

MASARYKOVA UNIVERZITA
FAKULTA INFORMATIKY



Moderní nástroje pro měření výkonu v praxi

BAKALÁRSKA PRÁCA

Tomáš Borčín

Brno, jeseň 2014

Prehlásenie

Prehlasujem, že táto bakalárska práca je mojím pôvodným autorským dielom, ktoré som vypracoval samostatne. Všetky zdroje, pramene a literatúru, ktoré som pri vypracovaní používal alebo z nich čerpal, v práci riadne citujem s uvedením úplného odkazu na príslušný zdroj.

Vedúci práce: Mgr. Marek Grác, Ph.D.

Pod'akovanie

Rád by som sa poďakoval Mgr. Marekovi Grácovi, Ph.D. za vedenie a rady poskytnuté pri písaní tejto práce. Veľká vďaka patrí aj Mgr. Martinovi Večeřovi a Ing. Pavlovi Macíkovi. V neposlednej rade ďakujem mojej rodine, hlavne mojim rodičom, Emílii a Ladislavovi za ich podporu pri štúdiu.

Zhrnutie

Bakalárska práca sa venuje porovnávaníu nástrojov na testovanie výkonu aplikácií. V rámci práce je vytvorená jednoduchá aplikácia komunikujúca pomocou protokolov WS, JMS, REST a HTTP. Aplikácia je nasadená na JBoss AS 7. Súčasťou práce je návrh testovacích scenárov pre každý nástroj. Testovacie scenáre sú vykonané viackrát a počas testov je sledovaná spoľahlivosť výsledkov. Príčiny rozptylov vo výsledkoch sú odhalené a popísané. Pre každý nástroj je zameraná teoretická priepustnosť. V závere práce sú výsledky testov a vlastnosti nástrojov. Práca porovnáva nástroje Apache JMeter, Faban, Gatling a PerfCake.

Kľúčové slová

performance testy, testovanie, porovnanie nástrojov, Apache JMeter, PerfCake, Faban, Gatling

Obsah

| | | |
|-------|-------------------------------------|----|
| 1 | Úvod | 1 |
| 2 | Testy výkonu | 2 |
| 2.1 | Základné testy | 2 |
| 2.2 | Závažové testy | 2 |
| 2.3 | Stresové testy | 2 |
| 2.4 | Testy vytrvalosti | 3 |
| 2.5 | Testy špičky | 3 |
| 2.6 | Izolačné testy | 3 |
| 2.7 | Konfiguračné testy | 3 |
| 3 | Metodika porovnávania nástrojov | 4 |
| 4 | Nástroje | 5 |
| 4.1 | Apache JMeter | 5 |
| 4.1.1 | Inštalácia | 5 |
| 4.1.2 | Používanie | 5 |
| 4.1.3 | Dokumentácia | 5 |
| 4.1.4 | Použiteľnosť vo vývojovom prostredí | 6 |
| 4.1.5 | Generovanie výsledkov | 7 |
| 4.2 | Faban | 8 |
| 4.2.1 | Inštalácia | 8 |
| 4.2.2 | Používanie | 8 |
| 4.2.3 | Dokumentácia | 8 |
| 4.2.4 | Použiteľnosť vo vývojovom prostredí | 9 |
| 4.2.5 | Generovanie výsledkov | 9 |
| 4.3 | Gatling | 10 |
| 4.3.1 | Inštalácia | 10 |
| 4.3.2 | Používanie | 10 |
| 4.3.3 | Dokumentácia | 10 |
| 4.3.4 | Použiteľnosť vo vývojovom prostredí | 10 |
| 4.3.5 | Generovanie výsledkov | 11 |
| 4.4 | PerfCake | 12 |
| 4.4.1 | Inštalácia | 12 |
| 4.4.2 | Používanie | 12 |
| 4.4.3 | Dokumentácia | 12 |
| 4.4.4 | Použiteľnosť vo vývojovom prostredí | 12 |
| 4.4.5 | Generovanie výsledkov | 13 |

| | | |
|-------|--|----|
| 5 | Testy | 14 |
| 5.1 | <i>Testovaná aplikácia</i> | 14 |
| 5.2 | <i>Testovacie prostredie</i> | 15 |
| 5.3 | <i>Testy</i> | 15 |
| 5.4 | <i>Automatizácia testov</i> | 17 |
| 5.4.1 | Klient | 17 |
| 5.4.2 | Server | 19 |
| 5.5 | <i>Problémy pri vytváraní testov a testovaní</i> | 19 |
| 5.5.1 | Apache JMeter | 19 |
| 5.5.2 | Faban | 19 |
| 5.5.3 | Gatling | 20 |
| 5.6 | <i>Výsledky testov</i> | 21 |
| 5.6.1 | Základný test s jedným klientom | 21 |
| 5.6.2 | Testy s rastúcim počtom klientov | 23 |
| 5.6.3 | Testy s rastúcou veľkosťou správ | 32 |
| 5.6.4 | Základný JMS test so 100 klientmi | 42 |
| 5.6.5 | Základný test so 100 klientmi | 43 |
| 5.6.6 | Vytrvalostný test | 45 |
| 5.6.7 | Test teoretickej priepustnosti nástroja | 49 |
| 6 | Záver | 51 |
| 6.1 | <i>Zhrnutie</i> | 51 |
| A | Obsah priloženého CD | 55 |

Kapitola 1

Úvod

Obrovský rozvoj informačných technológií so sebou prináša zvyšovanie nárokov na výpočtový výkon [1]. Tento problém sa dá riešiť dvoma spôsobmi. Jednoduchým riešením je neustále zvyšovanie systémových zdrojov spolu s rastúcimi požiadavkami. Treba podotknúť, že toto riešenie je z dlhodobého hľadiska neefektívne, pretože investície do systémových zdrojov budú s ďalším vývojom a údržbou systému rásť, kým neprekročia únosnú hranicu a systém sa stane neudržateľným [2].

Práčnejším, ale o to efektívnejším riešením je testovanie aplikácií a analýza ich výkonu [3]. Test výkonu aplikácie sa uskutočňuje s cieľom zistiť, ako daná aplikácia pracuje pod určitou záťažou. Taktiež môže slúžiť na vyšetrovanie, meranie, potvrdzovanie alebo overovanie ďalších vlastností systému, ako rozšíriteľnosť a efektívnosť využívania prostriedkov. Najčastejšie používanými testami výkonu sú záťažové testy, únavové testy, testy výdrže, kulmináčny testy, konfiguračné testy a separačné testy [3].

Výber správneho nástroja na testovanie je často náročnou úlohou, pričom kriticky dôležitá funkcionálnosť závisí od rôznych faktorov. Testovací nástroj určený na občasné testovanie jednoduchej aplikácie nemusí poskytovať detailné informácie o priebehu testov, avšak jednoduchosť používania a rýchlosť prípravy testov môže byť kritická. Toto zadanie môže spĺňať aj nástroj, ktorý nepodporuje najnovšie technológie a jeho vývoj prebieha oproti iným nástrojom veľmi pomaly. Naopak tomu môže byť vo firme s desiatkami zamestnancov, ktorá vyvíja nové aplikácie s použitím najmodernejších technológií. Tím skúsených testerov denne vykonávajúci množstvo testov kladie vysoké požiadavky na automatizáciu, dobrú organizáciu a presnosť testov. Výsledky testov generované v užívateľsky čitateľnej forme môžu byť prezentované vedeniu firmy bez nutnosti ďalšej úpravy. Pravidelná aktualizácia, aktívny vývoj a poskytovaná užívateľská podpora zohráva nemenej dôležitú rolu.

Úlohou tejto práce je porovnať nástroje používané k testovaniu výkonu aplikácií v praxi a poskytnúť tak čitateľovi prehľad pri výbere nástroja. V práci sú popísané klady a zápory jednotlivých nástrojov a čitateľ si na základe svojich kritérií môže zvoliť nástroj, ktorý mu najviac vyhovuje.

Kapitola 2

Testy výkonu

Testovanie je dôležitou súčasťou vývoja softvéru. Existuje mnoho testov, ktoré majú za účel odhaliť rôzne typy chýb. Spoločnosti vyvíjajúce softvér si veľmi dobre uvedomujú dôležitosť testovania a preto sú testy nedeliteľnou súčasťou životného cyklu vývoja softvéru. Napriek tomu sú testy výkonu softvéru podceňované a nie je im prikladaný dostatočný dôraz [3]. Testy výkonu sa delia na základné testy, záťažové testy, stresové testy, testy vytrvalosti, testy špičky, konfiguračné testy a izolačné testy.

2.1 Základné testy

Základné testy určujú čas potrebný na vykonanie jednotlivých transakcií jedným klientom. Za účelom získania čo najpresnejších údajov je nutné, aby počas vykonávania testov systém nevykonával žiadne iné aktivity. Pomocou týchto informácií je možné zistiť, v akej miere klesol výkon systému s ohľadom na záťaž systému a počet klientov pracujúcich so systémom.

2.2 Záťažové testy

Najpoužívanejším a najjednoduchším testom je záťažový test. Počas tohto testu je systém vystavený stálej záťaži, pričom je monitorovaná dostupnosť služieb, priepustnosť a čas odozvy. Tento test je najvernejšou reprezentáciou reálneho používania systému. Vkladanie a čítanie dát musí byť oneskorené tak, ako je tomu pri práci užívateľa.

2.3 Stresové testy

Stresové testy vystavujú aplikáciu rastúcej záťaži a tým spôsobia, že celá aplikácia alebo jej časť zlyhajú. Zlyhaním systému môže byť nedostupnosť celej aplikácie, jej služby alebo veľmi dlhý čas odozvy. Následne je možné určiť maximálnu únosnú záťaž systému. Znalosť limitu systému je dôležitá pre budúci vývoj aplikácie. Maximálna záťaž systému by mala poskytovať dostatočnú rezervu v závislosti na spôsobe používania aplikácie a množstvo klientov, ktoré ju používa.

2.4 Testy vytrvalosti

Testy vytrvalosti podrobujú systém stálej očakávanej záťaži, pričom sú monitorované rôzne časti systému. Vďaka tomu je možné odhaliť problémy s pamäťou, neuvoľnené zdroje a celkovú degradáciu výkonu v čase. Je potrebné zabezpečiť, aby výkon časom neklesal, ale bol rovnaký ako pri spustení, prípadne sa zvyšoval. Cieľom testu je zistiť, ako sa systém správa pri stálom používaní, tak ako tomu bude po jeho nasadení do praxe.

2.5 Testy špičky

Počas testu špičky dochádza k náhlemu zvýšeniu záťaže. Úlohou tohto testu je zistiť ako systém reaguje na náhle zmeny záťaže.

2.6 Izolačné testy

Izolačné testy pomáhajú odhaliť chybné komponenty opakovaným spúšťaním neúspešných testov.

2.7 Konfiguračné testy

Konfiguračné testy pozorujú, ako zmeny konfigurácie ovplyvňujú výkon, jednotlivé komponenty a celkové správanie systému. Zmeny konfigurácie môžu systému pomôcť lepšie zvládať zmeny záťaže[4].

Kapitola 3

Metodika porovnávania nástrojov

V nasledujúcom zozname popisujem postup práce a definujem kategórie, ktoré zohľadňujem pri porovnávaní a hodnotení nástrojov.

1. Inštalácia, oboznámenie sa s nástrojmi, študovanie dokumentácie, inštalácia nástrojov do vývojových prostredí IntelliJ IDEA, NetBeans Eclipse, nástroja Apache Maven a nastavovanie generovania výsledkov, pričom sa kladie dôraz na jednoduchosť používania nástroja.
2. Návrh a vytvorenie testov, nastavenie generovania výsledkov. Dôraz sa kladie na jednoduchosť a rýchlosť vytvorenia testovacích scenárov, ako aj prínos dokumentácie pri ich tvorbe a riešení vzniknutých problémov.
3. Vytvorenie testovacej architektúry, ktorá spúšťa a riadi priebeh testov. Tu je dôležité si všímať, nakoľko nástroje podporujú automatizáciu testov a problémy, ktoré pri jej vytváraní vznikli pri jednotlivých nástrojoch.
4. Spustenie testov. Sem patrí monitorovanie testov a sledovanie chýb, ktoré sa pri testovaní vyskytli.
5. Vyhodnotenie výsledkov. Tu je dôležité si všímať nie len výkon nástrojov, ale aj spoľahlivosť výsledkov. Veľký rozdiel vo výsledkoch znamená znižuje relevanciu výsledkov.
6. Konečné zhodnotenie nástrojov na základe hodnotiacich kritérií.

Kapitola 4

Nástroje

4.1 Apache JMeter

Apache JMeter je písaný v jazyku Java a dostupný pod open-source licenciou. Nástroj poskytuje podporu pre testovanie statických, ako aj dynamických zdrojov a podporuje širokú škálu protokolov [5]. Najnovšia verzia 2.12 je dostupná na stránke www.jmeter.apache.org/download_jmeter.cgi. Ja som používal verziu 2.11.

4.1.1 Inštalácia

Keďže je Apache JMeter aplikácia písaná v jazyku Java, vyžaduje k svojmu behu systém s nainštalovaným Java behovým prostredím JRE¹ verzie 6 a vyššej. V operačnom systéme Ubuntu 14.04 LTS je možné Apache JMeter nainštalovať aj cez softvérové centrum alebo v termináli pomocou príkazu `sudo apt-get install jmeter`. Inštalácia cez softvérové centrum alebo pomocou príkazu `sudo apt-get install jmeter` je jednoduchšia, ale obsahuje dva roky starú verziu 2.8.1.

4.1.2 Používanie

Spustenie programu je možné z príkazového riadka pomocou príkazu `jmeter.bat` pre Windows a `./jmeter` pre Linux a MacOS, prípadne univerzálnym príkazom `java -jar ApacheJMeter.jar`. Otvorí sa užívateľské rozhranie, v ktorom je možné vytvárať testy a nastavovať generovanie výsledkov. Dokumentácia nepopisuje vytváranie testov v textovom editore tak, ako pri zvyšných nástrojoch, preto je nutné k tvorbe testov používať toto rozhranie. Spúšťanie testov v prebieha spustením príkazu `./jmeter` s prepínačom `"-n"`, ktorý zabezpečí, aby sa test spustil bez grafického rozhrania.

4.1.3 Dokumentácia

Užívateľská dokumentácia je dostupná na stránke <http://jmeter.apache.org/usermanual/index.html>. Apache JMeter je pomerne robustný nástroj, čo sa odrazilo aj na rozsahu dokumentácie. Ako pozitívum hodnotím wiki stránku [http:](http://)

1. Java Runtime Environment(JRE) je prostredie umožňujúce spúšťať Java aplikácie.

[//wiki.apache.org/jmeter/](http://wiki.apache.org/jmeter/), ktorá obsahuje návody, popisuje rozšírenia a tiež poskytuje informácie pre vývojárov. Nachádza sa tu aj návod popisujúci nastavenie Apache JMetra pre používanie v Eclipse IDE. Pozitívom je aj FAQ stránka <http://wiki.apache.org/jmeter/JMeterFAQ> ponúkajúca odpovede na najčastejšie problémy, s ktorými sa môže užívateľ pri používaní Apache JMetra stretnúť. Dokumentácia je napriek svojej rozsiahlosti prehľadná a pre každý typ testu poskytuje samostatnú kapitolu popisujúcu vytvorenie testu od úplného začiatku.

4.1.4 Použiteľnosť vo vývojovom prostredí

Eclipse

Návod <http://wiki.apache.org/jmeter/JMeterAndEclipseHowTo> z wiki stránky čitateľa hneď v úvode presmeruje na stránku <http://people.apache.org/~mkostrze/jmeter-eclipse/jmeter-eclipse.html>, ktorá bola naposledy upravená 10.03.2004. Stránka odkazuje na neexistujúce zdroje a nepodarilo sa mi podľa nej nastaviť Apache JMeter tak, aby sa dal jednoducho použiť v Eclipse IDE verzii 4.4.1.

NetBeans

Apache JMeter doplnok je možné do NetBeans IDE nainštalovať v menu Nástroje (Tools) → Doplnky (Plugins). V okne doplnkov je potrebné vybrať panel Dostupných doplnkov (Available Plugins), vyhľadať JMeter doplnok a spustiť inštaláciu. Následne je možné do projektu pridať nový JMeter plán. Doplnok vytvorí v adresári projektu nový priečinok "jmeter", ktorý obsahuje jednoduchý návrh testu. V okne služieb vznikne nová služba Generátory záťaže (Load Generators) obsahujúca generátor JMeter, ktorému je nutné priradiť testovací plán. Testy je možné spustiť samostatne alebo automaticky pri kompilácii projektu.

IntelliJ IDEA

Doplnok pre IntelliJ IDEA je nutné stiahnuť zo stránky <https://plugins.jetbrains.com/plugin/7013>. V IntelliJ IDEA v menu Nastavenia (Settings) → IDE nastavenia (IDE Settings) → Doplnky (Plugins) vyberieme možnosť Nainštalovať doplnok z disku (Install plugin from disk). Po dokončení inštalácie a reštartovaní IDE je nutné nastaviť v menu Nastavenia → Nastavenia projektu (Project settings) → JMeter domovský adresár pre Apache JMeter. Následne je možné do projektu vložiť JMeter súbor a v IDE ho aj upravovať. Po spustení testovacieho súboru sa otvorí okno Apache JMeter, v ktorom je možné spustiť testy.

Apache Maven²

Chýbajúci doplnok pre Eclipse IDE je možné nahradiť doplnkom pre Maven. Návod je k dispozícii na wiki stránke Apache JMeter <https://wiki.apache.org/jmeter/>

2. Apache Maven je softvér určený na riadenie životného cyklu zostavovania aplikácií.

[JMeterMavenPlugin](#). Po nastavení doplnku a vytvorení JMeter testovacích scénárov sa tieto testy spúšťajú automaticky pri kompilácii projektu.

4.1.5 Generovanie výsledkov

Apache JMeter poskytuje širokú škálu spôsobov, pomocou ktorých je možné monitorovať priebeh testov. Monitor zaznamenávajúci využitie procesora a pamäte RAM nie je súčasťou Apache JMeter, ale je poskytovaný zdarma ako rozšírenie. Inštalácia doplnku prebieha skopírovaním knižnice JMeterPlugins-Standard.jar do adresára lib/ext, ktorý sa nachádza v domovskom adresári nástroja. Následne je nutné nastaviť aj Apache agenta, ktorý bude na strane servera monitorovať využitie procesora a pamäte. Adresár obsahujúci agenta je nutné priložiť k serveru tak, aby bolo možné pri štarte servera spustiť aj agenta, ktorý sa štartuje spustením skriptu startAgent.sh. Agent používa na komunikáciu port číslo 4444.

4.2 Faban

Faban je napísaný v jazyku Java a jeho licencia je open-source. Skladá sa z dvoch hlavných komponent: Faban Driver Framework a Faban Harness. Driver Framework slúži na definovanie záťaže, riadenie životného cyklu a nastavenie výpisu výsledkov. Faban Harness poskytuje užívateľské rozhranie k spúšťaniu a kontrolovaniu testov, generovaniu výsledkov a ukladaniu naplánovaných testov do fronty [6]. Aktuálna verzia Fabanu je 1.2 a dá sa získať na stránke projektu www.faban.org/. Používam túto verziu Fabanu. Faban sa nachádza aj na GitHub-e: www.github.com/akara/faban.

4.2.1 Inštalácia

Faban vyžaduje plnú JDK³ inštaláciu verzie 1.5 a vyššej. Nutnosť inštalácie JDK hodnotím ako negatívum. Najnovšia verzia programu sa nachádza na stránke www.faban.org/download.html.

4.2.2 Používanie

Najskôr je nutné spustiť Faban Master, ktorý sa spúšťa v Linuxe pomocou príkazu `./startup.sh`, pre Windows príkazom `startup-using-launcher.bat`. Súbory sa nachádzajú v priečinku `master/bin` a je nutné ich spustiť cez príkazový riadok, pretože po spustení program vypíše adresu, na ktorej beží Faban server. Túto adresu je nutné zadať do prehliadača. Otvorí sa rozhranie, v ktorom je nutné nastaviť vytvorený ovládač definujúci základné parametre testu. Následne je možné upravovať, spúšťať, ukončovať testy a prezerať si vygenerované výsledky testov. Syntax pre spúšťanie testov z príkazového riadku je `FABAN_HOME/bin/fabancli submit benchmark profile /configuration/run.xml`, kde `FABAN_HOME` je adresár obsahujúci Faban, `fabancli` je skript umožňujúci interakciu s Faban Harness. Prvý argument spúšťaného skriptu definuje príkaz, ktorý sa má vykonať. V tomto prípade sa má zaregistrovať nový test. Druhý argument určuje ovládač použitý k spúšťaniu testov, nasledujúci argument určuje profil použitý k spusteniu testov a posledným argumentom je konfiguračný súbor, ktorý obsahuje základné informácie o teste, teda dĺžku testu, počet klientov a verziu Javy použitú v testoch.

4.2.3 Dokumentácia

Stručný návod popisujúci inštaláciu a spustenie prvých testov je dostupný na stránke <http://faban.org/docs/QuickStartTutorial.html>. Návod popisujúci vytváranie záťaže je k dispozícii na stránke <http://faban.org/docs/CreatingWorkloadTutorial.html>. Ďalšie návody sú k dispozícii na stránke <http://faban.org/1.2/docs/index.html>.

3. Java Development Kit (JDK) je vývojová platforma pre programovací jazyk Java. Súčasťou balíka JDK sú komponenty a nástroje umožňujúce vývoj Java aplikácií a JRE umožňujúce ich spúšťanie.

4.2.4 Použitelnosť vo vývojovom prostredí

Žiadne doplnky pre vývojové prostredia Eclipse, NetBeans, IntelliJ IDEA a nástroj Maven som nenašiel.

4.2.5 Generovanie výsledkov

Vytváranie výsledkov a logovacích súborov prebieha automaticky. Pri štarte testu dostane každý test identifikačný reťazec, ktorý sa skladá z názvu profilu použitého pri testovaní, bodky, čísla a veľkého písmena. Číslo a písmeno slúži ako jednoznačný identifikátor testu a Faban ho generuje automaticky. Výsledky testu je možné zobrazíť v grafickom prostredí Faban Harness. V menu View Results je nutné vybrať test identifikovaný identifikačným reťazcom, čím sa zobrazí stručný výpis výsledku. Detailnejšie výsledky sú k dispozícii v hornom menu v záložkách Detailed Results, Run Log a Statistics. Výsledky testov sa ukladajú do adresára output, ktorý sa nachádza v adresári Fabanu. Pre každý test Faban vytvára adresár, ktorého názov je zhodný s identifikačným reťazcom testu a do tohto adresára ukladá všetky výsledky a logy, ktoré patria k danému testu.

4.3 Gatling

Gatling je open-source, podobne ako všetky predchádzajúce nástroje. Kým predchádzajúce nástroje boli písané výhradne, alebo z veľkej časti v jazyku Java, Gatling je vyvíjaný v jazyku Scala, ktorý beží v tom istom virtuálnom stroji, ako Java a preto je nevyhnutné ju mať nainštalovanú. Gatling ako jediný nástroj nepoužíva jazyk XML⁴ pre písanie testovacích scenárov. Scenáre sú písané v jazyku Scala. Jadro nástroja nie je závislé na konkrétnom protokole a je ľahko rozšíriteľné. V súčasnosti poskytuje podporu pre HTTP a JMS protokol [7]. Stránka projektu www.gatling-tool.org/ je veľmi jednoduchá a obsahuje len pár odkazov, väčšinou na GitHub stránku projektu www.github.com/excilys/gatling.

4.3.1 Inštalácia

Staré verzie programu sa nachádzajú na stránke www.github.com/excilys/gatling/wiki/Downloads. Najnovšia stabilná verzia 2.1.2 je dostupná na stránke <http://gatling.io/download/>. Nachádza sa tu aj verzia 2.2.0-SNAPSHOT, ktorá je vo vývoji. Ja používam verziu 2.0.1. Základným predpokladom pre používanie programu Gatling je JDK verzie 6, pričom sa odporúča mať nainštalovanú najnovšiu verziu JDK.

4.3.2 Používanie

Program je možné spustiť v príkazovom riadku príkazom `./gatling.sh` pre Linux a príkazom `gatling.bat` pre Windows. Spúšťacie skripty sa nachádzajú v priečinku `bin`. Gatling nemá grafické rozhranie, preto testy vytváram v textovom editore podľa dokumentácie. Spúšťanie prebieha

4.3.3 Dokumentácia

Zoznam užívateľských manuálov je k dispozícii na stránke <http://gatling.io/docs/2.0.1/>. Nachádza sa tu stručný a prehľadný návod popisujúci inštaláciu a spustenie prvých testov, ako aj pokročilejšie návody detailne popisujúce nastavenie nástroja a vytváranie testov. Dokumentácia je prehľadná, dobre sa v nej orientuje a pozitívom je aj vzhľad, ktorý je kvalitne spracovaný.

4.3.4 Použiteľnosť vo vývojovom prostredí

Eclipse, NetBeans, IntelliJ IDEA

Gatling neposkytuje podporu pomocou samostatných doplnkov pre jednotlivé vývojové prostredia. Integrácia Gatlingu je realizovaná pomocou Apache Maven

4. Extensible Markup Language je všeobecný značkovací jazyk vyvinutý a štandardizovaný konzorciom W3C.

nástroja, ktorý tieto vývojové prostredia podporujú.

Maven

Dokumentácia obsahuje sekciu Extensions, ktorá popisuje nastavenie Maven Plugin a Maven Archetype.

Maven Plugin je možné použiť v každom projekte, ktorý využíva Maven ako nástroj pre správu tvorby aplikácií. Maven je možné použiť v Eclipse, IntelliJ IDEA, ako aj NetBeans. Pri nastavovaní Maven konfiguračného súboru podľa stránky http://gatling.io/docs/2.0.1/extensions/maven_plugin.html je nutné zmeniť hodnotu *io.gat-ling* v elemente *groupId* na hodnotu *io.gatling.highcharts*, pretože závislosť (Dependency) s hodnotou *io.gatling* v maven repozitári nebola k dispozícii.

Gatling je možné pomocou Maven Archetype iba do vývojových prostredí podporujúcich jazyk Scala a obsahujúcich Maven. Aj keď testované vývojové prostredia neobsahujú natívnu podporu jazyka Scala je možné túto funkcionality implementovať pomocou doplnkov dostupných pre každé vývojové prostredie. Manuál popisujúci integráciu Gatling do vývojového prostredia pomocou Maven Archetype sa nachádza na stránke http://gatling.io/docs/2.0.1/extensions/maven_archetype.html.

4.3.5 Generovanie výsledkov

Po spustení testu sú výsledky priebežne vypisované do terminálu a zároveň sa vytvorí adresár, ktorý umožňuje zobrazíť výsledky v prehľadnej grafickej podobe. Adresár obsahuje aj logovací súbor, ktorý zaznamenáva výsledok každej pre každú vykonanú požiadavku. Výsledky som z terminálu presmeroval do súboru a pri spúšťaní testu nastavujem umiestnenie adresára s výsledkami na adresár, v ktorom sa spúšťa daný test.

4.4 PerfCake

PerfCake je open-source nástroj písaný v jazyku Java. V súčasnosti je k dispozícii verzia 3.3, ktorú aj používam. Dátum vydania verzie 4.0 je naplánovaný na 20.3.2015. Stránka projektu: www.perfcake.org. Github: [www.github.com/PerfCake/PerfCake](https://github.com/PerfCake/PerfCake). Na stránke [www.github.com/PerfCake](https://github.com/PerfCake) sú dostupné pluginy pre Maven, IntelliJ IDEA, Eclipse a rôzne ukážkové testovacie scenáre.

4.4.1 Inštalácia

Základným predpokladom pre používanie PerfCake je systém s Java Runtime Environment verzie 7 alebo vyššej. Tiež je nutné mať správne nastavenú \$JAVA_HOME premennú prostredia. Pre operačné systémy Windows a Linux je na stránke www.perfcake.org/download/ pripravená binárna distribúcia, ktorú je možné používať hneď po stiahnutí a rozbalení archívu. Užívatelia operačného systému Mac si musia stiahnuť zdrojový kód a skompilovať ho. Týmto je program pripravený na používanie. Inštalácia je veľmi jednoduchá, prebehla bez komplikácií a zaberie len pár minút.

4.4.2 Používanie

Práca s programom prebieha prostredníctvom príkazového riadka. V systéme Windows spustíme PerfCake príkazom *perfcake.bat*, v systémoch Linux a MacOS *./perfcake.sh*. Po spustení týchto príkazov sa zobrazia argumenty, ktoré je možné používať pri spúšťaní programu.

4.4.3 Dokumentácia

Užívateľská dokumentácia sa nachádza na stránke www.perfcake.org/docs/perfcake-user-guide.pdf. Skladá sa zo siedmich kapitol, v ktorých popisuje architektúru, vytváranie scenárov, generovanie záťaže, posielanie správ, generovanie výsledkov, validáciu a rozšírenia PerfCake. Pre každú komponentu testu obsahuje jednoduchý príklad.

4.4.4 Použiteľnosť vo vývojovom prostredí

Eclipse

PerfCake obsahuje doplnok Perfclipse pre vývojové prostredie Eclipse Kepler. Doplnok je možné nainštalovať cez Eclipse Marketplace v menu Help. Doplnok obsahuje aj jednoduché užívateľské prostredie, pomocou ktorého je možné vytvárať testy. Perfclipse vytvoril v rámci svojej záverečnej práce Jakub Knetl. Archív práce je k dispozícii na stránke: https://is.muni.cz/auth/th/396062/fi_b/?lang=cs.

IntelliJ IDEA

IntelliJ IDEA doplnok PerfCakeIDEA je dostupný na stránke <https://github.com/PerfCake/PerfCakeIDEA>. Pre inštaláciu doplnku je potrebné najskôr stiahnuť archív <http://download.jetbrains.com/idea/ideaIU-14.0.2.zip> do Maven repozitára, zostaviť z príkazovej riadky príkazom *mvn package* a nakoniec nainštalovať v programe IntelliJ IDEA v menu Súbor (File) → Nastavenia (Settings) → IDE Settings (Nastavenia IDE) → Doplnky (Plugins) → Nainštalovať doplnok z disku... (Install plugin from disk...)[8].

Apache Maven

Doplnok pre Maven a návod k jeho inštalácii je k dispozícii na stránke <https://github.com/PerfCake/PerfCakeMavenPlugin>. Maven doplnok nahrádza chýbajúce doplnky pre vývojové prostredia NetBeans a IntelliJ IDEA.

4.4.5 Generovanie výsledkov

V prípade nástroja PerfCake sú všetky informácie vypisované do príkazového riadku v časových intervaloch, ktoré sa nastavujú v testovacích scenároch. Výsledky som vytvoril presmerovaním výstupu z terminálu do súboru. Všetky informácie sú prehľadne umiestnené v jednom súbore. Okrem toho je možné PerfCake nastaviť tak, aby výpis generoval do súboru s príponou *.csv*.

Kapitola 5

Testy

5.1 Testovaná aplikácia

K vytvoreniu testovanej aplikácie som použil programovací jazyk Java, konkrétne JDK vo verzii 7 a ako vývojové prostredie NetBeans 8.0.1. Aplikácia sa skladá z dvoch častí: webových služieb a triedy obsluhujúcej Java Message Services (ďalej len JMS). Webové služby som naimplementoval pomocou Java aplikačného programovacieho rozhrania pre REST¹ webové služby, ktoré sa v skratke označuje ako JAX-RS. Aplikácia pozostáva zo siedmich webových služieb, ktoré sú volané pomocou HyperText Transfer Protocol (ďalej len HTTP). HTTP je protokol umožňujúci prenos dokumentov[9].

Druhá časť aplikácie implementuje JMS rozhranie pre posielanie správ medzi dvomi klientami. Testovacie nástroje posielajú správy do fronty a tieto správy sú preposielané do druhej fronty, odkiaľ správu vyberie testovací nástroj.

Webová služba *main* prijíma na vstupe reťazec znakov a za použitia zvyšných webových služieb vypíše na výstup pôvodný reťazec, otočený reťazec, dĺžku reťazca, počet samohlások, spoluhlások, číslíc a nakoniec veľkosť pôvodného reťazca v bytoch. Pre účely testov som službu upravil tak, aby po zadaní reťazca "generate: x"vygenerovala reťazec o dĺžke x znakov, pričom každý vygenerovaný znak má veľkosť jeden bajt. Veľkosťou správy rozumieme veľkosť vygenerovaného reťazca. Tento spôsob tvorby som použil preto, aby som nasimuloval sťahovanie informácií zo stránky.

Služba *memoryLeak* sa od služby *main* líši len v tom, že simuluje únik pamäte. Simuláciu som naprogramoval pomocou mapy, ktorá nemá naimplementované metódy `equals` a `hashCode`. Správne naprogramovaná mapa musí mať tieto metódy korektne naimplementované, pretože pomocou nich rozhoduje, či sa vkladaná hodnota v mape už nachádza. Bez týchto metód moja mapa nedokáže detekovať duplicity a preto do mapy vkladá stále nové a nové hodnoty. Tým sa vytvorí únik pamäte. Službu používam len pri vytrvalostných testoch, ktoré sa skladajú z dvoch častí: Bez memory leaku a S memory leakom. Pri testovaní Bez memory leaku používajú testy službu *main* a pri testovaní S memory leakom volajú službu *memoryLeak*.

Poslednou priamo volanou službou je *echo*, ktorú používam pri testovaní teoretickej priepustnosti jednotlivých nástrojov. Táto služba vracia jednoduchý reťazec "echo", vďaka čomu dokáže server veľmi rýchlo vrátiť odpoveď a tým sa teoretické úzke

1. Representational state transfer je abstraktný architekturný vzor pre distribuované prostredie.

hrdlo (Bottleneck) presunie od služby k testovaným nástrojom. Úzke hrdlo (Bottleneck) v softvérovom inžinierstve označuje tú časť systému, ktorá má najnižšiu priepustnosť zo všetkých častí prenosovej sústavy a tým výrazne limituje priepustnosť celého systému[10].

Zdrojové kódy aplikácie som priložil aj na CD. Aplikáciu je možné zostaviť spustením skriptu *build.sh*, ktorý sa nachádza v koreňovom adresári aplikácie. Výstupom zostavenia je súbor s príponou *.war*, ktorým sa aplikácia nasadzuje na server. Súbor sa nachádza v podadresári *target*.

5.2 Testovacie prostredie

K testovaniu som použil dva samostatné počítače s identickým operačným systémom, procesorom a operačnou pamäťou. Na počítačoch je nainštalovaný 64bitový operačný systém Linux so štvorjadrovým procesorom Quad-Core AMD Opteron(tm) Processor 2350. Každé jadro procesora pracuje s frekvenciou 2 GHz. Operačná pamäť má veľkosť 8GB. Na strojoch sa počas testov nespúšťajú žiadne procesy a aktualizácie, ktoré by mohli ovplyvniť výsledky testov.

5.3 Testy

Pre potreby porovnania nástrojov som navrhol 7 typov testov. Medzi jednotlivými testami JBoss server reštartujem. Výsledky testov zaznamenávam pomocou generátorov výsledkov, ktoré ponúkajú jednotlivé nástroje. Medzi požiadavkami klientov nenastavujem oneskorenie.

1. Základný test s jedným klientom

Prvý test má za úlohu simulovať maximálnu možnú záťaž systému jedným klientom, pričom je vykonávaný po dobu piatich minút. Na základe tohto testu je možné sledovať efektivitu generovania maximálnej záťaže, generovanie výsledkov a spotrebu zdrojov jedným klientom.

2. Testy s rastúcim počtom klientov

K simulácii stresového typu testu slúži postupné zvyšovanie nárokov na systém. Test sa preto skladá zo série testov, pričom rastie množstvo klientov využívajúcich systém. Klienti zasielajú správy o veľkosti 100 znakov po dobu piatich minút. Je spustených päť druhov testov, z nich každý päťkrát, celkovo je spustených dvadsaťpäť testov pre každý nástroj. Množstvo klientov v testoch je: 10, 50, 100, 150 a 200. Test slúži k identifikácii optimálneho množstva klientov využívajúcich systém a monitorovaniu efektivity nástrojov pri rôznych počtoch klientov.

3. Testy s rastúcou veľkosťou správ

Stresový typ testu je možné nasimulovať aj pomocou rastúcej veľkosti generovaných správ pri fixnom počte 50 klientov. Podobne ako v predchádzajúcom prípade sa test skladá zo série testov, pričom sa postupne zväčšuje veľkosť správ. Dĺžka každého testu je päť minút. Zasielaných je päť druhov správ pre každý testovaný nástroj. Počet klientov v každom teste je 50 a veľkosti správ sú: 5 znakov, 1024 znakov (1 KiB), 5120 znakov (5 KiB), 51200 znakov (50 KiB) a 512000 znakov (500 KiB). Veľkosťou správy myslím dĺžku reťazca, ktorý generuje server.

4. Základný JMS test so 100 klientmi

Počas JMS testu nástroje zasielajú správy do vstupnej JMS fronty na serveri. Server správy preposiela do výstupnej fronty, odkiaľ ich vyberajú nástroje. Test prebieha po dobu 5 minút. Hlavným účelom testu je overiť schopnosť nástrojov pracovať s JMS. Samozrejmosťou je sledovanie a porovnanie výkonu nástrojov.

5. Základný test so 100 klientmi

Najčastejšie používaný typ testov výkonu je reprezentovaný pomocou základného testu so 100 klientmi. V teste používam 100 klientov a zasielam správy o dĺžke 5120 znakov, čo sú stredné hodnoty z druhého a tretieho typu testu.

6. Vytrvalostný test

Dlhodobé monitorovanie systému je realizované pomocou vytrvalostných testov. Systém je vystavený záťaži generovanej sto klientmi po dobu jednej hodiny. Veľkosť správy je rovnaká ako v predchádzajúcom teste, tj. 5120 znakov. Test sa skladá z dvoch častí. V prvej časti je testovaná služba použitá v predchádzajúcich testoch a v druhej časti upravená služba simulujúca únik pamäte. Druhá časť testu ukáže rastúcu spotrebu pamäte a v porovnaní s prvou časťou tak bude možné odhaliť vzniknutý únik pamäte. Pre tento test som musel nastaviť v nástrojoch monitorovanie operačnej pamäte na serveri.

7. Test teoretickej priepustnosti nástroja

Teoretická priepustnosť nástroja určuje, ako rýchlo dokáže nástroj generovať záťaž. Vysoká priepustnosť nástroja umožňuje generovať vyššiu záťaž. Test prebieha generovaním maximálnej možnej záťaže aplikácie, ktorá ako odpoveď vracia vždy rovnaký reťazec. Server je schopný odpovedať na požiadavku v čase kratšom, ako je čas potrebný na vygenerovanie požiadavky. Celková priepustnosť systému je tak limitovaná samotným nástrojom. Na generovanie záťaže je použitých 100 klientov.

5.4 Automatizácia testov

Pre účely testu bola vytvorená architektúra obsahujúca zložená z klientskej a serverovej časti. Architektúra je vytvorená tak, aby bolo možné spúšťať testy v Linuxových operačných systémoch.

5.4.1 Klient

Klient obsahuje adresáre so spúšťacími skriptami a testami, symbolické linky adresárov, testovacie nástroje a skripty spúšťajúce testy a upravujúce testy. Názov adresára obsahuje číslo a popis spúšťaného testu. V každom adresári sú umiestnené podadresáre Apache JMeter, Faban, Gatling a PerfCake, ktoré obsahujú testy pre daný nástroj a skript, ktorý riadi spúšťanie testu. V adresároch druhého, tretieho a šiesteho testu sa nachádzajú podadresáre obsahujúce modifikácie daného testu, tak ako je to uvedené v ich definícii. Tieto testy navyše obsahujú skript, ktorý spúšťa jednotlivé modifikácie daných testov. Nasleduje popis skriptov, ktoré sa nachádzajú v koreňovom adresári.

- ***change_runtime.sh***

Slúži na nastavenie dĺžky testov. Prijíma dva prepínače: "-b" a "-t". Prepínač -t prijíma ako argument číslo, ktoré reprezentuje dĺžku trvania vytrvalostných testov v minútach a argument prepínača -b reprezentuje dĺžku trvania zvyšných testov v sekundách. Implicitná hodnota pre prepínač -t je 60, čiže jedna hodina a pre prepínač -b 300, teda 5 minút. Tieto hodnoty sa použijú v prípade, ak je skript spustený bez argumentov. Skript sa automaticky volá v skripte *run_all.sh*, ktorým sa spúšťajú všetky testy. Tým sa zabezpečí korektné nastavenie času v testoch.

Použitie: `./change_runtime.sh -b 10 -t 120`

- ***change_server_and_port.sh***

Skript nastavuje adresu servera, číslo portu pre webové služby a číslo JMS portu. Na vstupe berie tri prepínače: "-s", "-p" a "-m". Argumentom prepínača -s je adresa servera, ktorá môže byť reprezentovaná IP adresou. IP adresa môže byť reprezentovaná číslom, pomocou ktorého je možné jednoznačne identifikovať server v počítačovej sieti alebo aliasom, ktorý je k danej IP adrese pridelený. Prepínač -p prijíma ako argument číslo portu, pomocou ktorého je možné komunikovať s webovými službami aplikácie. A nakoniec prepínač -m, ktorý nastavuje port pre JMS. V prípade, že nie sú pri spustení skriptu použité argumenty, použije sa pre server implicitná hodnota "localhost", pre port webových služieb hodnota "8080" a port JMS sa nastaví na hodnotu "4447". Použité čísla portov sú východiskovými portmi JBoss AS servera pre dané komunikačné technológie. Podobne, ako v predchádzajúcom prípade sa skript automaticky spúšťa v skripte *run_all.sh*, ktorým sa spúšťajú všetky testy.

Použitie: `./change_server_and_port.sh -s 192.168.0.2 -p 18080 -p 14447`

- ***open_scenarios.sh***
Po spustení skriptu sa otvoria všetky testovacie scenáre v textovom editore gedit. Skript často používam pri kontrole správneho nastavenia scenárov.
Použitie: *./open_scenarios.sh*
- ***remove_all_logs.sh***
Tento skript slúži na vymazanie všetkých záznamov a logovacích súborov, ktoré vznikli pri testovaní. Vygenerované záznamy a logovacie súbory majú značnú veľkosť, čo spôsobuje problémy pri kopírovaní testov.
Použitie: *remove_all_logs.sh*
- ***remove_big_logs.sh***
Podobne ako v predchádzajúcom prípade odstraňuje skript súbory, ktoré vznikli pri testovaní. Na rozdiel od predchádzajúceho prípadu odstraňuje len najväčšie súbory. V prípade nástroja Apache JMeter sú to súbory s príponou ".jtl" a v prípade nástroja Gatling súbory "simulation.log". Tieto súbory obsahujú záznam pre každú prijatú odpoveď, čo je užitočné v prípade výskytu chyby, pretože je možné presne identifikovať kedy chyba nastala. Súbory neobsahujú informácie dôležité pre vyhodnotenie a porovnanie testov, preto je žiadúce ich zmazanie po úspešnom ukončení testov.
Použitie: *remove_big_logs.sh*
- ***restart_faban.sh***
Nástroj Faban sa skladá z dvoch hlavných komponent: Faban Driver Framework a Faban Harness. Kým Faban Driver Framework slúži k vytváraniu testov a definovaniu testovacej záťaže, Faban Harness slúži k samotnému spúšťaniu a monitorovaniu testov. Komponenta beží na Apache serveri, ktorý je reštartovaný pred každým spustením Faban testu. Cieľom tohto reštartu je minimalizovanie vplyvu predchádzajúcich testov.
Použitie: *restart_faban.sh*
- ***run_all.sh***
K spusteniu všetkých testov slúži tento skript, ktorý prijíma 7 prepínačov: "-s", "-p", "-m", "-t", "-b", "-u" a "-d". Pred samotným spustením všetkých testov sú spustené skripty *change_runtime.sh* a *change_server_and_port.sh*, ktorým sú predané argumenty prepínačov pre nastavenie dĺžky trvania testov, adresy servera, čísla portu webových služieb a čísla portu pre JMS. Prepínač -u prijíma ako argument meno užívateľa, cez ktorého sa klient prihlasuje na stroj v ktorom beží server a pomocou príkazu *ssh* spustí skript *ssh_restart_jboss.sh*, ktorým ho reštartuje. Pokiaľ tento atribút nie je definovaný, skript skončí s chybou. Argument posledného prepínača reprezentuje adresár, v ktorom je umiestnený koreňový adresár obsahujúci server JBoss AS a skript potrebný na jeho obsluhu. V prípade, že adresár nie je definovaný, použije sa implicitná hodnota "/home/user", kde user je meno

užívateľa nastavené prepínačom -u.

Použitie: `run_all.sh -s 192.168.0.2 -p 8080 -m 4447 -b 50 -t 60 -u tomas -d /home/tomas`

5.4.2 Server

Na strane servera sa nachádza adresár obsahujúci server JBoss AS, skript potrebný k jeho reštartovaniu a agenti Apache JMeter a PerfCake, ktorí slúžia k monitorovaniu využitia pamäte na strane servera.

- ***ssh_restart_jboss.sh***

Skripty spúšťajúce testy na strane klienta reštartujú JBoss AS server pred každým spustením testu. K tomu dochádza spustením skriptu *ssh_restart_jboss.sh* príkazom ssh na strane klienta. Tento skript prijíma dva argumenty. Prvým argumentom je adresár, v ktorom je umiestnený koreňový adresár. Ako druhý argument je potrebné uviesť IP adresu servera. Adresa sa používa pri spustení servera a server pomocou nej komunikuje s klientom. Server sa vždy spúšťa na porte 8080.

Použitie: `ssh user@192.168.0.2 "/user/dir/ssh_restart_jboss.sh /user/dir 192.168.0.2"`

5.5 Problémy pri vytváraní testov a testovaní

Táto sekcia popisuje problémy, s ktorými som sa stretol pri vytváraní testov a testovaní.

5.5.1 Apache JMeter

- **Výsledky testov**

Apache JMeter vypisuje výsledky testov do konzoly v rôznych časových intervaloch. Z toho dôvodu som pre Apache JMeter nemohol zostaviť grafy zobrazujúce počet vykonaných požiadaviek počas testu. Asynchrónne vypisovanie výsledkov súvisí s optimalizáciou behu testu. Apache JMeter vypisuje výsledky v priemere každých 30 sekúnd. V dokumentácii sa mi nepodarilo nájsť spôsob, ktorým by som toto vypisovanie výsledkov mohol zmeniť na mnou požadované hodnoty.

- **Ukladanie výsledkov monitorovania pamäte**

Meranie spotreby pamäte je v nástroji Apache JMeter realizované pomocou doplnka nástroja, ktorý som musel do Apache JMeter nainštalovať. Doplnok generuje výsledky do súboru, ktorý po musím po každej iterácii testu premenovať. Každá nová iterácia by prepísala výsledky predchádzajúcej iterácie.

5.5.2 Faban

- **Generovanie výsledkov testov**

Problém vytvárania výsledkov spočíva v tom, že Faban ukladá výsledky do adresára output, ktorý sa nachádza v domovskom adresári nástroja. Dokumentácia

nepopisuje spôsob, ktorým by som mohol zmeniť tento implicitný adresár pre ukladanie výsledkov. Preto som po každom teste musel adresár pomocou skriptu presunúť do adresára daného testu a zmeniť jeho meno v súlade s číslom testu a iteráciou testu. Ďalší problém, ktorý som musel riešiť je spojený so spôsobom spúšťania testov. Faban testy ukladá do fronty a testy spúšťa postupne. Do skriptu, ktorý spúšťa testy som preto musel pridať príkaz, ktorý zastavil beh skriptu na dobu potrebnú pre vykonanie testu a vygenerovanie výsledkov a logovacích súborov z testu. Až potom som mohol presunúť adresár s výsledkami a zmeniť jeho meno. Doba, počas ktorej skript čaká je nastavená na dĺžku testu plus 100 sekúnd, ktoré sú potrebné na naštartovanie testu a vygenerovanie výsledkov. Z tohto dôvodu musím dobu čakania upravovať pri každej zmene dĺžky trvania testu. Pri veľkom počte krátkych testov spôsobí toto čakanie značné predĺženie doby testovania.

- **Faban Harness**

K spúšťaniu testov je nutné najskôr spustiť Faban Harness. Táto komponenta Fabanu je reprezentovaná serverom, ktorý som musel pred každým testom reštartovať, aby som tak zabezpečil rovnaké vstupné podmienky pre každý test. K tomu som musel vytvoriť skript `restart_faban.sh`, ktorý som spúšťal pred každým testom.

- **Monitorovanie využitia operačnej pamäte**

Faban implicitne monitoruje využitie procesora počas testu. Pre potreby Vytvrdeného testu som potreboval monitorovať využitie operačnej pamäte na serveri. Dokumentácia neobsahuje žiadne informácie o monitorovaní operačnej pamäte. Nepodarilo sa mi vyhládať žiadne informácie, ako toto monitorovanie nastaviť a preto usudzujem, že to nie je možné.

5.5.3 Gatling

- **Monitorovanie využitia operačnej pamäte**

Dokumentácia obsahuje návod, pomocou ktorého je možné nastaviť zaznamenávanie využitia operačnej pamäte. Napriek veľkej snahe sa mi podľa tohto návodu nepodarilo nastaviť zaznamenávanie využitia pamäte. Nastavenie vyžadovalo zmenu konfiguračného súboru Gatlingu a inštaláciu programov tretích strán. Po zmene konfiguračného súboru sa stal nástroj nepoužiteľným a nástroj som musel inštalovať odznova. V dokumentácii navyše chýbal návod k inštalácii programov tretích strán. Návod je k dispozícii na stránke: http://gatling.io/docs/2.1.1/realtime_monitoring/index.html.

5.6 Výsledky testov

5.6.1 Základný test s jedným klientom

- Apache JMeter

Počas testu sa nevyskytli žiadne problémy. Apache dosiahol najlepšie výsledky spomedzi všetkých nástrojov a taktiež najnižší rozdiel medzi najlepším a najhorším výsledkom iterácie testu.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 400242 | 1334,140 |
| 2. iterácia | 401162 | 1337,207 |
| 3. iterácia | 399109 | 1330,363 |
| 4. iterácia | 399407 | 1331,357 |
| 5. iterácia | 400173 | 1333,910 |
| Priemer | 400018,6 | 1333,395 |

Tabuľka 5.1: Apache JMeter Základný test s jedným klientom

- Faban

Všetých päť iterácií prvého testu prebehlo bez problémov. Zaujímavá je spoľahlivosť výsledkov jednotlivých iterácií testu, keď medzi najlepším a najhorším výsledkom je rozdiel porovnateľný s rozdielom Apache Jmeter.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 166362 | 554,540 |
| 2. iterácia | 167141 | 557,137 |
| 3. iterácia | 167346 | 557,820 |
| 4. iterácia | 166108 | 553,693 |
| 5. iterácia | 168210 | 560,700 |
| Priemer | 167033,4 | 556,778 |

Tabuľka 5.2: Faban Základný test s jedným klientom

- Gatling

Podobne ako v prípade Fabanu všetkých päť iterácií prvého testu prebehlo bez problémov. Gatling vykonal viac požiadaviek, ako Faban. Negatívom je najhoršia spoľahlivosť výsledkov, keď medzi najlepším a najhorším výsledkom je rozdiel 14870 vykonaných požiadaviek. Gatling má najslabší štart zo všetkých nástrojov, keď sa na svoje maximum dostal až 50 sekúnd po štarte, čo je pri 300 sekundovom

teste veľmi dlhá doba štartu. Graf zobrazujúci priebeh vykonaných požiadaviek počas testu je k dispozícii v adresári Grafy v priloženom CD.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 302827 | 1009,423 |
| 2. iterácia | 296602 | 988,673 |
| 3. iterácia | 311472 | 1038,240 |
| 4. iterácia | 303419 | 1011,397 |
| 5. iterácia | 307912 | 1026,373 |
| Priemer | 304446,4 | 1014,821 |

Tabuľka 5.3: Gatling Základný test s jedným klientom

- PerfCake

Ani počas testov PerfCake sa nevyskytli žiadne problémy. PerfCake dosiahol druhý najlepší výsledok, ale mal výrazne väčší rozdiel vo výsledkoch ako Apache JMeter a Faban.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 384757 | 1282,523 |
| 2. iterácia | 384015 | 1280,050 |
| 3. iterácia | 384460 | 1281,533 |
| 4. iterácia | 392274 | 1307,580 |
| 5. iterácia | 392016 | 1306,720 |
| Priemer | 387504,4 | 1291,681 |

Tabuľka 5.4: PerfCake Základný test s jedným klientom

- Vyhodnotenie

Najviac vykonaných požiadaviek a zároveň najnižší rozdiel vo výsledkoch dosiahol Apache JMeter. Nízky rozdiel má aj Faban, ale tu je nutné zohľadniť nízky počet požiadaviek, ktoré vykonal. S vyššou rýchlosťou klesá aj spoľahlivosť výsledkov. Druhý najvyšší počet požiadaviek vykonal PerfCake, ale dosiahol pri tom štyrikrát vyšší rozdiel medzi najlepším a najhorším výsledkom, ako Apache JMeter a Faban. Po ňom nasleduje Gatling a Faban. Za zmienku stojí veľký rozdiel vo výsledkoch Gatlingu. Jasným víťazom tohto testu je Apache JMeter nasledovaný PerfCake. Tretie miesto obsadil Faban a posledné Gatling kvôli veľmi vysokému rozdielu vo výsledkoch.

| Nástroj | Priemerný počet požiadaviek | Rozdiel vo výsledkoch |
|---------------|-----------------------------|-----------------------|
| Apache JMeter | 400018,6 | 2053 |
| Faban | 167033,4 | 2102 |
| Gatling | 304446,4 | 14870 |
| PerfCake | 387504,4 | 8259 |

Tabuľka 5.5: Základný test s jedným klientom

5.6.2 Testy s rastúcim počtom klientov

- Apache JMeter

Najlepší výsledok v druhom type testu dosiahol Apache JMeter hneď v prvej modifikácii s 10 klientmi. Zaujímavý je aj výsledok 5. iterácie testu, keď Apache JMeter dosiahol výrazne horší výsledok, ako v predchádzajúcich iteráciách. To spôsobilo aj výrazne najhorší rozdiel vo výsledkoch.

Prvý test – 10 klientov

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 4060026 | 13533,420 |
| 2. iterácia | 4052695 | 13508,983 |
| 3. iterácia | 4020450 | 13401,500 |
| 4. iterácia | 4048666 | 13495,553 |
| 5. iterácia | 3549533 | 11831,777 |
| Priemer | 3946274 | 13154,247 |

Tabuľka 5.6: Apache JMeter Test s rastúcim počtom klientov – 10 klientov

Druhý test – 50 klientov

Kým zvyšné nástroje dosiahli maximum v teste s 50 klientmi, Apache JMeter zaznamenal o približne 22% horší výsledok, ako v prípade testu s 10 klientmi. Tak isto zaznamenal v jednej iterácii výrazný prepád výsledku a podobne, ako v prvom teste výrazne najhorší rozdiel vo výsledkoch.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 3233657 | 10778,857 |
| 2. iterácia | 3207578 | 10691,927 |
| 3. iterácia | 2642832 | 8809,440 |
| 4. iterácia | 3192770 | 10642,567 |
| 5. iterácia | 3191952 | 10639,840 |
| Priemer | 3093757,8 | 10312,526 |

Tabuľka 5.7: Apache JMeter Test s rastúcim počtom klientov – 50 klientov

Tretí test – 100 klientov

Nebyť výrazného prepadu vo výsledkoch testu s 50 klientmi, bol by rozdiel vo výsledkoch týchto modifikácií vyšší. Tentokrát Apache JMeter nezaznamenal výrazný prepad výsledkov v žiadnej z iterácií.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 3027911 | 10093,037 |
| 2. iterácia | 3058845 | 10196,150 |
| 3. iterácia | 3087140 | 10290,467 |
| 4. iterácia | 3130614 | 10435,380 |
| 5. iterácia | 3061439 | 10204,797 |
| Priemer | 3073189,8 | 10243,966 |

Tabuľka 5.8: Apache JMeter Test s rastúcim počtom klientov – 100 klientov

Štvrtý test – 150 klientov

Zaujímavým zistením je mierne zvýšenie výkonu Apache JMeter v teste so 150 klientmi. Maximum z testu s 10 klientmi však neprekonal. Prepád výsledkov sa nevyskytol v žiadnej iterácii testu.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 3095486 | 10318,287 |
| 2. iterácia | 3086050 | 10286,833 |
| 3. iterácia | 3153720 | 10512,400 |
| 4. iterácia | 3202832 | 10676,107 |
| 5. iterácia | 3184660 | 10615,533 |
| Priemer | 3144549,6 | 10481,832 |

Tabuľka 5.9: Apache JMeter Test s rastúcim počtom klientov – 150 klientov

Piaty test – 200 klientov

Posledný druh testu dosiahol porovnateľné výsledky, ako test so 150 klientmi. Prepád výsledkov sa neprejavil ani v poslednom druhu testu.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 3012575 | 10041,917 |
| 2. iterácia | 3238759 | 10795,863 |
| 3. iterácia | 3107115 | 10357,050 |
| 4. iterácia | 3081815 | 10272,717 |
| 5. iterácia | 3176557 | 10588,523 |
| Priemer | 3123364,2 | 10411,214 |

Tabuľka 5.10: Apache JMeter Test s rastúcim počtom klientov – 200 klientov

- Faban

Prvý test – 10 klientov

Najhorší výsledok spomedzi testov s 10 klientmi dosiahol Faban. Pozitívom je, že v teste s 10 klientmi dosiahol Faban najnižší rozdiel vo výsledkoch jednotlivých iterácií testu.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 1608896 | 5362,987 |
| 2. iterácia | 1614361 | 5381,203 |
| 3. iterácia | 1614381 | 5381,270 |
| 4. iterácia | 1616067 | 5386,890 |
| 5. iterácia | 1612970 | 5376,567 |
| Priemer | 1613335 | 5377,783 |

Tabuľka 5.11: Faban Test s rastúcim počtom klientov – 10 klientov

Druhý test – 50 klientov

Najlepší výsledok dosiahol Faban v teste s 50 klientmi. Zvýšenie výkonu oproti prvej modifikácii je vyše dvojnásobné, pričom si Faban opäť zachoval najvyššiu spoľahlivosť výsledkov.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 3300257 | 11000,857 |
| 2. iterácia | 3304396 | 11014,653 |
| 3. iterácia | 3286365 | 10954,550 |
| 4. iterácia | 3280246 | 10934,153 |
| 5. iterácia | 3303527 | 11011,757 |
| Priemer | 3294958,2 | 10983,194 |

Tabuľka 5.12: Faban Test s rastúcim počtom klientov – 50 klientov

Tretí test – 100 klientov

V 5. iterácii testu sa objavila chyba Error initializing driver object. com.sun.faban.dri-ver.ConfigurationException: Only single host:port currently supported. Chyba sa vyskytla len pri jednej iterácii. Chybu sa mi nepodarilo odstrániť, pretože k nej dochádza úplne náhodne a jej popis naznačuje, že sa jedná o chybu nástroja, ktorý nedokázal inicializovať jadro (tzv. Driver) testu.

Výsledky sa oproti predchádzajúcej modifikácii mierne zhoršili, ale Faban si zachoval svoju vysokú spoľahlivosť výsledkov.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 3208731 | 10695,770 |
| 2. iterácia | 3232719 | 10775,730 |
| 3. iterácia | 3220658 | 10735,527 |
| 4. iterácia | 3225564 | 10751,880 |
| 5. iterácia | Chyba | Chyba |
| Priemer | 3221918 | 10739,727 |

Tabuľka 5.13: Faban Test s rastúcim počtom klientov – 100 klientov

Štvrtý test – 150 klientov

Faban opäť zaznamenal mierny pokles vo výsledkoch, ale aj výrazné zlepšenie spoľahlivosti. Kým v predchádzajúcej modifikácii bol rozdiel vo výsledkoch 23988 požiadaviek, v tomto teste je to len 8046 požiadaviek.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 3189387 | 10631,290 |
| 2. iterácia | 3186480 | 10621,600 |
| 3. iterácia | 3184917 | 10616,390 |
| 4. iterácia | 3187227 | 10624,090 |
| 5. iterácia | 3192963 | 10643,210 |
| Priemer | 3188194,8 | 10627,316 |

Tabuľka 5.14: Faban Test s rastúcim počtom klientov – 150 klientov

Piaty test – 200 klientov

V poslednej modifikácii sa znova objavila chyba z 5. iterácie testu so 100 klientmi. Faban tiež v tejto modifikácii zaznamenal najväčší rozdiel vo výsledkoch spomedzi všetkých modifikácií testu s rastúcim množstvom klientov.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1. iterácia | 3186355 | 10621,183 |
| 2. iterácia | 3206037 | 10686,790 |
| 3. iterácia | Chyba, viď. test 2.3.5 | Chyba, viď. test 2.3.5 |
| 4. iterácia | 3187980 | 10626,600 |
| 5. iterácia | 3217781 | 10725,937 |
| Priemer | 3199538,25 | 10665,128 |

Tabuľka 5.15: Faban Test s rastúcim počtom klientov – 200 klientov

- **Gatling**

V teste s 10 klientmi dosiahol Gatling len o trochu lepší výsledok, ako Faban. Na druhej strane mal výrazne nižšiu spoľahlivosť výsledkov.

Prvý test – 10 klientov

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 1831121 | 6103,737 |
| 2. iterácia | 1818769 | 6062,563 |
| 3. iterácia | 1835757 | 6119,190 |
| 4. iterácia | 1812333 | 6041,110 |
| 5. iterácia | 1827221 | 6090,737 |
| Priemer | 1822361 | 6074,537 |

Tabuľka 5.16: Gatling Test s rastúcim počtom klientov – 10 klientov

Druhý test – 50 klientov

Najhorší výsledok v teste s 50 klientmi zaznamenal Gatling. Na rozdiel od ostatných nástrojov sa oproti predchádzajúcej modifikácii zlepšil len mierne. Rozdiel vo výsledkoch sa však zdvojnásobil.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 1918599 | 6395,330 |
| 2. iterácia | 1952562 | 6508,540 |
| 3. iterácia | 1913446 | 6378,153 |
| 4. iterácia | 1935923 | 6453,077 |
| 5. iterácia | 1905032 | 6350,107 |
| Priemer | 1928029 | 6426,763 |

Tabuľka 5.17: Gatling Test s rastúcim počtom klientov – 50 klientov

Tretí test – 100 klientov

Pomalý rast výkonu pokračoval aj v teste so 100 klientmi. Zároveň však došlo k zhoršeniu spoľahlivosti výsledkov.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 2136292 | 7120,973 |
| 2. iterácia | 2167595 | 7225,317 |
| 3. iterácia | 2128423 | 7094,743 |
| 4. iterácia | 2108157 | 7027,190 |
| 5. iterácia | 2148207 | 7160,690 |
| Priemer | 2140062,75 | 7133,543 |

Tabuľka 5.18: Gatling Test s rastúcim počtom klientov – 100 klientov

Štvrtý test – 150 klientov

V zlepšovaní výsledkov Gatling pokračoval aj v teste so 150 klientmi. Pozitívom je zlepšenie spoľahlivosti výsledkov, keď sa rozdiel vo výsledkoch najlepšej a najhoršej iterácie klesol zmenšil na polovicu. S prihliadnutím na zvýšenie výkonu je to veľmi pozitívna správa, pretože rozdiel vo výsledkoch rastie s rastúcim počtom vykonaných požiadaviek.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 2323968 | 7746,560 |
| 2. iterácia | 2322686 | 7742,287 |
| 3. iterácia | 2336059 | 7786,863 |
| 4. iterácia | 2334234 | 7780,780 |
| 5. iterácia | 2352479 | 7841,597 |
| Priemer | 2333341,75 | 7777,806 |

Tabuľka 5.19: Gatling Test s rastúcim počtom klientov – 150 klientov

Piaty test – 200 klientov

Aj v poslednej modifikácii testu s rastúcim počtom klientov dosiahol Gatling zlepšenie oproti predchádzajúcej modifikácii. Rozdiel vo výsledkoch sa zvýšil na hodnotu z testu so 100 klientmi. Pri zvýšení počtu vykonaných požiadaviek to ale nie je tak výrazné zhoršenie spoľahlivosti výsledkov.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 2508025 | 8360,083 |
| 2. iterácia | 2511472 | 8371,573 |
| 3. iterácia | 2490477 | 8301,590 |
| 4. iterácia | 2536607 | 8455,357 |
| 5. iterácia | 2550135 | 8500,450 |
| Priemer | 2526559,75 | 8421,866 |

Tabuľka 5.20: Gatling Test s rastúcim počtom klientov – 200 klientov

- PerfCake

Najlepší výsledok testu s 10 klientmi dosiahol PerfCake a vysoká bola aj spoľahlivosť výsledkov.

Prvý test – 10 klientov

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. iterácia | 4026177 | 13420,590 |
| 2. iterácia | 4203087 | 14010,290 |
| 3. iterácia | 4175159 | 13917,197 |
| 4. iterácia | 4057625 | 13525,417 |
| 5. iterácia | 4172615 | 13908,717 |
| Priemer | 4126932,6 | 13756,442 |

Tabuľka 5.21: PerfCake Test s rastúcim počtom klientov – 10 klientov

Druhý test – 50 klientov

V teste s 50 klientmi výkon PerfCake klesol, pričom sa spoľahlivosť výsledkov mierne zlepšila.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. iterácia | 3144723 | 10482,410 |
| 2. iterácia | 3252899 | 10842,997 |
| 3. iterácia | 3116230 | 10387,433 |
| 4. iterácia | 3266764 | 10889,213 |
| 5. iterácia | 3237289 | 10790,963 |
| Priemer | 3203581 | 10678,603 |

Tabuľka 5.22: PerfCake Test s rastúcim počtom klientov – 50 klientov

Tretí test – 100 klientov

Oproti predchádzajúcej modifikácii dosiahol PerfCake malý nárast vo výsledkoch. Spoľahlivosti výsledkov sa znateľne zhoršila.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. iterácia | 3292183 | 10973,943 |
| 2. iterácia | 3138117 | 10460,390 |
| 3. iterácia | 3345793 | 11152,643 |
| 4. iterácia | 3210665 | 10702,217 |
| 5. iterácia | 3258665 | 10862,217 |
| Priemer | 3249084,6 | 10830,282 |

Tabuľka 5.23: PerfCake Test s rastúcim počtom klientov – 100 klientov

Štvrtý test – 150 klientov

V štvrtej modifikácii PerfCake zaznamenal mierne zníženie výkonu oproti predchádzajúcej modifikácii a zároveň došlo k malému zlepšeniu spoľahlivosti výsledkov.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 3307975 | 11026,583 |
| 2. iterácia | 3341591 | 11138,637 |
| 3. iterácia | 3148483 | 10494,943 |
| 4. iterácia | 3232159 | 10773,863 |
| 5. iterácia | 3160903 | 10536,343 |
| Priemer | 3238222,2 | 10794,074 |

Tabuľka 5.24: PerfCake Test s rastúcim počtom klientov – 150 klientov

Piaty test – 200 klientov

Posledná modifikácia zaznamenala výraznejšie zníženie výsledkov, ako v predchádzajúcich modifikáciach. Pozitívom je, že sa zároveň zvýšila spoľahlivosť výsledkov.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 3107211 | 10357,370 |
| 2. iterácia | 3118662 | 10395,540 |
| 3. iterácia | 3188449 | 10628,163 |
| 4. iterácia | 3277340 | 10924,467 |
| 5. iterácia | 3250709 | 10835,697 |
| Priemer | 3188474,2 | 10628,247 |

Tabuľka 5.25: PerfCake Test s rastúcim počtom klientov – 200 klientov

- **Vyhodnotenie**

Vykonané požiadavky

Z pohľadu počtu vykonaných požiadaviek je víťazom PerfCake. Počas všetkých testov mal lepšie výsledky, ako Apache JMeter, ktorý sa umiestnil na druhom mieste. Faban zaznamenal v druhej, tretej, štvrtej a piatej modifikácii porovnateľné výsledky, ako Apache JMeter a PerfCake, ale v prípade prvej modifikácie dosiahli oba nástroje viac ako dvojnásobok vykonaných požiadaviek. Najhorší výsledok dosiahol Gatling, ktorý ale ako jediný dokázal zvyšovať počet vykonaných požiadaviek so zvyšujúcim sa počtom klientov.

| Test | Apache JMeter | Faban | Gatling | PerfCake |
|--------------|---------------|---------|---------|----------|
| 10 klientov | 3946274 | 1613335 | 1825040 | 4126933 |
| 50 klientov | 3093758 | 3294958 | 1925112 | 3203581 |
| 100 klientov | 3073190 | 3221918 | 2137735 | 3249085 |
| 150 klientov | 3144550 | 3188195 | 2333885 | 3238222 |
| 200 klientov | 3123364 | 3199538 | 2519343 | 3188474 |

Tabuľka 5.26: Test s rastúcim počtom klientov – priemerný počet vykonaných požiadaviek

Rozdiel vo výsledkoch

Najspoľahlivejšie výsledky poskytoval počas všetkých testov Faban. Neohrozil ho ani druhý Gatling, ktorého rozdiel vo výsledkoch nie je o mnoho väčší, pretože dosiahol nižší počet vykonaných požiadaviek. Ako vidieť z výsledkov, s rastúcim počtom vykonaných požiadaviek rastie rozdiel vo výsledkoch. Pre porovnanie Faban a Gatling najlepšie poslúži prvý test, v ktorom dosiahli podobné výsledky, ale Gatling mal viac ako trikrát väčší rozdiel vo výsledkoch. Najhoršie dopadol Apache JMeter, ktorého výsledky boli konzistentné, ale niektoré iterácie zaznamenali výrazný prepád vo výsledkoch. V porovnaní s nástrojom Faban má veľké rozdiely vo výsledkoch aj PerfCake, ktorý skončil na predposlednom mieste.

| Test | Apache JMeter | Faban | Gatling | PerfCake |
|--------------|---------------|-------|---------|----------|
| 10 klientov | 510493 | 7171 | 23424 | 176910 |
| 50 klientov | 590825 | 24150 | 47530 | 150534 |
| 100 klientov | 102703 | 23988 | 59438 | 207676 |
| 150 klientov | 116782 | 8046 | 29793 | 193108 |
| 200 klientov | 226184 | 31426 | 59658 | 170129 |

Tabuľka 5.27: Test s rastúcim počtom klientov – rozdiel vo výsledkoch

5.6.3 Testy s rastúcou veľkosťou správ

- Apache JMeter

Najvyšší počet vykonaných požiadaviek v prvej modifikácii testu s rastúcou veľkosťou správy dosiahol Apache JMeter. Vzhľadom k vysokému počtu požiadaviek mal aj dobrý výsledok rozdielu medzi najlepšou a najhoršou iteráciou.

Prvý test – 5 znaková správa

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 10930840 | 36436,133 |
| 2. iterácia | 11432411 | 38108,037 |
| 3. iterácia | 11602715 | 38675,717 |
| 4. iterácia | 11039125 | 36797,083 |
| 5. iterácia | 11279402 | 37598,007 |
| Priemer | 11256898,6 | 37522,995 |

Tabuľka 5.28: Apache JMeter Test s rastúcou veľkosťou správy – 5 znakov

Druhý test – 1024 znaková správa (1 KiB)

S nárastom veľkosti správy sa logicky znížilo aj množstvo vykonaných požiadaviek. Zároveň sa ale objavil náhly výkyv počtu požiadaviek u jednej iterácie, ako tomu bolo aj v prípade prvých dvoch modifikácií testu s rastúcim počtom klientov. V tomto prípade nedošlo k zníženiu výkonu, ale naopak k radikálnemu zvýšeniu počtu vykonaných požiadaviek v 3. iterácii testu.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 335654 | 1118,847 |
| 2. iterácia | 336515 | 1121,717 |
| 3. iterácia | 485819 | 1619,397 |
| 4. iterácia | 335579 | 1118,597 |
| 5. iterácia | 336568 | 1121,893 |
| Priemer | 366027 | 1220,090 |

Tabuľka 5.29: Apache JMeter Test s rastúcou veľkosťou správy – 1024 znakov

Tretí test – 5120 znaková správa (5 KiB)

Tretia modifikácia zaznamenala v prípade Apache JMeter v priemere päťnásobné zníženie počtu vykonaných požiadaviek (bez započítania 3. iterácie testu s 1024 znakovou správou). To signalizuje, že sa väčšina záťaže presunula na server alebo prenosovú sústavu, tj. mimo nástroj Apache JMeter. Rozdiel vo výsledkoch oproti predchádzajúcemu testu výrazne klesol.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 67304 | 224,347 |
| 2. iterácia | 67570 | 225,233 |
| 3. iterácia | 68036 | 226,787 |
| 4. iterácia | 67756 | 225,853 |
| 5. iterácia | 67915 | 226,383 |
| Priemer | 67716,2 | 225,721 |

Tabuľka 5.30: Apache JMeter Test s rastúcou veľkosťou správy – 5120 znakov

Štvrtý test – 51200 znaková správa (50 KiB)

Desaťnásobné zväčšenie správy spôsobilo približne desaťnásobné zníženie počtu vykonaných požiadaviek. Rozdiel vo výsledkoch sa znova znížil, ale už nie takým výrazným pomerom, ako v prípade 2. a 3. iterácie.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 6805 | 22,683 |
| 2. iterácia | 6855 | 22,850 |
| 3. iterácia | 6813 | 22,710 |
| 4. iterácia | 6768 | 22,560 |
| 5. iterácia | 6828 | 22,760 |
| Priemer | 6813,8 | 22,713 |

Tabuľka 5.31: Apache JMeter Test s rastúcou veľkosťou správy – 51200 znakov

Piaty test – 512000 znaková správa (500 KiB)

Ďalšie desaťnásobné zväčšenie veľkosti správy opäť znamenalo zníženie počtu prenesených správ rovnakým pomerom. Rozdiel v správach opäť klesol.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 691 | 2,303 |
| 2. iterácia | 692 | 2,307 |
| 3. iterácia | 693 | 2,310 |
| 4. iterácia | 693 | 2,310 |
| 5. iterácia | 704 | 2,347 |
| Priemer | 694,6 | 2,315 |

Tabuľka 5.32: Apache JMeter Test s rastúcou veľkosťou správy – 512000 znakov

- Faban

Prvý test – 5 znaková správa

Faban si rovnako ako v predchádzajúcich testoch drží najvyššiu spoľahlivosť výsledkov. Počet vykonaných požiadaviek už v prvej modifikácii nie je najhorší, ako tomu bolo v predchádzajúcich testoch.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 6807453 | 22691,510 |
| 2. iterácia | 6802899 | 22676,330 |
| 3. iterácia | 6857271 | 22857,570 |
| 4. iterácia | 6831598 | 22771,993 |
| 5. iterácia | 6837934 | 22793,113 |
| Priemer | 6827431 | 22758,103 |

Tabuľka 5.33: Faban Test s rastúcou veľkosťou správy – 5 znakov

Druhý test – 1024 znaková správa (1 KiB)

Druhá modifikácia bola poznačená dvomi zlyhaniaми testu. V 2. a 4. iterácii sa vyskytla rovnaká chyba, ako v teste 2.3.5.

Počet vykonaných požiadaviek klesol. Rovnako klesol aj rozdiel vo výsledkoch. Spoľahlivosť výsledkov výrazne narušili dve zlyhania testov.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1. iterácia | 339326 | 1131,087 |
| 2. iterácia | Chyba, viď. test 2.3.5 | Chyba, viď. test 2.3.5 |
| 3. iterácia | 339615 | 1132,050 |
| 4. iterácia | Chyba, viď. test 2.3.5 | Chyba, viď. test 2.3.5 |
| 5. iterácia | 336776 | 1122,587 |
| Priemer | 338572,3 | 1128,574 |

Tabuľka 5.34: Faban Test s rastúcou veľkosťou správy – 1024 znakov

Tretí test – 5120 znaková správa (5 KiB)

Podobne, ako v predchádzajúcej modifikácii, aj teraz sa vyskytli chyby v 2. a 4. iterácii testu. Počet vykonaných požiadaviek, ako aj rozdiel vo výsledkoch klesol. Dôveryhodnosť výsledkov je znížená dvomi zlyhaniaми testov.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1. iterácia | 68625 | 228,750 |
| 2. iterácia | Chyba, viď. test 2.3.5 | Chyba, viď. test 2.3.5 |
| 3. iterácia | 68748 | 229,160 |
| 4. iterácia | Chyba, viď. test 2.3.5 | Chyba, viď. test 2.3.5 |
| 5. iterácia | 68932 | 229,773 |
| Priemer | 68768,3 | 229,228 |

Tabuľka 5.35: Faban Test s rastúcou veľkosťou správy – 5120 znakov

Štvrtý test – 51200 znaková správa (50 KiB)

Štvrtá modifikácia zaznamenala len jednu chybu v 4. iterácii testu. Počet vykonaných požiadaviek spolu s rozdielom vo výsledkoch klesol.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1. iterácia | 6794 | 22,647 |
| 2. iterácia | 6743 | 22,477 |
| 3. iterácia | 6752 | 22,507 |
| 4. iterácia | Chyba, viď. test 2.3.5 | Chyba, viď. test 2.3.5 |
| 5. iterácia | 6772 | 22,573 |
| Priemer | 6765,3 | 22,551 |

Tabuľka 5.36: Faban Test s rastúcou veľkosťou správy – 51200 znakov

Piaty test – 512000 znaková správa (500 KiB)

Aj posledná modifikácia testu zaznamenala jednu chybu, tentokrát v prvej iterácii testu. Počet požiadaviek a rozdiel vo výsledkoch opäť klesol.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1. iterácia | Chyba, viď. test 2.3.5 | Chyba, viď. test 2.3.5 |
| 2. iterácia | 610 | 2,033 |
| 3. iterácia | 612 | 2,040 |
| 4. iterácia | 613 | 2,043 |
| 5. iterácia | 615 | 2,050 |
| Priemer | 612,5 | 2,042 |

Tabuľka 5.37: Faban Test s rastúcou veľkosťou správy – 512000 znakov

- Gatling

Najhorší výsledok dosiahol v prvej modifikácii testu s rastúcou veľkosťou správy Gatling. Rozdiel vo výsledkoch je vyšší, ako v prípade poslednej modifikácie testu s rastúcim počtom klientov, ktorý mal rovnaký počet vykonaných požiadaviek.

Prvý test – 5 znaková správa

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 2578507 | 8595,023 |
| 2. iterácia | 2606448 | 8688,160 |
| 3. iterácia | 2609597 | 8698,657 |
| 4. iterácia | 2516099 | 8386,997 |
| 5. iterácia | 2586725 | 8622,417 |
| Priemer | 2571944,75 | 8573,149 |

Tabuľka 5.38: Gatling Test s rastúcou veľkosťou správy – 5 znakov

Druhý test – 1024 znaková správa (1 KiB)

Počet vykonaných požiadaviek klesol podobne ako u zvyšných nástrojov. Výrazne klesol rozdiel vo výsledkoch, keď sa dokonca dostal na úroveň nástroja Faban.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 334502 | 1115,007 |
| 2. iterácia | 337257 | 1124,190 |
| 3. iterácia | 337315 | 1124,383 |
| 4. iterácia | 334833 | 1116,110 |
| 5. iterácia | 336393 | 1121,310 |
| Priemer | 335746,25 | 1119,154 |

Tabuľka 5.39: Gatling Test s rastúcou veľkosťou správy – 1024 znakov

Tretí test – 5120 znaková správa (5 KiB)

Znova klesol počet vykonaných požiadaviek, ako aj rozdiel vo výsledkoch.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 68448 | 228,160 |
| 2. iterácia | 68762 | 229,207 |
| 3. iterácia | 68519 | 228,397 |
| 4. iterácia | 68745 | 229,150 |
| 5. iterácia | 68579 | 228,597 |
| Priemer | 68633,5 | 228,778 |

Tabuľka 5.40: Gatling Test s rastúcou veľkosťou správy – 5120 znakov

Štvrtý test – 51200 znaková správa (50 KiB)

Štvrtá modifikácia testu opäť zaznamenala pokles vykonaných požiadaviek, ako aj zodpovedajúci pokles rozdielu vo výsledkoch.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 6829 | 22,763 |
| 2. iterácia | 6832 | 22,773 |
| 3. iterácia | 6818 | 22,727 |
| 4. iterácia | 6806 | 22,687 |
| 5. iterácia | 6855 | 22,850 |
| Priemer | 6830,5 | 22,768 |

Tabuľka 5.41: Gatling Test s rastúcou veľkosťou správy – 51200 znakov

Piaty test – 512000 znaková správa (500 KiB)

Aj poslednej modifikácii klesol počet vykonaných požiadaviek spolu s rozdielom vo výsledkoch.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 692 | 2,307 |
| 2. iterácia | 692 | 2,307 |
| 3. iterácia | 689 | 2,297 |
| 4. iterácia | 693 | 2,310 |
| 5. iterácia | 689 | 2,297 |
| Priemer | 691,5 | 2,305 |

Tabuľka 5.42: Gatling Test s rastúcou veľkosťou správy – 512000 znakov

- PerfCake

Prvý test – 5 znaková správa

Druhý najlepší výsledok v prvej modifikácii testu s rastúcou veľkosťou správy dosiahol PerfCake. Veľmi dobrá je spoľahlivosť výsledkov.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 9437784 | 31459,280 |
| 2. iterácia | 9499103 | 31663,677 |
| 3. iterácia | 9423913 | 31413,043 |
| 4. iterácia | 9335989 | 31119,963 |
| 5. iterácia | 9476932 | 31589,773 |
| Priemer | 9434744,2 | 31449,147 |

Tabuľka 5.43: PerfCake Test s rastúcou veľkosťou správy – 5 znakov

Druhý test – 1024 znaková správa (1 KiB)

Druhá modifikácia znamenala očakávaný pokles vykonaných požiadaviek. Spolu s nimi klesla aj spoľahlivosť výsledkov.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 338001 | 1126,670 |
| 2. iterácia | 335347 | 1117,823 |
| 3. iterácia | 333536 | 1111,787 |
| 4. iterácia | 334645 | 1115,483 |
| 5. iterácia | 337169 | 1123,897 |
| Priemer | 335739,6 | 1119,132 |

Tabuľka 5.44: PerfCake Test s rastúcou veľkosťou správy – 1024 znakov

Tretí test – 5120 znaková správa (5 KiB)

Päťnásobné zväčšenie správy znamenalo päťnásobné zníženie počtu vykonaných požiadaviek.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 67753 | 225,843 |
| 2. iterácia | 68595 | 228,650 |
| 3. iterácia | 68500 | 228,333 |
| 4. iterácia | 68865 | 229,550 |
| 5. iterácia | 68156 | 227,187 |
| Priemer | 68373,8 | 227,913 |

Tabuľka 5.45: PerfCake Test s rastúcou veľkosťou správy – 5120 znakov

Štvrtý test – 51200 znaková správa (50 KiB)

Počet vykonaných požiadaviek znova klesol rovnakým pomerom, akým vzrástla veľkosť prenášanej správy.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 6780 | 22,600 |
| 2. iterácia | 6836 | 22,787 |
| 3. iterácia | 6825 | 22,750 |
| 4. iterácia | 6801 | 22,670 |
| 5. iterácia | 6824 | 22,747 |
| Priemer | 6813,2 | 22,711 |

Tabuľka 5.46: PerfCake Test s rastúcou veľkosťou správy – 51200 znakov

Piaty test – 512000 znaková správa (500 KiB)

Aj v poslednej modifikácii klesol počet vykonaných požiadaviek v rovnakom pomere, akým vzrástla veľkosť správy.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 684 | 2,280 |
| 2. iterácia | 684 | 2,280 |
| 3. iterácia | 696 | 2,320 |
| 4. iterácia | 690 | 2,300 |
| 5. iterácia | 679 | 2,263 |
| Priemer | 686,6 | 2,289 |

Tabuľka 5.47: PerfCake Test s rastúcou veľkosťou správy – 512000 znakov

- Vyhodnotenie

Vykonané požiadavky

Najväčšie rozdiely medzi nástrojmi sú v prípade správy s veľkosťou 5 znakov. Takáto správa je dostatočne malá na to, aby ju server dokázal spracovať veľmi rýchlo a do výsledkov sa preniesie výkon nástroja.

Nasledujúce modifikácie ukazujú značný pokles počtu vykonaných požiadaviek všetkých nástrojov. Z porovnania tohto testu vychádza ako víťaz Apache JMeter, ktorý dosiahol najlepší výkon v prvej a druhej modifikácii. Na základe výsledkov prvej a druhej modifikácie dosiahol druhé najlepšie výsledky PerfCake nasledovaný nástrojom Faban a ako posledný skončil Gatling. Zvyšné modifikácie o výkone nástrojov veľa informácií neprinášajú, pretože prenášané správy sú príliš veľké a hlavnú záťaž znáša server a prenosová sústava.

| Test | Apache JMeter | Faban | Gatling | PerfCake |
|---------------|---------------|---------|---------|----------|
| 5 znakov | 11256899 | 6827431 | 2579475 | 9434744 |
| 1KiB správa | 366027 | 338572 | 336060 | 335740 |
| 5KiB správa | 67716 | 68768 | 68611 | 68374 |
| 50KiB správa | 6814 | 6765 | 6828 | 6813 |
| 500KiB správa | 695 | 613 | 691 | 687 |

Tabuľka 5.48: Test s rastúcou veľkosťou správ – priemerný počet vykonaných požiadaviek

Rozdiel vo výsledkoch

Z výsledkov vidieť, že hoci Faban a Gatling dosiahli najvyššiu spoľahlivosť v testoch s veľkými správami, v ktorých všetky nástroje dosiahli porovnateľné výsledky. Za zmienku stojí obrovský rozdiel vo výsledkoch Apache JMeter v druhej modifikácii testu. Najlepšie výsledky dosiahol Faban nasledovaný Gatling a PerfCake. Veľmi zlú spoľahlivosť výsledkov dosiahol Apache JMeter.

| Test | Apache JMeter | Faban | Gatling | PerfCake |
|---------------|---------------|-------|---------|----------|
| 5 znakov | 671875 | 54372 | 93498 | 163114 |
| 1KiB správa | 150240 | 2839 | 2813 | 4465 |
| 5KiB správa | 732 | 307 | 314 | 1112 |
| 50KiB správa | 87 | 51 | 49 | 56 |
| 500KiB správa | 13 | 5 | 4 | 17 |

Tabuľka 5.49: Test s rastúcou veľkosťou správ – rozdiel vo výsledkoch

5.6.4 Základný JMS test so 100 klientmi

- Apache JMeter

Výsledky Apache JMeter obsahovali chybu: JVM should have exited but did not. Chybu som pri nastavovaní testov a spúšťaní v grafickom prostredí nespozoroval, objavila sa len v automatizovaných testoch spúšťaných cez príkazový riadok. Chyba spôsobila zlyhanie približne 97% požiadaviek.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 113729 | 379,097 |
| 2. iterácia | 116433 | 388,110 |
| 3. iterácia | 113632 | 378,773 |
| 4. iterácia | 114521 | 381,737 |
| 5. iterácia | 114332 | 381,107 |
| Priemer | 114529,4 | 381,765 |

Tabuľka 5.50: Apache JMeter Základný JMS test so 100 klientmi

- Faban

Dokumentácia Fabanu neobsahovala žiadne informácie o testovaní JMS. S vynaložením nemalého úsilia sa mi podarilo nájsť na internete blog, ktorý popisoval nastavenie Fabanu, tak aby s ním bolo možné testovať JMS. Článok neobsahoval informácie o nastavení atribútov potrebných pre testovanie JMS. Nadpis článku naznačoval, že existuje pokračovanie, ktoré sa mi nepodarilo nájsť. Z toho usudzujem, že Faban nepodporuje testovanie JMS. Článok bol publikovaný 21.4.2009[11].

- Gatling

Gatling dokumentácia obsahuje nastavenie testovacieho scenára pre testovanie JMS. Po nastavení všetkých parametrov testu sa pri testovaní objavuje výnimka "User NULL" naznačujúca, že nie je možné identifikovať užívateľa, pomocou ktorého je možné pristupovať k JMS frontám JBoss AS servera. Meno a heslo užívateľa som nastavil v súlade s návodom a tieto údaje sú rovnaké, ako pri nástrojoch Apache JMeter a PerfCake, u ktorých testy fungujú. Návod je k dispozícii na stránke <http://gatling.io/docs/2.1.1/jms.html>.

- PerfCake

Všetých päť iterácií JMS testu prebehlo bez problémov, počas testovania sa nevyskytli žiadne chyby.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 113714 | 394,867 |
| 2. iterácia | 112162 | 413,784 |
| 3. iterácia | 112527 | 388,142 |
| 4. iterácia | 115062 | 397,234 |
| 5. iterácia | 115012 | 377,893 |
| Priemer | 113695,4 | 378,985 |

Tabuľka 5.51: PerfCake Základný JMS test so 100 klientmi

- Vyhodnotenie

JMS testu sa zúčastnili len Apache JMeter a Perfcake. Oba nástroje dosiahli podobné výsledky v počte vykonaných požiadaviek a porovnateľný je aj rozdiel vo výsledkoch. V neprospech Apache JMeter hovorí len chyba, ktorá sa objavila počas testovania.

| Nástroj | Priemerný počet požiadaviek | Rozdiel vo výsledkoch |
|---------------|-----------------------------|-----------------------|
| Apache JMeter | 114529,4 | 2801 |
| Faban | – | – |
| Gatling | – | – |
| PerfCake | 113695,4 | 2900 |

Tabuľka 5.52: Základný JMS test so 100 klientmi

5.6.5 Základný test so 100 klientmi

- Apache JMeter

Základný test so 100 klientmi Apache JMeter prebehol bez problémov.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 68390 | 227,967 |
| 2. iterácia | 67537 | 225,123 |
| 3. iterácia | 68908 | 229,693 |
| 4. iterácia | 68753 | 229,177 |
| 5. iterácia | 67863 | 226,210 |
| Priemer | 68290,2 | 227,634 |

Tabuľka 5.53: Apache JMeter Základný test so 100 klientmi

- Faban

V 3. iterácii sa objavila rovnaká chyba, ako v 5. iterácii Faban testu so 100 klientmi.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1. iterácia | 68286 | 227,620 |
| 2. iterácia | 68590 | 228,633 |
| 3. iterácia | Chyba, viď. test 2.3.5 | Chyba, viď. test 2.3.5 |
| 4. iterácia | 67874 | 226,247 |
| 5. iterácia | 68567 | 228,557 |
| Priemer | 68329,25 | 227,764 |

Tabuľka 5.54: Faban Základný test so 100 klientmi

- Gatling

Počas testu sa nevyskytli žiadne problémy.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 68775 | 229,250 |
| 2. iterácia | 68452 | 228,173 |
| 3. iterácia | 68495 | 228,317 |
| 4. iterácia | 68273 | 227,577 |
| 5. iterácia | 68805 | 229,350 |
| Priemer | 68560 | 228,533 |

Tabuľka 5.55: Gatling Základný test so 100 klientmi

- PerfCake

Ani pri teste PerfCake sa nevyskytli žiadne problémy.

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 68735 | 229,117 |
| 2. iterácia | 68049 | 226,830 |
| 3. iterácia | 68600 | 228,667 |
| 4. iterácia | 67954 | 226,513 |
| 5. iterácia | 68783 | 229,277 |
| Priemer | 68424,2 | 228,081 |

Tabuľka 5.56: PerfCake Základný test so 100 klientmi

- **Vyhodnotenie**

Všetky porovnávané nástroje dosiahli podobné výsledky, ktoré sa líšia len rozdielom vo výsledkoch. Spôsobené to bolo príliš veľkou správou, ktorá zaťažila server a prenosovú sústavu oveľa viac, ako nástroje. Najlepší výsledok dosiahol Gatling, ktorý mal aj najnižší rozdiel vo výsledkoch. Najvyšší rozdiel vo výsledkoch dosiahol Apache JMeter.

| Nástroj | Priemerný počet požiadaviek | Rozdiel vo výsledkoch |
|---------------|-----------------------------|-----------------------|
| Apache JMeter | 68290 | 1371 |
| Faban | 68329 | 716 |
| Gatling | 68560 | 532 |
| PerfCake | 68424 | 829 |

Tabuľka 5.57: Základný test so 100 klientmi

5.6.6 Vytrvalostný test

- **Apache JMeter**

Monitorovanie pamäte zlyhalo, pretože nástroj monitoroval spotrebu pamäte na strane klienta a nie na strane servera. Výsledky oboch testov prebehli v poriadku, avšak sú takmer rovnaké a bez znalosti spotreby pamäte ich nie je možné porovnať.

Bez úniku pamäte

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 820011 | 227,781 |
| 2. iterácia | 821934 | 228,315 |
| 3. iterácia | 824035 | 228,899 |
| Priemer | 821993,33 | 228,331 |

Tabuľka 5.58: Faban Vytrvalostný test bez úniku pamäte

S únikom pamäte

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 813733 | 226,037 |
| 2. iterácia | 821163 | 228,101 |
| 3. iterácia | 823443 | 228,734 |
| Priemer | 819446,33 | 227,624 |

Tabuľka 5.59: Faban Vytrvalostný test s únikom pamäte

- Faban

Počas Faban vytrvalostného testu spotreba pamäte nebola monitorovaná, lebo sa mi nepodarilo toto monitorovanie nastaviť. Podrobný popis problému sa nachádza v sekcii **problémy pri vytváraní testov a testovaní**. Výkon nástroja z oboch modifikácií testu je porovnateľne veľký.

Bez úniku pamäte

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 818265 | 227,296 |
| 2. iterácia | 823862 | 228,851 |
| 3. iterácia | 818863 | 227,462 |
| Priemer | 820330 | 227,869 |

Tabuľka 5.60: Faban Vytrvalostný test bez úniku pamäte

S únikom pamäte

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 822346 | 228,429 |
| 2. iterácia | 817627 | 227,119 |
| 3. iterácia | 818486 | 227,357 |
| Priemer | 819486,3 | 227,635 |

Tabuľka 5.61: Faban Vytrvalostný test s únikom pamäte

- Gatling

Podobne ako v prípade nástroja Faban, ani v nástroji Gatling sa mi nepodarilo nastaviť monitorovanie využitia operačnej pamäte na serveri. Podrobný popis problému sa nachádza v sekcii **problémy pri vytváraní testov a testovaní**. Výsledky prvej a druhej iterácie testu sú porovnateľné.

Bez úniku pamäte

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 816525 | 226,813 |
| 2. iterácia | 824327 | 228,980 |
| 3. iterácia | 820827 | 228,008 |
| Priemer | 820560 | 227,933 |

Tabuľka 5.62: Gatling Vytrvalostný test bez úniku pamäte

S únikom pamäte

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 817001 | 226,945 |
| 2. iterácia | 820303 | 227,862 |
| 3. iterácia | 818141 | 227,261 |
| Priemer | 818482 | 227,356 |

Tabuľka 5.63: Gatling Vytrvalostný test s únikom pamäte

- PerfCake

V prípade testu PerfCake bolo monitorovanie pamäte nastavené správne a získal som korektné výsledky využitia pamäte na serveri. Spotreba pamäte v teste s únikom pamäte podľa očakávania rástla rýchlejšie, ako v teste bez úniku pamäte. Graf zobrazujúci spotrebu pamäte v testoch sa nachádza v priloženom CD. Výsledky oboch testov sú porovnateľné, pretože únik pamäte nebol dostatočne veľký, aby spôsobil vyčerpanie dostupnej operačnej pamäte.

Bez úniku pamäte

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 819458 | 227,627 |
| 2. iterácia | 824195 | 228,943 |
| 3. iterácia | 823020 | 228,617 |
| Priemer | 822224 | 228,396 |

Tabuľka 5.64: PerfCake Vytrvalostný test bez úniku pamäte

S únikom pamäte

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 823154 | 228,654 |
| 2. iterácia | 818712 | 227,420 |
| 3. iterácia | 820821 | 228,006 |
| Priemer | 820895,7 | 228,027 |

Tabuľka 5.65: PerfCake Vytrvalostný test s únikom pamäte

- **Vyhodnotenie**

V dvoch prípadoch sa mi nepodarilo nastaviť monitorovanie pamäte v nástrojoch. Apache JMeter meral využitie pamäte na strane klienta a nie na strane servera. PerfCake bol jediný nástroj, ktorý poskytol relevantné údaje o spotrebe pamäte na strane servera. Počty vykonaných požiadaviek všetkých nástrojov sú porovnateľné. Pre tento type testov som nevytvoril lineárny graf počtu vykonaných požiadaviek počas testu.

Vykonané požiadavky

| Test | Apache JMeter | Faban | Gatling | PerfCake |
|------------------|---------------|--------|---------|----------|
| Bez úniku pamäte | 821993 | 820330 | 820560 | 822224 |
| S únikom pamäte | 819446 | 819486 | 818482 | 820896 |

Tabuľka 5.66: Vytrvalostný test – priemerný počet vykonaných požiadaviek

Rozdiel vo výsledkoch

| Test | Apache JMeter | Faban | Gatling | PerfCake |
|------------------|---------------|-------|---------|----------|
| Bez úniku pamäte | 4024 | 5597 | 7802 | 4737 |
| S únikom pamäte | 9710 | 4719 | 3302 | 4442 |

Tabuľka 5.67: Vytrvalostný test – rozdiel vo výsledkoch

5.6.7 Test teoretickej priepustnosti nástroja

- Apache JMeter

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 13329690 | 44432,300 |
| 2. iterácia | 13256854 | 44189,513 |
| 3. iterácia | 13256973 | 44189,910 |
| 4. iterácia | 13576708 | 45255,693 |
| 5. iterácia | 13300559 | 44335,197 |
| Priemer | 13344156,8 | 44480,523 |

Tabuľka 5.68: Apache JMeter Test teoretickej priepustnosti

- Faban

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 8385444 | 27951,480 |
| 2. iterácia | 8670415 | 28901,383 |
| 3. iterácia | 8810458 | 29368,193 |
| 4. iterácia | 8775981 | 29253,270 |
| 5. iterácia | 8762981 | 29209,937 |
| Priemer | 8681055,8 | 28936,853 |

Tabuľka 5.69: Faban Test teoretickej priepustnosti

- Gatling

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 3044179 | 10147,263 |
| 2. iterácia | 2846062 | 9486,873 |
| 3. iterácia | 2989634 | 9965,447 |
| 4. iterácia | 3034939 | 10116,463 |
| 5. iterácia | 2979783 | 9932,610 |
| Priemer | 2978919,4 | 9929,731 |

Tabuľka 5.70: Gatling Test teoretickej priepustnosti

- PerfCake

| Iterácia testu | Počet vykonaných požiadaviek | Počet požiadaviek za sekundu |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. iterácia | 9562553 | 31875,177 |
| 2. iterácia | 9277840 | 30926,133 |
| 3. iterácia | 9155774 | 30519,247 |
| 4. iterácia | 9400507 | 31335,023 |
| 5. iterácia | 9323776 | 31079,253 |
| Priemer | 9344090 | 31146,967 |

Tabuľka 5.71: Perfcake Test teoretickej priepustnosti

- Vyhodnotenie

Test teoretickej priepustnosti najlepšie zvládol Apache JMeter nasledovaný nástrojom PerfCake. Ako posledný skončil s veľkým odstupom nástroj Gatling. Apache JMeter dosiahol s ohľadom na počet požiadaviek najlepší výsledok aj pri porovnaní rozdielu vo výsledkoch. Nasleduje PerfCake, Faban a nakoniec Gatling.

| Nástroj | Priemerný počet požiadaviek | Rozdiel vo výsledkoch |
|---------------|-----------------------------|-----------------------|
| Apache JMeter | 13344157 | 319854 |
| Faban | 8681056 | 425014 |
| Gatling | 2978919 | 198117 |
| PerfCake | 9344090 | 406779 |

Tabuľka 5.72: Test teoretickej priepustnosti

Kapitola 6

Záver

6.1 Zhrnutie

Cieľom práce bolo porovnanie nástrojov, ich vlastností a porovnanie výsledkov testov. Vďaka tomu si čitateľ môže vybrať jemu vyhovujúci nástroj. Pre zjednodušenie výberu na záver poskytujem stručné zhrnutie a porovnanie všetkých hodnotených kategórií. Súčasťou hodnotenia je aj tabuľka, ktorá pre každú kategóriu obsahuje známku od 1 do 4 reprezentujúcu umiestnenie nástroja v danej kategórii. Nižšie číslo znamená lepšie umiestnenie a ak nástroje dosiahli rovnaké výsledky, hodnotím ich rovnakou známkou.

- **Inštalácia**

V prvej kategórii hodnotím Apache JMeter a PerfCake známkou 1 a Gatling s Fabanom známkou 2. Všetky nástroje sa inštalujú veľmi jednoducho, stačí ich stiahnuť a rozbaliť. Gatling a Faban majú nižšiu známku, lebo požadujú JDK a nie JRE ako v prípade Apache JMeter a PerfCake.

- **Používanie**

Víťazmi kategórie sa stávajú Apache JMeter, Gatling a PerfCake. Práca s nimi je jednoduchá a rýchla. Vytvorené testy sa spúšťajú jedným príkazom. Faban vyžaduje pred spustením testov naštartovanie servera.

- **Dokumentácia**

Nebyť problému s JMS testami, víťazom by bol Gatling. Jeho dokumentácia je najprehľadnejšia a najlepšie sa v nej orientuje. Problém s nastavením JMS Gatling posunul za Apache JMeter a PerfCake, ktoré sa umiestnili na spoločnom prvom mieste. Dokumentácia oboch nástrojov dostatovala k riešeniu všetkých problémov a orientovalo sa v nej rovnako dobre. Posledný skončil Faban. Jeho dokumentácia je najmenej prehľadná.

- **Vývojové prostredia**

Kategóriu použiteľnosti vo vývojových prostrediach vyhráva Apache JMeter spolu s PerfCake. Apache JMeter poskytuje doplnok pre NetBeans, IntelliJ IDEA a Maven. PerfCake má podporu pre Eclipse Kepler, IntelliJ IDEA a Maven. Nasleduje Gatling s podporou pre Maven a nakoniec Faban neposkytujúci žiadnu podporu pre vývojové prostredia.

- **Generovanie výsledkov**

Generovanie výsledkov Gatlingu a PerfCake prebieha v scenároch, je jednoduché a rýchle. JMeter výpis výsledkov je nutné nastaviť v grafickom užívateľskom rozhraní a dokumentácia nepopisuje nastavenie v scenároch, čo je jednoduchšia, ale hlavne rýchlejšia cesta. Najhoršie skončil Faban, v ktorom nie je možné zmeniť východiskový adresár pre ukladanie výsledkov a tým vzniká problém, ktorý som musel riešiť pomocou skriptov.

- **Tvorba testov**

PerfCake testy sa tvoria najjednoduchšie a najrýchlejšie. Nasleduje Gatling s jazykom Scala, na ktorý som si musel chvíľu zvykať. Apache JMeter testy som musel vytvárať v grafickom užívateľskom prostredí, ktoré nie je také rýchle, ako písanie a upravovanie testov v textovom editore. Posledným je Faban, pre ktorý som musel vytvoriť Driver, profil testu a nakoniec samotný scenár.

- **JMS testy**

V JMS testoch najlepšie obstál PerfCake, ktorý vykonal približne rovnaké množstvo požiadaviek, ako Apache JMeter, ale počas testu sa neobjavili problémy, ako v prípade nástroja Apache JMeter. Najhoršiu možnú známku obdržali Gatling a Faban, pretože u nich nebolo možné nastaviť JMS testy.

- **Monitorovanie pamäte**

Víťazom tejto kategórie sa stáva PerfCake, ktorý ako jediný správne nameral výsledky spotreby pamäte na serveri. Nasleduje Apache JMeter, ktorý monitoroval pamäť na strane klienta. Faban a Gatling hodnotím najhoršou známku, pretože u nich nebolo možné nastaviť monitorovanie pamäte.

- **Výsledky testov**

Spomedzi všetkých nástrojov najlepšie výsledky dosahoval Apache JMeter. Ako druhý najlepší hodnotím nástroj PerfCake. Tretiu priečku obsadil Faban, ktorý výrazne zaostával v testoch s nízkym počtom klientov. Na poslednom mieste sa umiestnil Gatling, ktorý mal vo väčšine testov najmenej vykonaných požiadaviek.

- **Spoľahlivosť výsledkov**

Spoľahlivosť výsledkov nie je možné zhodnotiť jednoznačne. Výsledky testov ukázali, že rozdiel vo výsledkoch nerastie s množstvom vykonaných požiadaviek lineárne, ale skôr polynomiálne. Preto je dôležité posudzovať spoľahlivosť výsledkov na základe testov, ktoré mali podobný počet vykonaných požiadaviek. Napriek tomu, že vo väčšine testov dosiahol najspoľahlivejšie výsledky Faban, ako veľký problém vidím iterácie, ktoré zlyhali kvôli chybe. To výrazne znížilo spoľahlivosť výsledkov a preto Faban hodnotím ako nástroj s najnižšou spoľahlivosťou výsledkov. Najlepšie hodnotenie získava PerfCake, ktorý nezaznamenal výrazný rozdiel v spoľahlivosti, alebo zlyhanie iterácie. Druhé miesto získava Gatling a tretie Apache JMeter, ktorý zaznamenal v niektorých iteráciách

veľmi veľký rozdiel vo výsledkoch. Veľmi nízku spoľahlivosť dosiahol najmä v prvých dvoch modifikáciách druhého a tretieho testu.

- **Teoretická priepustnosť**

Test teoretickej priepustnosti suverénne vyhral Apache JMeter nasledovaný nástrojom PerfCake. Na predposlednom mieste skončil Faban a na poslednom s výrazným odstupom Gatling.

- **Priemer**

Priemer je vypočítaný ako súčet všetkých znáмок vydelený počtom hodnotiacich kategórií. Tým získam priemernú známku a na jej základe určujem najlepší nástroj.

| Kategória | Apache JMeter | Faban | Gatling | PerfCake |
|-------------------------|---------------|-------|---------|----------|
| Inštalácia | 1 | 2 | 2 | 1 |
| Používanie | 1 | 2 | 1 | 1 |
| Dokumentácia | 1 | 4 | 3 | 1 |
| Vývojové prostredia | 1 | 4 | 2 | 1 |
| Generovanie výsledkov | 2 | 3 | 1 | 1 |
| Tvorba testov | 3 | 4 | 2 | 1 |
| JMS testy | 2 | 4 | 4 | 1 |
| Monitorovanie pamäte | 2 | 4 | 4 | 1 |
| Výsledky testov | 1 | 3 | 4 | 2 |
| Spoľahlivosť výsledkov | 3 | 4 | 2 | 1 |
| Teoretická priepustnosť | 1 | 3 | 4 | 2 |
| Priemer | 1,64 | 3,36 | 2,63 | 1,18 |

Tabuľka 6.1: Hodnotiaca tabuľka

V hodnotiacej tabuľke dosiahol najlepšiu známku PerfCake nasledovaný nástrojom Apache JMeter, Gatling a ako posledný skončil Faban. PerfCake dosiahol veľmi dobré známky vo všetkých kategóriách, vrátane testov, ktoré považujem za najdôležitejšie kategórie. Na druhej strane výsledky testov s veľkými správami ukázali, že na výbere nástroja nezáleží pokiaľ je výrazne zaťažený server a prenosová sústava. Konečný výber nástroja závisí od preferencií užívateľa.

Literatúra

- [1] W. Garside. Computing power: capacity on demand. www.computerweekly.com/feature/Computing-power-capacity-on-demand. Navštívené: 26.12.2014.
- [2] J. Sochor. ÚVT MU zpravodaj. www.ics.muni.cz/bulletin/articles/61.html. Navštívené: 22.12.2014.
- [3] Ian Molyneaux. *The Art of Application Performance Testing*. O'Reilly Media, Inc., Sebastopol, first edition edition, 2009. ISBN: 9780596520663.
- [4] B.M. Subraya. *Integrated Approach to Web Performance Testing: A Practitioner's Guide*. IRM Press, Hershey, 2006. ISBN: 9781591407850.
- [5] Apache Software Foundation. Apache JMeter. <http://jmeter.apache.org/index.html>. Navštívené: 19.12.2014.
- [6] Faban. <http://faban.org/about.html>. Navštívené: 19.12.2014.
- [7] Gatling. <http://gatling.io/docs/2.1.1/>. Navštívené: 19.12.2014.
- [8] M. Michalko. PerfCakeIDEA. <https://github.com/PerfCake/PerfCakeIDEA>. Navštívené: 19.12.2014.
- [9] R. Fielding. Hypertext Transfer Protocol (HTTP/1.1): Message Syntax and Routing. <http://tools.ietf.org/html/rfc7230>. Navštívené: 13.12.2014.
- [10] Bob Wescott. *The Every Computer Performance Book: How to Avoid and Solve Performance Problems on The Computers You Work With*. CreateSpace Independent Publishing Platform, first edition edition, 2013. ISBN: 1482657759.
- [11] Kim LiChong. How to write a JMS Faban driver (Part One). https://blogs.oracle.com/klc/entry/using_faban_as_an_asynchronous. Navštívené: 22.12.2014.

Dodatok A

Obsah priloženého CD

Súčasťou tejto práce je aj CD obsahujúce všetky materiály, ktoré boli vytvorené v rámci písania práce. Klientská a serverová časť je pre jednoduchšiu manipuláciu a prenos medzi počítačmi skomprimovaná do archívu. Adresárová štruktúra CD vyzerá nasledovne:

```
/
├── Aplikácia.....Adresár obsahujúci zdrojové kódy testovanej Aplikácie
│   ├── build.sh.....Skript na zostavenie aplikácie
├── Bakalárska práca.....Adresár s bakalárskou prácou
│   ├── bibliografie.bib.....Bibliografická databáza práce
│   ├── bp.tex.....Zdrojový kód práce
│   └── bp.pdf.....Hotová práca
├── Grafy.....Adresár obsahujúci grafy s výsledkami testov
├── klient.zip.....Archív obsahujúci klientskú časť testov
│   ├── 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.....Adresáre s testami
│   └── Nastroje.....Adresár obsahujúci nástroje
│       ├── apache-jmeter-2.11.....Nástroj Apache JMeter
│       ├── faban.....Nástroj Faban
│       ├── gatling-charts-highcharts-2.0.1.....Nástroj Gatling
│       ├── change_runtime.sh.....Skript meniaci čas testov
│       ├── change_server_and_port.sh.....Skript meniaci server a port
│       ├── open_scenarios.sh.....Skript otvárajúci scenáre
│       ├── remove_all_logs.sh.....Skript odstraňujúci všetky logy a výsledky
│       ├── remove_big_logs.sh.....Skript odstraňujúci veľké logy a výsledky
│       ├── restart_faban.sh.....Skript reštartujúci Faban server
│       └── run_all.sh.....Skript spúšťajúci testy
├── server.zip.....Archív obsahujúci serverovú časť testov
│   ├── Nastroje.....Adresár obsahujúci JBoss AS server
│   │   └── jboss-as-7.1.1.Final.....JBoss AS server
│   └── ssh_restart_jboss.sh.....Skript reštartujúci JBoss AS server
```