

A parameterized test bed for carbon aware job scheduling

Ein parametrisierbares Testbed für kohlenstoffbewusste Jobplanung

Vincent Opitz

Arbeit zur Erlangung des Grades “Master of Science” der
Digital-Engineering-Fakultät der Universität Potsdam

A parameterized test bed for carbon aware job scheduling

Ein parametrisierbares Testbed für kohlenstoffbewusste Jobplanung

Vincent Opitz

Arbeit zur Erlangung des Grades “Master of Science” der
Digital-Engineering-Fakultät der Universität Potsdam

Unless otherwise indicated, this work is licensed under a Creative Commons license:

© ⓘ ⓘ Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International.

This does not apply to quoted content from other authors and works based on other permissions.

To view a copy of this license, visit

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.en>

A parameterized test bed for carbon aware job scheduling
(Ein parametrisierbares Testbed für kohlenstoffbewusste Jobplanung)

von Vincent Opitz

Arbeit zur Erlangung des Grades “Master of Science” der Digital-Engineering-Fakultät der
Universität Potsdam

Betreuer:in: Prof. Dr. rer. nat. habil. Andreas Polze
Universität Potsdam,
Digital Engineering-Fakultät,
Fachgebiet für Betriebssysteme und Middleware

Gutachter:in: Prof. Dr. Jack Alsohere
University of San Serife
Faculty of Computer Doings
Amelia van der Beenherelong
ACME Cooperation

Datum der Einreichung: 14. August 2024

Zusammenfassung

This thesis delves into optimizing job scheduling in a High-Performance Computing (HPC) environment with a focus on reducing CO₂ emissions. Given the time-dependent nature of CO₂ emissions, various strategies such as temporal shifting, frequency scaling, and node management have been explored in existing literature. Moreover, job scheduling may involve considerations like priorities, deadlines, and time constraints.

To address these complexities, this work introduces a novel parameterized model that allows integration of multiple scheduling approaches. This model serves as the foundation for developing a scheduler aimed at minimizing carbon emissions while upholding quality of service standards. Validation of the model is conducted using real-world academic data center scenarios.

Through simulation experiments with diverse parameters, our proposed scheduler demonstrates significant reductions in carbon emissions compared to conventional approaches. Specifically, it achieves a 10% reduction for round-robin-scheduled workloads and an impressive 20% reduction for backfill-scheduled workloads.

Contents

1	Introduction	3
2	Background	5
3	Related Work	7
4	Methodology	9
4.1	Leistungsmessungen	9
4.2	Annahmen	9
4.3	Datengrundlagen	10
4.4	Programmbeschreibung?	10
5	Results	11
6	Discussion	13
7	Future Work	15
	References	17

Zusammenfassung

This thesis delves into optimizing job scheduling in a High-Performance Computing (HPC) environment with a focus on reducing CO₂ emissions. Given the time-dependent nature of CO₂ emissions, various strategies such as temporal shifting, frequency scaling, and node management have been explored in existing literature. Moreover, job scheduling may involve considerations like priorities, deadlines, and time constraints.

To address these complexities, this work introduces a novel parameterized model that allows integration of multiple scheduling approaches. This model serves as the foundation for developing a scheduler aimed at minimizing carbon emissions while upholding quality of service standards. Validation of the model is conducted using real-world academic data center scenarios.

Through simulation experiments with diverse parameters, our proposed scheduler demonstrates significant reductions in carbon emissions compared to conventional approaches. Specifically, it achieves a 10% reduction for round-robin-scheduled workloads and an impressive 20% reduction for backfill-scheduled workloads.

1 Introduction

warum carbon aware scheduling? ? ? ? welche forschungsfragen

2 Background

hintergrund energie netz, stormproduktion welche arten davon gibt es welche benefits hat das? hintergrund signals nach denen entschieden wird (marinal / relative carbon) welche metriken gibt es POI-A, etc etc.

- energy is produced by different sources, leading to a different amount of carbon/unit of energy over time.
- Welche Methoden gibt es carbon einzusparen (vllt. auch in der related work) (temporal, spatial, ressource scaling)
- Begründen warum sich das lohnen kann (marinal / relative carbon), kein wasting von erneuerbaren energien (losses among saving energy into batteries / "curtailment" !!)
- welche metriken gibt es POI-A, etc etc.
- Jobs <-> dynamic energie verbrauch, wie wird sowas gemessen?

3 Related Work

- generell die literaturrecherche mal auswerten aus dem google docs, perhaps da auch ein paar statistics drauß machen. Wie sehr ist das Thema in der Literatur vertreten? lets wait a while going green for less greenslot The War of the Efficiencies: the Tension between Carbon and Energy Optimization

4 Methodology

- Bisherige Arbeiten hatten die Annahme, dass Jobs eine bestimmte Länge haben und eine konstante Leistung benötigen. - Das Stoppen und Resumieren von Jobs erzeugte keinen Overhead. - Wir wollen zeigen, dass diese Annahmen für ausgewählte Workloads nicht ausreichen, beispielsweise für ML Trainings, welche QUELLE Prozent der Task in einem Compute Center ausmachen. - Dazu messen wir die Leistungsaufnahme eines ML Trainings und untersuchen wie sich der Workload bzgl. stop-resume verhält.

4.1 Leistungsmessungen

- Warum ist das interessant
- Wie habe ich die Messungen ausgeführt (MCP beschreiben, sowie pinpoint als Schnittstelle)
- Experimentier-parameter (?), also wodurch versuche ich sicherzustellen, dass meine Messungen auch Sinn machen / reproduzierbar sind usw. usw.
- Wie habe ich das ausgewertet, schöne Graphs zeigen

Da wir nun eine Vorstellung haben, wie realistischere Jobs aussehen, könnten wir davon ein Modell ableiten: (Das sieht so aus wie meine .csv Schemas), jetzt könnten wir zeigen, wie sich die Leistungsaufnahme zw. dem Model-Job und dem realen Job unterscheidet. Hier kämen auch die ganzen Fehlerbetrachtungen rein (cross-validation / absoluter Fehler), auch zeigen, dass das mit stop resume funktioniert.

Modellbeschreibung, welches Modell verfolgen meine Workloads? Workloads haben Stages, Begründung via der Power Measurements an den Sample ML Workloads. Softwarearchitekturbeschreibung wie die Experiment ausführen / Format usw. usw.

4.2 Annahmen

- Joblängen sind bekannt
- Jobs können zeitlich verschoben werden (begründet daraus, dass sie als Batch Jobs submitted werden, andere Jobs werden hierbei nicht betrachtet)
- User geben dabei an, wie lange der Job verschoben werden darf
- Die Carbon Curve auf dem electrical Grid ist für kurze Zeiträume in der Zukunft bekannt

- Die Hardware ist zZ nicht begrenzt. Das war in der related work auch nicht so. Eigentlich wäre es spannend sich das anzuschauen, allerdings sind die bisherigen Scheduler halt darauf garnicht gemünzt, da werden alle Jobs unabh. voneinander gescheduled. Man könnte das via publicCloud argumentieren, allerdings wäre das questionable, in wie fern der scorelab trace benutzt werden kann (da das ja auf in einem lokalem datacenter läuft)
- TODO: Joblängen sollten dem Scheduler nicht bekannt sein. Die Workloads aus GAIA werden allerdings so gescheduled als ob man perfekte Knowledge hat. Das reicht zwar für ein upper bound an carbon savings, ist aber nicht sehr realistisch.
- Jobs haben auch einen dynamischen Energieverbrauch, der sich über die Zeit hin ändert. Diese Funktion ist nur von de Zeit abh. und wird vom Nutzer definiert.
- Jobs werden immer completen, Fehler / Nutzercancellations werden ausgeklammert.

4.3 Datengrundlagen

- Welche Traces gibt es, wodurch werden die characterisiert? (Länge, Anzahl, etc, etc) Vllt. kann man hier nen coolen vergleich erstellen, Auch könnte man ein paar Sätze darüber schreiben, wie die bisher in GAIA aufgenommen wurden.
- Wie den scorelab trace benutzen und übersetzen? Gerne auf ner halben Seite aufschlüsseln, was die einzelnen Attribute aus sacct bedeuten.
- Ansonsten kann man noch die dynamic ernergergy sachen als Datenquelle auflisten, bzw. das mini experiment mit fmnist und roberta

4.4 Programmbeschreibung?

- Architektur, die wird sich nicht besonders von dem bisherigem GAIA unterscheiden, cool wenn ich da noch ne web UI oder ähnliches hätte
- Man könnte noch zeigen, welche Auswertungen jetzt möglich sind

5 Results

das testbed mit verschiedenen parametern mal laufen lassen richtig viele Bilder basteln!!

6 Discussion

welche schlüsse können wir aus den ergebnissen ziehen?

7 Future Work

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass meine Arbeit zur Erlangung des Grades "Master of Science" der Digital-Engineering-Fakultät der Universität Potsdam mit dem Titel "A parameterized test bed for carbon aware job scheduling" ("Ein parametrisierbares Testbed für kohlenstoffbewusste Jobplanung") selbständig verfasst wurde und dass keine anderen Quellen und Hilfsmittel als die angegebenen benutzt wurden. Diese Aussage trifft auch für alle Implementierungen und Dokumentationen im Rahmen dieses Projektes zu.

Potsdam, den 14. August 2024

(Vincent Opitz)