REPUBLIC OF YEMEN

SANA'A UNIVERSITY

FACULTY OF COMPUTER AND IT

DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCE

الجمهورية اليمنية
جامعة صنعاء
كلية الحاسوب وتكنولوجيا المعلومات
قسم علوم الحاسوب

AN EFFICIENT RESOURCE ALLOCATION ALGORITHM IN FOG COMPUTING

A Thesis Submitted to the Computer Science Department in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master in Computer Science

By

Asma'a Hassan Salem Al-dowse

Under the supervision of

Prof. Ghaleb Al-gaphari

ABSTRACT

Allocating resources in data centers is a complex task due to their increase in size, complexity, and consumption of power. At the same time, consumers' requirements regarding execution time and cost have become more sophisticated and demanding.

These requirements often conflict with the objectives of fog providers. Set against this background, this thesis presents a model of resource allocation in fog computing environments that focuses on developing the allocation process in three phases: (i) negotiation between consumers and providers to select the data center, (ii) load balancing tasks inside data centers, and (iii) select virtual machines (VMs) to physical machines. The proposed model attempts to optimize each phase by applying fuzzy logic Technique and swarm optimization algorithms using African buffalo optimization (ABO) algorithm.

In more detail, fuzzy logic based on metaheuristic was therefore developed to improve the service broker process between consumers and providers.

The main insight of this algorithm is that service broker negotiation can be Fuzzification and the ABO can be parallelized to minimize negotiation time and to maximize system throughput, thus increasing the Interoperability. With respect to ABO VM allocation, it improved resource utilization by up to 14%.

Additionally, it reduced the power consumption compared to other algorithms. Profits are indirectly increased by improving utilization up.

PRESENTATION

In this thesis, a fog computing system architecture and optimization problem formulation have been proposed and developed in a computer simulation tool. The proposed architecture allows decrease energy consumption in smart grid and fog nodes while seeking to preserve the user QoS through interoperability.

The proposed problem formulation allows to optimize the system performance from a system resource broker perspective. Nevertheless, it is worth noting that it is ready to be configured to optimize the system from a computing provider perspective, if such a business model is considered. The proposed model was tested through computer simulation under different metaheuristic algorithms. The developed simulation tool significantly extended the existing iFogSim simulator, making it more flexible and able to support more complex modelling, with emphasis on resource allocation and load balancing. Service broker policies are used for efficient selection of DC mechanisms.

Fog computing has still more than one definition is the literature. It is consensual that is structured as a network of interconnected nodes with processing capabilities, using a wide range of communication technologies which stand between client endpoints (e.g., sensors, actuators, mobile user terminals) and the cloud. These nodes intend to offer their computing power at the service of delay sensitive client applications, in order to provide responses faster than the cloud. Fog computing has a generic nature associated with the fact that it does not rely on any specific designed and purposely-built technology.

Therefore, the proposed architecture, in contrast to most previously proposed ones, is generic regarding all nodes, communications and applications. Additionally, bearing in mind dynamic environments, the proposed architecture also assumes the presence of static micro grid and fog nodes. but can not support Migration of services between nodes at the same level, is not supported and can be explored in order to further enhance the QoS perceived by the users in dynamic environments in the future works. Provided that constraints (e.g., interoperability) are fulfilled, its up to the orchestrator, based on its predefined objectives, to optimize which node should host and execute each user service. This optimizer making and its impact onto the system performance were tested using several optimization algorithms including the ACO, HB, firefly, PSO and ABO algorithm.

As a preliminary step, a set of simulations using static scenario with different standard load balancing algorithm has been assessed with the influence of fuzzy policy and service broker mechanisms. The expected behavior of the simulator tool, the second phase of these scenario different metaheuristic algorithms was implemented to the proposed model. This also allowed a first comparison between the algorithms and identification of their limitations. In particular the African buffalo algorithm, as expected, has to consider a prohibitively large number of candidate solutions when increasing the problem size, which is characterized by the number of nodes, network links, application dependencies and modules. Also, the performances of both the HB and the PSO algorithms are also degraded by the increase of the request and minimal the VM. Then, the performance of more complex scenario with dynamic environment using standard load balancing algorithm has been assessed without the influence of interoperability.

On the one hand, it is shown that, in contrast to the purely metaheuristic algorithm, the ABO algorithm is able to be further enhanced by tuning its configuration parameters due to its gathered knowledge through Improve communication between the herd. It is also verified that the ABO optimizer execution time, while seeking for the optimal solution, is highly dependent on the problem search space. On the other hand, it was demonstrated that even though the problem is being optimized in a priority-based fashion, the usage of relative objective tolerances can be implemented in the interest of providing more flexibility to the system. Finally, the system performance is assessed in a simple and deterministic fuzzy environment. The latter has allowed to verify the achievable benefits of implementing Fuzzification-Defuzzification process of the VMs. These benefits concern both the perceived QoS by the users and the service broker provider objectives. Nonetheless, it was also verified that this fuzzy management mechanism has its limitations, which are most notorious when the VM sizes increase and in the presence of highly dynamic environments. In such environments, partition into independently managed fog colonies is a promising technique that should be explored in extensions of this work.

بيان الرسالة

في هذه الأطروحة، تم اقتراح وتطوير بنية نظام حوسبة الضباب وصياغة مشكلة التحسين في أداة محاكاة الكمبيوتر. تسمح البنية المقترحة بتقليل استهلاك الطاقة في الشبكة الكهربائية الذكية وعقد الضباب مع السعي إلى الحفاظ على جودة الخدمة للمستخدم من خلال قابلية التشغيل البيني او ما يعرف بـ (interoperability). تسمح صياغة المشكلة المقترحة بتحسين أداء النظام من منظور وسيط موارد النظام (system resource broker). ومع ذلك، تجدر الإشارة إلى أنه جاهز للتكوين لتحسين النظام من منظور مزود الحوسبة، إذا تم النظر في نموذج الأعمال هذا. تم اختبار النموذج المقترح من خلال المحاكاة الحاسوبية تحت خوارزميات استدلالية مختلفة. قامت أداة المحاكاة المطورة بتوسيع نطاق محاكي iFogSim الحالي بشكل كبير، مما يجعله أكثر مرونة وقدرة على دعم النمذجة الأكثر تعقيدا، مع التركيز على تخصيص الموارد (resource allocation) وموازنة الأحمال (load balancing). تستخدم سياسات وسيط الخدمة(service broker) للاختيار الفعال لآليات مراكز البيانات Datacenter.

لا تزال حوسبة الضباب تحتوي على أكثر من تعريف واحد في الأدب. وهي توافقية يتم تنظيمها كشبكة من العقد المترابطة مع قدرات المعالجة، باستخدام مجموعة واسعة من تقنيات الاتصال التي تقف بين نقاط نهاية العميل (على سبيل المثال، أجهزة الاستشعار، والمحركات، ومحطات المستخدم المتنقلة) والسحابة. وتعتزم هذه العقد تقديم قوتها الحاسوبية في خدمة تطبيقات العميل الحساسة للتأخير، من أجل توفير استجابات أسرع من السحابة. الحوسبة الضبابية لها طبيعة عامة مرتبطة بحقيقة أنها لا تعتمد على أي تقنية محددة مصممة ومبنية عن قصد.

ولذلك، فإن الهيكل المقترح، على النقيض من معظم المعماريات المقترحة سابقا، هو هيكل عام فيما يتعلق بجميع العقد والاتصالات والتطبيقات. بالإضافة إلى ذلك، مع الأخذ في الاعتبار البيئات الديناميكية، تفترض البنية المقترحة أيضا وجود شبكة صغيرة ثابتة وعقد ضباب. ولكن لا يمكن أن تدعم ترحيل الخدمات بين العقد على نفس المستوى، غير مدعوم ويمكن استكشافه من أجل زيادة تعزيز جودة الخدمة التي يدركها المستخدمون في البيئات الديناميكية في الأعمال المستقبلية. شريطة استيفاء القيود (مثل قابلية التشغيل البيني)، فإن الأمر متروك للمنسق، بناء على أهدافه المحددة مسبقا، لتحسين العقدة التي يجب أن تستضيف وتنفذ كل خدمة مستخدم. تم اختبار هذا المحسن وتأثيره على أداء النظام باستخدام العديد من خوارزميات التحسين بما في ذلك ACO وHB وfirefly وPSO وخوارزمية ABO.

كخطوة أولية، تم تقييم مجموعة من عمليات المحاكاة باستخدام سيناريو ثابت مع خوارزمية مختلفة لموازنة الحمل المعيارية مع تأثير السياسة الضبابية وآليات وسيط الخدمة. السلوك المتوقع لأداة المحاكاة، المرحلة الثانية من هذا السيناريو تم تطبيق خوارزميات metaheuristic مختلفة على النموذج المقترح. سمح هذا أيضًا بإجراء مقارنة أولى بين الخوارزميات وتحديد حدودها.

على وجه الخصوص، يجب على خوارزمية الجاموس الأفريقي (African Buffalo Optimization)، كما هو متوقع، أن تأخذ في الاعتبار عددًا كبيرًا من الحلول المرشحة عند زيادة حجم المشكلة، والتي تتميز بعدد العقد، وصلات الشبكة، تبعيات التطبيق والوحدات النمطية. أيضًا، يتم أيضًا تدهور أداء كل من خوارزميات HB وPSO بسبب زيادة الطلب والحد الأدنى من VM.

بعد ذلك، تم تقييم أداء سيناريو أكثر تعقيدًا مع بيئة ديناميكية باستخدام خوارزمية موازنة الحمل القياسية دون تأثير قابلية التشغيل البيني. من ناحية، يتضح أنه، على عكس الخوارزمية metaheuristic البحتة، يمكن تحسين خوارزمية ABO بشكل أكبر من خلال ضبط معلمات التكوين الخاصة بها بسبب المعرفة التي تم جمعها من خلال تحسين الاتصال بين القطيع. من المؤكد أيضًا أن وقت تنفيذ مُحسِّن ABO، أثناء البحث عن الحل الأمثل، الذي يعتمد بشكل كبير على مساحة البحث عن المشكلة.

من ناحية أخرى، تم إثبات أنه على الرغم من أن المشكلة يتم تحسينها بطريقة قائمة على الأولوية، يمكن تنفيذ استخدام التفاوتات الموضوعية النسبية من أجل توفير مرونة أكبر للنظام. أخيرًا، يتم تقييم أداء النظام في بيئة ضبابية بسيطة وحتمية. وقد سمح هذا الأخير بالتحقق من الفوائد التي يمكن تحقيقها من تنفيذ عملية Fuzzification - Defuzzification لأجهزة VMs. تتعلق هذه الفوائد بكل من جودة الخدمة (QoS) المتوقعة من قبل المستخدمين وأهداف مزود وسيط الخدمة (Service Broker). ومع ذلك، فقد تم التحقق أيضًا من أن آلية الإدارة الغامضة (fuzzy management mechanism) هذه لها حدودها(limitations)، والتي تشتهر أكثر عندما تزداد أحجام الأجهزة الظاهرية وفي وجود بيئات ديناميكية للغاية. في مثل هذه البيئات، يعد التقسيم إلى مستعمرات ضباب مُدارة بشكل مستقل أسلوبًا واعدًا يجب استكشافه في امتدادات هذا العمل.

الملخص

كانت الحوسبة السحابية بمختلف أشكالها وتسمياتها إحدى الدعائم الأساسية في عالم التكنولوجيا في العقد الماضي، وذلك لتطبيقاتها الواسعة وقدرتها على حفظ واستعادة البيانات إن كانت للشركات أو الأفراد، ولكن التقييد في السرعات والأحجام، والبدء بتقنية إنترنت الأشياء زاد الأمر صعوبةً في الاعتماد على السحابة نظرًا للبطء الشديد في معالجة البيانات. مما جعل الناس تتوجه إلى تقنيةٍ جديدةٍ في التخزين ومعالجة هذا السيّل من البيانات، أطلق عليها الحوسبة الضبابية.

يُقصَدُ بالحوسَبَةِ الضّبابيّةِ (fog computing)ألّنموذجُ الهيكلي المُمَدِدُ للحوسَبَةِ السّحابيّةِ بحيث تقوم الأجهزةُ الطّرفيّةُ (أي المتواجدة على أطراف السّحابةِ) بعمليّاتِ المعالجةِ وحفظ البياناتِ وأغلب العمليّاتِ ألّتي تقوم بها السّحابة . من هذه الأجهزة الطّرفيّة مُشّغلات الفيديو والحواسيب الشّخصيّة والأجهزة الذّكيّة وغيرها .بهذه الطّريقة نستطيع الانتفاعَ من مواردِ الأجهزةِ الخاملةِ أو شبهِ الخاملةِ القريبةِ عوضاً عن التّواصل مع المُخّدِماتِ الرّئيسيّةِ المتواجدةِ في السّحابةِ البعيدةِ.

على الرغم من الفوائد التي تقدمها حوسبة الضباب مثل الكمون المنخفض، وعدم التجانس، قابلية التوسع والتنقل. للأسف، لا يزال هذا النموذج يعاني من بعض العيوب. إحدى هذه العيوب هو النقص في أداء وسيط الخدمة أو ما يطلق عليه (Service Broker)، مما يساعد المستخدمين على اختيار أفضل مزود خدمة الضباب (FSP)، توفر المنصة القائمة على الحوسبة الضبابية اتصالًا ثنائي الاتجاه مع المستخدمين. عندما يرسل المستخدمون ملفات طلباتهم أو مطالبهم بالضباب. هناك حاجة لتقليل عبء الطلبات القادمة من جانب المستهلك واستخدام الموارد بطريقة فعالة على الضباب دون إضاعة الوقت من أي وقت الموارد. القليل من الأبحاث التي تهدف إلى تعزيز وسيط الخدمة في الحوسبة وكيف يمكنها تحسين جودة الخدمة والتكلفة واستهلاك الطاقة وما إلى ذلك.

في هذه الأطروحة، تم اقتراح بنية (MODEL) نظام حوسبة الضباب وصياغة مشكلة التحسين وتطويرها في أداة محاكاة الكمبيوتر. تسمح البنية المقترحة بتقليل استهلاك الطاقة في الشبكة الذكية وعقد الضباب أثناء السعي للحفاظ على جودة الخدمة للمستخدم من خلال إمكانية التشغيل البيني (Interoperability) واقتراح سياسة وسيط خدمة جديدة باستخدام تقنية المنطق الضبابي (Fuzzy logic) لتحسين أداء الضباب، وللحصول على أداء فعال لوقت استجابة الضباب. لموازنة الحمل، هناك عتبة معينة سيتم ربط المهام بها إلى VM لزيادة الإنتاجية وتقليل وقت استجابة الضباب. لأن وسيط الخدمة هو NP-hard، العديد من الأبحاث تستخدم تقنيات الذكاء الحسابي لتحسينها. أضافة هذه الاطروحة العديد من خوارزميات السرب او ما يعرف خوارزميات (Metaheuristic) لدراسة مدى فاعلية النموذج المقترح في زيادة تحسين أداء موازنة الحمل (Load Balancing) في حوسبة الضباب، وتم اقتراح خوارزمية الجاموس الافريقي او ما يعرف (African Buffalo optimization) ، في هذا النموذج، وقد وجد ان خوارزمية الجاموس تحقق سرعة وزمن استجابة اقل مقارنة ببقية خوارزميات ذكاء السرب المستخدمة، خصوصا مع تقنية المنطق الضبابي او ما يعرف الـ (Fuzzy logic)، وهو ما يضمن لنا فاعلية النموذج المقترح في تحسين استهلاك الطاقة والحفاظ على جودة الخدمة للمستخدم من خلال تحسين إمكانية التشغيل البيني او ما يعرف بـ (Interoperability).

REPUBLIC OF YEMEN
SANA'A UNIVERSITY
FACULTY OF COMPUTER AND IT
DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCE

الجمهورية اليمنية
جامعة صنعاء
كلية الحاسوب وتكنولوجيا المعلومات
قسم علوم الحاسوب

رسالة ماجستير بعنوان:

خوارزمية كفؤة لتخصيص الموارد في الأنظمة الضبابية

مقدمة إلى:

قسم علوم الحاسوب

كلية الحاسوب وتكنولوجيا المعلومات، جامعة صنعاء

كمتطلب لنيل درجة الماجستير في

علوم الحاسوب

عمل الباحثة:

أسماء حسن سالم الدوسي

اشراف:

أ.د. غالب الجعفري

2022 - 1444