Institut für Informatik
Fakultät für Mathematik und Informatik
Abteilung Datenbanken

The Glorious Title of my Master/Bachlor Thesis/Exposé

Exposé

vorgelegt von:
xxxx xxxxx

Matrikelnummer:
xxxxxxx

Betreuer:
Prof. Dr. Erhard Rahm
XXXXX

Contents

1 Einführung

Die Performanz eines Rechners ist die Leistungsfähigkeit und Effizienz bei der Ausführung von Aufgaben. Um herauszufinden, welche ausgewählten Systeme die beste Performanz liefert, werden Benchmarks verwendet. Mit ihnen kann man die Rechenleistung oder auch Lese-/Schreibgeschwingkeit der Hardware oder auch Software mit standardisierten Tests messen [4]. Ein Beispiel, bei dem Software getestet wird, sind virtuelle Maschinen. Hier werden die Grenzen von virtuellen CPUs oder des Hypervisor analysiert [5]. Auch im Cloudcomputing Bereich wird Benchmarking betrieben, um auch Performanz zwischen verschieden Cloudplatformen vergleichen zu können [6]. Somit gibt es ein weites Spektrum an Auswahl von Systemen, wo solche Benchmarks verwendet werden können, um Grenzen zu testen und zu vergleichen. Solche Grenzen könnten die Hardware (z. B. CPU-Taktrate oder Brandbreitengeschwindigkeit beim Lesen oder Schreiben), aber auch Software (Virtuelle Maschinen) sein. Und mit der Verbesserung von solchen Speichermedien, wie HDD zu SSD, und CPU-Leistung wird die I/O Geschwindigkeit immer relevanter. Studien haben schon bewiesen, dass dies eine Ursache für Bottlenecks in der Performanz ist [8].

In Großkonzernen sind oft Performanzprobleme die eigentlichen Hindernisse, und nicht die funktionellen Probleme. Serviceausfälle sind höchst kostspielig und sollten minimiert werden. [1]. Aus diesem Grund werden solche Benchmarks in Hochleistungsrechner (High Performance Computing - HPC) durchgeführt, um ihre Grenzen zu analysieren. Ein Beispielprogramm für so ein Benchmark Tool ist das Fio (flexible I/O tester) [2]. Fio ist ein Tool, mit dem man die Brandbreitengeschwindigkeit vom Lesen/Schreiben testen kann. Diese Tests lassen sich als eine Logdatei ausgeben. Mein Programm wird mit diesen Logs arbeiten, um sie darstellen und analysieren zu können. Da diese Dateien zehntausende von Zeilen besitzen können. In meiner Arbeit werde ich mit dem fio Tool arbeiten, um solche Performanceänderungen zu analysieren und den stationären Zustand zu ermitteln. Ein Zustand, wo die Rechenleistung oder Lese-/Schreibgeschwindigkeit sich nicht mehr beim Messen stark ändert [3].

2 Grundlagen

Das Fio Tool ermöglicht das Testen auf bestimmter Hardware oder Software. Die I/O-Geschwindigkeit wird hier in Mebibyte pro Sekunde angegeben. Das Fio bietet auch die Möglichkeit diese Einheit zu ändern. Das Programm selbst besitzt kein GUI, sondern arbeitet nur in der Konsole. Man kann für das Programm sogenannte .fio Dateien schreiben. Oder man arbeitet direkt in der Konsole, um seine gewünschten Tests durchzuführen. Wenn man nun ein Random Read testen möchte, kann die .fio Datei wie folgt aussehen (Listing 2):

```
; fio-rand-read.job for fio Test

[global]

name=rand-read # Name des Jobs
rw=randread # Was soll der Job testen, randread = random read
runtime=2s # Wie lange soll der Job laufen
size=128m # Groesse der Datei, m fuer Megabyte
write_bw_log=mytest # Name der Log-Datei
```

Listing 1: Beispiel für eine .fio Datei

In der Konsole kann man sie auch einzeln als Parameter angeben, wenn es nur ein Test sein soll. Diese Tests, oder auch Jobs genannt, geben Logs aus, mit denen mein Tool arbeiten wird. Dieser Job oben testet das Random Read mit einer Laufzeit (Runtime) von 2 Sekunden und liest eine Datei mit einer Größe von 128 Mebibyte. Mit größeren Tests ist es möglich, den stationären Zustand zu analysieren. Der stationäre Zustand ist der Zeitpunkt, wenn es keine starken Schwankungen mehr bei der Brandbreitengeschwindigkeit im Lesen oder im Schreiben gibt. Ein Hindernis bei dieser Analyse könnten die nicht deterministischen Faktoren sein. Auch wenn man das Lesen/Schreiben auf demselben System mit derselben Datei testet, ist die Brandbreitengeschwindigkeit im Durchschnitt nie die gleiche. Sie wird immer abweichen. Ursachen dafür könnten schon verschiedene CPU-Temperaturen sein, aber auch CPU-Scaling oder parallele Prozessierung [7]. Das fio selbst arbeitet nicht nur mit einem Thread. Sondern es arbeitet mit Multithreads, was nicht deterministische Zustände hervorrufen kann. Da die Geschwindigkeit sich nie konstant einem Wert nähert, sondern immer abweicht, soll mein Programm in Zukunft mithilfe der Standardabweichung den stationären Zustand ermitteln. Solche Abweichung könnte in wenigen Prozentbereichen liegen.

Es wird aber nicht ausreichen, ein paar Tests durchzuführen und danach die Logs davon auszuwerten. Diese Logs wären nämlich nicht akkurat genug. Man muss erst einige Warm-up-Iterationen durchführen. Erst dann werden die Werte am Ende präziser [3]. Somit hängt der stationäre Zustand, der errechnet werden soll, mit diesen Warmups zusammen. Dieses Problem wird aber nur ein Hindernis sein. Ein größeres Problem wird es sein - wenn der Warmup durchgelaufen ist - welche Logs die besten Informationen besitzen. Die Auswahl der Logs und deren Auswertung könnten signifikante Unterschiede beinhalten, die die Evaluierung verändern könnten [1].

3 Konzept

Das fio Tool bekommt den Parameter *–write_bw_logs* = [*Dateiname*] dazu, um die Logs als Datei auszugeben. Diese Logs geben den kompletten Verlauf des Jobs wieder. Die ersten Zeilen des Logs könnten so aussehen, wie in Listing 2:

```
1    [Time, Bandwidth, data direction, Blocksize, Offset]
2    0, 59782, 0, 4096, 0
3    0, 54353, 0, 4096, 0
4    1, 45545, 0, 4096, 0
```

Listing 2: Erste Zeilen des Logs (Bezeichnungen sind nicht im Log enthalten)

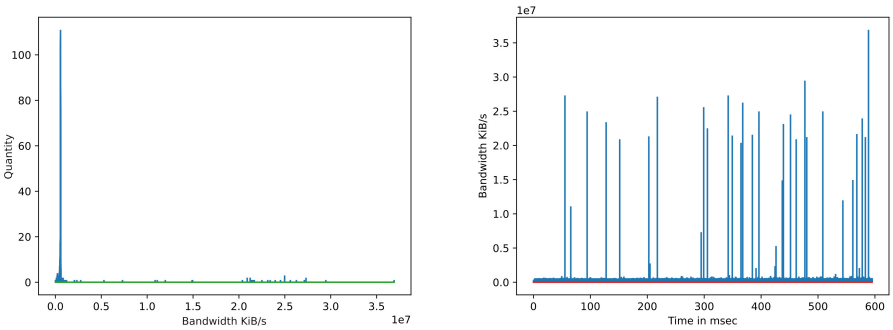
Time für die Zeit in Millisekunden (ms) die verlaufen ist, Bandwidth für die Brandbreitengeschwindigkeit in Kibibyte/s, der dritte Wert für die data direction, ob gelesen (= 0) oder geschrieben (= 1) wurde und ein Blocksize und ein Offset. Die Logdaten selbst sind immens lang und nicht schön lesbar. Deshalb wurde schon ein kleines Tool in Python programmiert, was diese Logdaten zu einem Graph umwandelt. Das Tool nimmt die Zeit als X-Achse und die Brandbreitengeschwindigkeit als Y-Achse. Wenn man sich die Logdaten als Text nochmal anschaut, sieht man, dass die Brandbreitengeschwindigkeit sich schneller innerhalb einer 1 ms ändert. Das Python-Tool umgeht das Problem so, dass die Werte, die mehrfach doppelt vorkommen, linear auftrennt. Unten wird es nochmal veranschaulicht (Listing 3), wenn die Zeit sich dreimal wiederholt, mit 23ms.

```
1    Drei Zeilen aus der Logdatei
2    [Time, Bandwidth, data direction, Blocksize, Offset]
3    23, 59782, 0, 4096, 0
4    23, 43534, 0, 4096, 0
5    23, 54364, 0, 4096, 0
6
7    Erste beide Spalten      ->      X–Y–Koordinaten
8    X: 23  Y: 59782    ->    X: 23.0  Y: 59782
9    X: 23  Y: 43534    ->    X: 23.3  Y: 43534
10   X: 23  Y: 54364    ->    X: 23.6  Y: 54364
```

Listing 3: Aufsplitten der Zeit um ein Grafik zu bilden

In Figure 1 ist einmal die Bandbreitengeschwindigkeit pro Millisekunde dargestellt (a) und in der anderen Abbildung (b) zeigt es die Häufigkeiten, wie oft diese Brandbreitengeschwindigkeit erreicht wurde. Das fio wurde wie oben in Listing 1 ausgeführt.

Der Computer, der verwendet wurde, hat ein 11th Gen Intel(R) Core(TM) i5-11400 @ 2.60GHz Prozessor und eine ADATA SWORDFISH 1TB SSD als Datenträger. Das kleine Tool diente mehr zum Einstieg. Die eigentliche Arbeit wird es sein, das Tool weiter auszubauen, das nicht nur veranschaulicht,



(a) Bandwidth Frequency

(b) Bandwidth per Msec

Figure 1: fio Job: randread Bandbreite und Frequenz/Quantität

sondern auch den stationären Zustand berechnet. Das Programm wird in Java geschrieben. Grund dafür ist, da dort bereits die meiste Erfahrung steckt. Eine Möglichkeit, den stationären Zustand zu ermitteln, wäre, dass man die Standardabweichung verwendet und errechnet, wann die Abweichung klein genug ist und zusätzlich Konfidenzintervalle benutzt, um nicht determismus mitzubeachten. Eine weitere Berechnung, die durchgeführt wird, ist die Verwendung der Varianz oder auch Varianzanalyse - *Analysis of Variance* (ANOVA). Da der stationare Zustand nicht eindeutig bestimmt werden kann, sollen diese statistischen Methoden dabei helfen. ANOVA lässt sich mit dem Tukey HSD und t-Test erweitern, um signifikante Unterschiede bei paarweisen Messungen beim Testen zu analysieren. So soll mein Tool mit den Logdateien statistisch arbeiten.

4 Verwandte Arbeiten

In der Arbeit von Barrett et al. wurde tiefer in nicht Determinismus von VMs eingegangen. Dort wurde versucht, nicht determinisitsche Faktoren so gering wie möglich zu halten, da sonst Warmups nicht erfolgen können, auch wenn gleiche Workloads wiederholt durchlaufen werden. Und etwas andere Hardware und Operationssysteme haben wenig Einfluss auf die Zeit von Warmups. Li et al. arbeiteten ebenfalls mit VMs und testen die Performanz von diesen Maschinen mit verschiedener Anzahl an virtuellen CPUs. Und eine große Anzahl an VCPUs erhöht nicht zwingend die Performanz. Georges et al. verwendet statistische Methoden, wie Varianzanalyse und Tukey HSD, um eine akkurate Auswertung von den Experimenten berechnen zu können. Sie arbeiten ebenfalls mit VMs und VM Warmups. Gründe für nicht deterministisches Verhalten in VMs könnte Garbage Collection, Thread Scheduling oder auch Just-in-Time Compilation/Optimization sein (Arbeit von Georg Reichelt et al.). AlGhmadi et al. erarbeiteten, wann Performanztests nach langem Testen redundant werden und wie viele Tests genug sind.

5 Zeitplan

- -

References

[1] Hammam M. Alghmadi, Mark D. Syer, Weiyi Shang, and Ahmed E. Hassan. An automated approach for recommending when to stop performance tests. In *2016 IEEE International Conference on Software Maintenance and Evolution (ICSME)*, pages 279–289, 2016.

[2] Jens Axboe. Github—axboe/fio: Flexible i/o tester. *Retrieved Nov*, 10:2022, 2021.

[3] Edd Barrett, Carl Friedrich Bolz-Tereick, Rebecca Killick, Sarah Mount, and Laurence Tratt. Virtual machine warmup blows hot and cold. *Proc. ACM Program. Lang.*, 1(OOPSLA), October 2017.

[4] Isabelle Bruno. *Benchmarking*, pages 363–368. Springer Netherlands, Dordrecht, 2014.

[5] Yuegang Li, Dongyang Ou, Congfeng Jiang, Jing Shen, Shuangshuang Guo, Yin Liu, and Linlin Tang. Virtual machine performance analysis and prediction. In *2020 International Conference on Communications, Computing, Cybersecurity, and Informatics (CCCI)*, pages 1–5, 2020.

[6] Aniruddha Marathe, Rachel Harris, David K. Lowenthal, Bronis R. de Supinski, Barry Rountree, Martin Schulz, and Xin Yuan. A comparative study of high-performance computing on the cloud. In *Proceedings of the 22nd International Symposium on High-Performance Parallel and Distributed Computing*, HPDC '13, page 239–250, New York, NY, USA, 2013. Association for Computing Machinery.

[7] David Georg Reichelt, Stefan Kühne, and Wilhelm Hasselbring. Automated identification of performance changes at code level. In *2022 IEEE 22nd International Conference on Software Quality, Reliability and Security (QRS)*, pages 916–925, 2022.

[8] Qiumin Xu, Huzefa Siyamwala, Mrinmoy Ghosh, Tameesh Suri, Manu Awasthi, Zvika Guz, Anahita Shayesteh, and Vijay Balakrishnan. Performance analysis of nvme ssds and their implication on real world databases. In *Proceedings of the 8th ACM International Systems and Storage Conference*, SYSTOR '15, New York, NY, USA, 2015. Association for Computing Machinery.