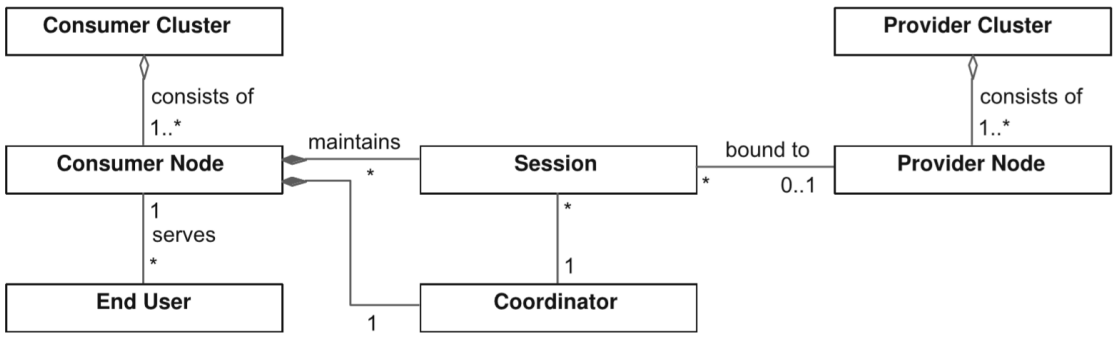
Least-connection – paskirstomos užklausos pagal tai, kaip kiekvienas serveris yra aktyvus (apkrautas), serveris, kuriam šiuo metu tenka mažiau apdoroti užklausų gaus būtent ką tik atėjusią užklausą.

6. Algoritmas

Mano nagrinėjamas kursinis darbas peržvelgia algoritmą, kuris sprendžia problemą, kai vienas iš provider serverių tampa neatktyvus, nors tuo metu buvo inicializavęs ryšį su klientu, tačiau klientas negali apie tai sužinoti tol kol nesikreips į tą serverį arba baigsis time-out ryšio.

Realiuose gyvenimo pavyzdžiuose nutinka taip, kad kartais vienas iš severių atsijungia dėl įvarių priežasčių, kaip kad nebuvo atlaikytas užklausų skaičius. Taigi turime situacija, kai netenkama vieno iš serverių, jeigu klientas tuo metu turėjo aktyvų ryšį, jo nebelienka, visgi kad klientas gautų informaciją apie tai, kad ryšys nutrūko prireikia laiko, nes praradus "connection" nebėra įmanoma pranešti tai vartotojams, nenaudojant jokių mofikacijų. Taigi galiausiai klientas gaus "timout connection error", kuris ir reiškia, kad išorinė sistema nebeatsako po jai duoto maksimalaus laiko. Tačiau tai nėra geriausias sprendimas, jis yra lėtas aptinkant klaidas. Mano nagrinėjamame algoritme yra aprašomas būdas, kaip to išvengti implementuojant "fault-tolarant" algoritmą.

Sesijų valdymo algoritmas informuoja "client-side" (HaProxy front-end node'as) sesijos koordinatorių apie įvykusią klaidą "provider node". Vėliau koordinatorius informuoja kitas sesijas priskirtas prie to pačio back-end'o ir kitiems koordinatoriams esantiems kituose front-end mazguose. Tokiu atveju vartotojas gautų iš karto informuojančią klaidą apie sutrikusį serverio ryšį. Aišku tokiu atveju galima bandyti klientui sukurti naują sesiją kitame veikiančiame serveryje, tačiau naujas sesijos sukūrimas yra gana brangi operacija, reikalaujanti nemažai resursų bei atsiranda tikimybė dėl informacijos praradimo naujos sesijos metu. Mūsų atveju sesija nebūtų priskirta prie jokio serverio tol kol klientas vėl ne per naujo prisijungs prie sistemos.



https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-97571-9_11

7. Komunikavimo įgyvendinimas tarp sesijų

Norint pasiekti, kad sesija galėtų komunikuoti su koordinatoriumi, o koordinatorius su kitais kliento koordinatoriais reikia pasitelkti asinchroninį programavimą. Šiame skyrelyje aprašysiu, kaip veikia asinchroninis komunikavimas, kokie jo privalumai, kuo jis skiriasi nuo "event based" programavimo.

Asinchroninis perdavimas - duomenų perdavimo būdas, kai kiekvieno ženklo arba ženklų grupės perdavimo pradžios laikas neapibrėžtas, o nustatomas pagal specialius pradžios ir pabaigos bitus. Tarpai tarp siunčiamų ženklų arba jų grupių gali būti nevienodi.

Tai ypač yra naudinga tarp web services, kai užklausos atsakymo laikas yra per daug ilgas ar sunkiai nuspėjamas, nėra norima apkrauti klientą laukiant atsako ir taip naudojant CPU. `https://link.springer.com/chapter/10.1007/11581062_33`

Skirtumas tarp tarp šių dviejų paradigmų toks, kad "event driven" programavime objektas iškviečia "event" vos tik kai kažkas svarbaus įvyko, be jokių "polling" įgyvendinimo būdų, kai yra reguliariai žiūrima ar statusas pasikeitęs ar ne. Įvykus naujam statuso pasikeitmui programuotojas turi arba sinchroniškai, arba asinchroniškai užbaigti įvykusią operaciją.

Kai įvyksta asinchroninis operacija, sistema nelaukia, kada ši operacija bus įgyvendinta, todėl visa ši operacija yra įgyvendinama background'e, jos nelaukiant kada jis pasibaigs, visgi vos tik operacija atliekama, sistema, kuri ją kvietė gauna vadinama "call back" – pranešima, kad operacija daugiau nebėra vykdoma, ji arba įvyko, arba buvo susidurta su problemomis dėl kurios ji negalėjo sėkmingai finišuoti.

Šaltiniai

https://link.springer.com/article/10.1007/s10586-018-2850-3
https://link.springer.com/chapter/10.1007/11581062_33
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-97571-9_11