

NGHIÊN CỨU CÁC CHÍNH SÁCH PHÂN BỐ MÁY ẢO TRÊN TEACHCLOUD

Nguyễn Hoàng Hà

Khoa Công nghệ thông tin, Trường Đại học khoa học, Đại học Huế

Email: nhha@husc.edu.vn

Ngày nhận bài: 01/4/2022; ngày hoàn thành phản biện: 8/4/2022; ngày duyệt đăng: 22/6/2022

TÓM TẮT

Điện toán đám mây (ĐTĐM) ra đời xuất phát từ nhu cầu chi phí thấp của con người. Người dùng thuê dịch vụ trên ĐTĐM và trả tiền giống như chúng ta sử dụng dịch vụ điện nước, cứ dùng bao nhiêu trả tiền bấy nhiêu. Để xây dựng một hệ thống đám mây cần một chi phí rất lớn, vì vậy trong nghiên cứu các nhà khoa học thường sử dụng các công cụ mô phỏng để thể hiện các kết quả nghiên cứu của mình. Trên môi trường ĐTĐM có 2 chính sách quan trọng đó là chính sách lập lịch công việc và chính sách phân bổ máy ảo tại các trung tâm dữ liệu. Bài báo này nghiên cứu công cụ mô phỏng TeachCloud, sau đó nghiên cứu các chính sách phân bổ máy ảo nhằm tìm ra chính sách phân bổ tối ưu thời gian thực hiện và tiết kiệm năng lượng tiêu thụ trên các trung tâm dữ liệu.

Từ khóa: Cloud computing, Data centers, Cloud simulation tools, TeachCloud.

1. MỞ ĐẦU

ĐTĐM ra đời xuất phát từ nhu cầu tính toán và yêu cầu dịch vụ với chi phí thấp của người sử dụng. Thực tế, ngày càng có nhiều bài toán phức tạp hơn được đặt ra và do đó các cá nhân, tổ chức nghiên cứu và triển khai cũng cần phải có những năng lực tính toán mạnh mẽ hơn. Hiện nay có 2 cách giải quyết vấn đề này:

Thứ nhất: Nâng cấp cơ sở hạ tầng để tính toán như mua thêm máy chủ, máy trạm, siêu máy tính, cluster... Đây là cách thực hiện tốn kém và gây lãng phí tài nguyên của cá nhân, tổ chức.

Thứ hai: Thuê thêm các nguồn tài nguyên sẵn có từ bên ngoài. Đây chính là mục tiêu của ĐTĐM. Trong những năm gần đây, ĐTĐM nhanh chóng nổi lên như một xu hướng công nghệ thu hút mọi nhà cung cấp dịch vụ lớn như Google, IBM, Microsoft. Công nghệ và kiến trúc dịch vụ ĐTĐM cho phép khách hàng không sở hữu tài nguyên vật lý trong các đám mây mà chỉ trả tiền trên nhu cầu sử dụng. Dịch vụ ĐTĐM có thể

lưu trữ dữ liệu cho đến các ứng dụng của người dùng cuối, cùng với các dịch vụ điện toán tập trung khác.

Ưu điểm chính của ĐTĐM là có thể giảm chi phí phần cứng, tăng khả năng tính toán và khả năng lưu trữ, người dùng có thể truy cập dịch vụ chất lượng cao với mức chi phí thấp mà không cần quan tâm đến bản quyền và việc phải nâng cấp phần mềm.

Để xây dựng một hệ thống đám mây chúng ta cần một cơ sở hạ tầng lớn tại các trung tâm dữ liệu bao gồm các máy chủ và các thiết bị phần cứng khác; trên mỗi máy chủ có các phần mềm để ảo hóa phần cứng và phần mềm, mỗi máy chủ có thể khởi tạo ra nhiều máy ảo, mỗi máy ảo cần cài đặt các dịch vụ cho người dùng. Đối với người dùng cần xác định yêu cầu QoS (Quality of Service) cũng như mục tiêu cụ thể. Vì vậy, để tạo ra một hệ thống đám mây cần chi phí lớn.

Mặc khác, khi nghiên cứu về ĐTĐM chúng ta cần yêu cầu các thành phần, cấu hình và mô hình triển khai khác nhau. Vì vậy, chúng ta gặp rất nhiều khó khăn về chi phí khi thực nghiệm trong môi trường có thể lặp lại, đáng tin cậy và khả năng mở rộng bằng cách sử dụng đám mây thực [1]. Để khắc phục các nhược điểm trên, sử dụng công cụ mô phỏng trên ĐTĐM là một giải pháp thay thế hiệu quả. Công cụ mô phỏng có thể kiểm tra các thành phần trên ĐTĐM nhằm mục đích giảm độ phức tạp và đánh giá hiệu năng của hệ thống theo nhiều kịch bản khác nhau.

Hiện nay, các nhà nghiên cứu đã xây dựng nhiều công cụ mô phỏng ĐTĐM như: DCSim, GroundSim, CloudSim..., mỗi công cụ đều có ưu và nhược điểm riêng. Rahul Malhotra [2] và Kalpana Ettikyala[3] đã tiến hành nghiên cứu và so sánh các công cụ mô phỏng trên ĐTĐM. Kết quả nghiên cứu của Rahul Malhotra và Kalpana Ettikyala đã chỉ ra công cụ mô phỏng CloudSim [6] là công cụ tổng quát nhất, giúp các nhà nghiên cứu tự xây dựng mô phỏng một đám mây hoàn chỉnh. Tuy nhiên, CloudSim cung cấp thư viện viết bằng ngôn ngữ Java, người dùng phải lập trình để tạo ra một đám mây. Từ năm 2013 đến 2019, Yaser Jararweh[4] đã kế thừa và phát triển CloudSim thành TeachCloud với giao diện đồ họa dễ dùng, trực quan giúp người dùng tạo ra một đám mây theo nhiều kịch bản khác nhau.

Hiện nay, số lượng người dùng dịch vụ trên ĐTĐM tăng vượt bậc, dẫn đến tiêu thụ năng lượng trong xử lý, lưu trữ và truyền thông dữ liệu lớn. Việc tiêu thụ năng lượng lớn dẫn đến ô nhiễm môi trường vì lượng lớn carbon thải ra từ các trung tâm dữ liệu. Để giảm lượng tiêu thụ năng lượng chúng ta cần có giải pháp tối ưu phần cứng và phần mềm [5].

Tối ưu phần cứng nhằm giảm năng lượng tiêu thụ bằng cách sử dụng phần cứng linh hoạt thay đổi khả năng tính toán của máy chủ thông qua việc kiểm soát tần số và điện áp trong máy chủ. Tuy nhiên, cách này tốn kém và khả năng mở rộng kém vì các yêu cầu phần cứng đặc biệt [5].

Để tối ưu phần mềm chúng ta cần dùng các thuật toán tối ưu để giảm thiểu lượng tiêu thụ trên các máy chủ và bộ nhớ sử dụng, cụ thể chúng ta dùng các thuật toán tối ưu để sử dụng ít nhất bộ nhớ và số máy ảo trên các máy chủ [5].

Trên ĐTĐM, các thuật toán tối ưu tập trung 2 nhóm công việc: tối ưu trong lập lịch các yêu cầu của người dùng và tối ưu trong cách phân bổ các máy ảo để cung cấp cho người dùng. Bài báo này tập trung nghiên cứu các chính sách phân bổ máy ảo cho người dùng nhằm tiết kiệm năng lượng tiêu thụ trên các trung tâm dữ liệu.

Để phục vụ cho việc nghiên cứu, bài báo này chỉ tập trung nghiên cứu công cụ mô phỏng TeachCloud để mô phỏng lại tất cả các quá trình để tạo ra một đám mây. Sau đó nghiên cứu các chính sách phân bổ máy ảo: IQR, MAD và THRRS nhằm tìm ra chính sách nào tối ưu thời gian thực hiện và tiết kiệm năng lượng cho các trung tâm dữ liệu.

2. TEACHCLOUD

2.1 Giới thiệu

ĐTĐM là một mô hình điện toán, mô hình này đã và đang phát triển rất nhanh chóng và nhận được sự quan tâm lớn từ cả ngành công nghiệp và giới học thuật. Do đó, các trường đại học đang tích cực tích hợp ĐTĐM vào chương trình giảng dạy Công nghệ thông tin của mình. Một thách thức lớn cho các giảng viên và các nhà nghiên cứu là phải đối mặt là thiếu cơ sở hạ tầng để nghiên cứu và giảng dạy. Để khắc phục các nhược điểm này, Jaraweh [4] đã kế thừa CloudSim để xây dựng lên công cụ mô phỏng Teach Cloud.

TeachCloud có thể được sử dụng để thử nghiệm với các thành phần đám mây khác nhau như: phần tử xử lý, trung tâm dữ liệu, lưu trữ, mạng, ràng buộc thỏa thuận mức dịch vụ (SLA), ứng dụng dựa trên web, kiến trúc hướng dịch vụ (SOA), ảo hóa, quản lý và tự động hóa, và quản lý quy trình kinh doanh (BPM).

TeachCloud sử dụng CloudSim làm nền tảng thiết kế cơ bản và mở rộng thêm các tiện ích. Những cải tiến và tiện ích mở rộng này bao gồm:

- Phát triển GUI cho bộ công cụ.
- Thêm chức năng tạo khối lượng công việc vào trình mô phỏng CloudSim.
- Tích hợp khung MapReduce vào CloudSim để xử lý dữ liệu song song.
- Thêm các mô-đun mới liên quan đến SLA.
- Thêm các mô hình mạng như VL2, BCube, Portland và DCell
- Thêm mô-đun hành động cho phép chúng ta cấu hình lại hệ thống và quan sát sự tác động qua lại giữa các thành phần trong hệ thống.

2.2 Lược đồ lớp

Lược đồ lớp của TeachCloud được thể hiện ở Hình 1, lược đồ lớp này sử dụng lại lược đồ lớp của CloudSim [6], sau đó bổ sung thêm các lớp Map, Reduce, Master và chính sách lập lịch Mapreduce nhằm xử lý song song cho các yêu cầu của người dùng. Dựa vào lược đồ lớp này chúng ta có thể lập trình để tạo ra một đám mây, thuật toán để tạo ra 1 đám mây bao gồm các bước:

Bước 1: Khởi tạo thư viện CloudSim;

Bước 2: Tạo Datacenter, DatacenterCharacteristics và chính sách phân bổ máy ảo;

Bước 3: Tạo DataBroker;

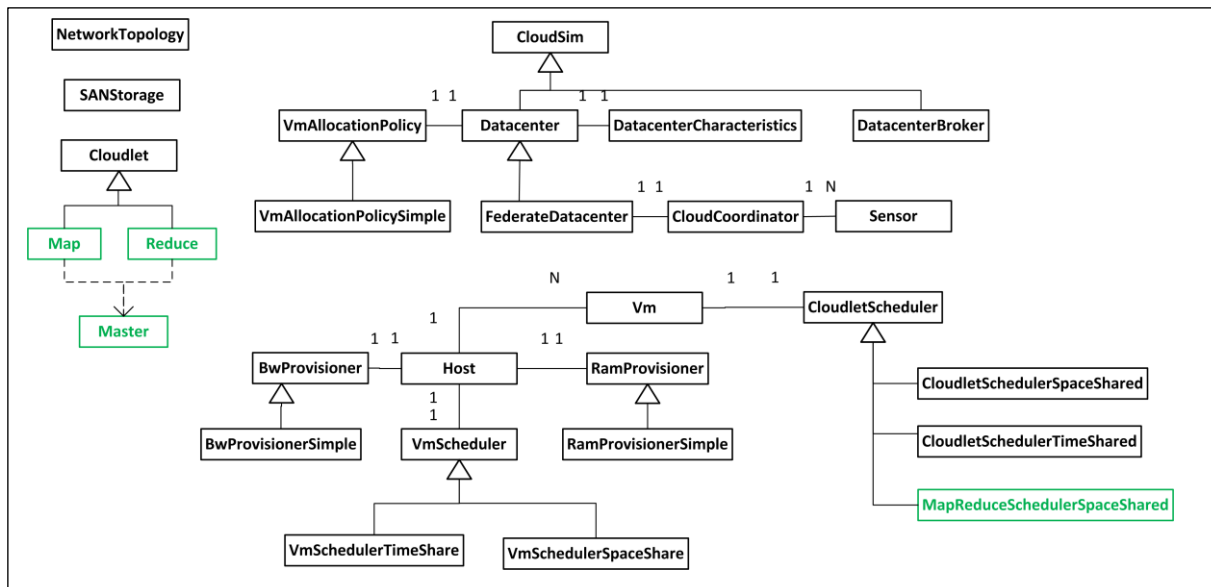
Bước 4: Tạo Host, máy ảo (VM);

Bước 5: Gửi danh sách VM cho Broker;

Bước 6: Tạo tác vụ (Cloudlet) cho người dùng;

Bước 7: Gửi danh sách Cloudlet cho Broker

Bước 8: Khởi động quá trình mô phỏng và tạo ra một đám mây



Hình 1. Lược đồ lớp của TeachCloud

2.3 Mô hình làm việc

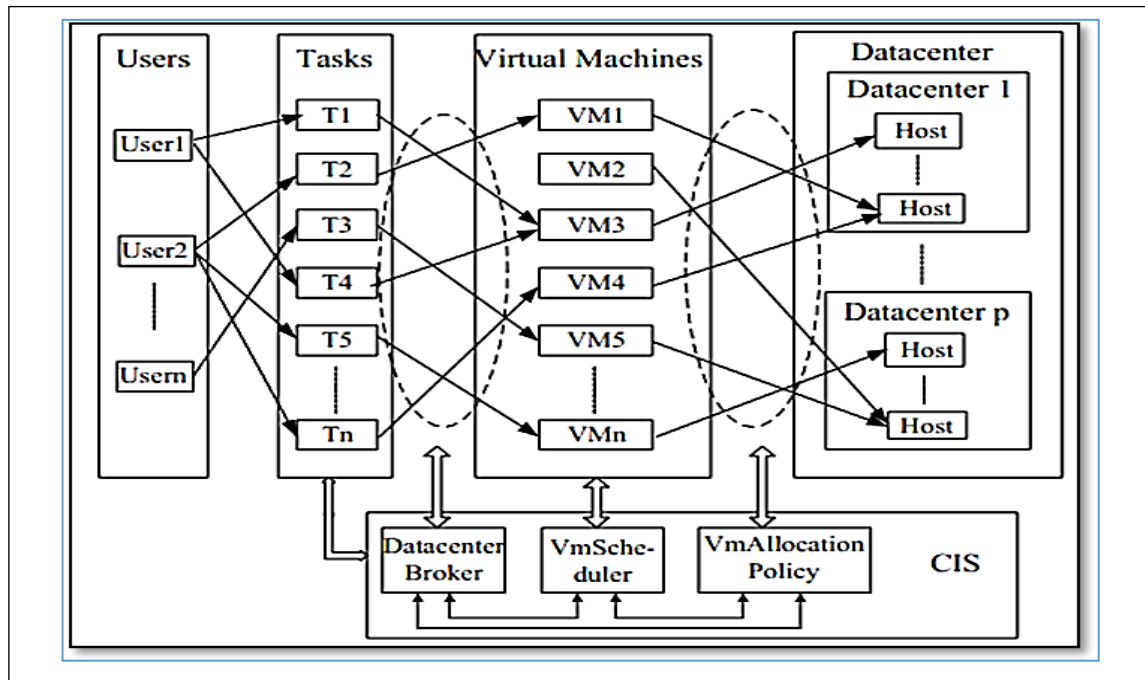
TeachCloud được mở rộng từ CloudSim, CloudSim đưa ra ba thành phần cơ bản Hosts, Virtual Machines, và Applications nhằm mô phỏng ba mô hình IaaS (Infrastructure as a Service), PaaS (Platform as a Service), và SaaS (Software as a Service) của ĐTĐM. CloudSim có thể hỗ trợ để tạo ra cơ sở hạ tầng ĐTĐM với quy mô lớn với

những mô hình triển khai khác nhau. Nó cung cấp mô hình của trung tâm dữ liệu, môi trường dịch vụ, lập lịch và các chính sách phân bổ tài nguyên.

Hình 2 chỉ ra mô hình làm việc của TeachCloud với n người dùng cung cấp các tác vụ (task) độc lập, các tác vụ này thông qua bộ môi giới của trung tâm dữ liệu (DataCenter Broker) và chính sách phân bổ máy ảo (VmAllocation Policy) để ánh xạ vào một trong các máy ảo (Virtual machine) tương ứng. Bài báo này tập trung nghiên cứu các chính sách phân bổ máy ảo nhằm tối ưu thời gian thực hiện và tiết kiệm năng lượng tiêu thụ cho các trung tâm dữ liệu.

3. CÁC CHÍNH SÁCH PHÂN BỐ MÁY ẢO TRÊN TEACHCLOUD

Một trong các thách thức để phân bổ máy ảo tại các trung tâm dữ liệu là làm sao ánh xạ các yêu cầu máy ảo từ phía người dùng vào máy chủ sao cho chi phí thấp nhất, khả năng tiêu thụ năng lượng thấp nhất mà không ảnh hưởng đến hiệu năng của hệ thống.



Hình 2. Mô hình làm việc của CloudSim

TeachCloud [4][6][7] đã đưa ra 3 chính sách phân bổ máy ảo: MAD, THRRS và IQR, các chính sách này sử dụng ngưỡng thích nghi nhằm mục đích ước tính khả năng sử dụng của CPU và xác định được các máy chủ quá tải.

3.1 MAD và IQR

Dựa trên ngưỡng sử dụng của máy chủ, chính sách này sẽ ra quyết định chuyển máy ảo sang máy chủ khác hay không. MAD sử dụng ngưỡng trên (Q2) và ngưỡng dưới (Q1) về khả năng sử dụng CPU và giữ cho các máy ảo sử dụng toàn bộ CPU giữa các ngưỡng này. Nếu các máy ảo sử dụng CPU nằm ngoài ngưỡng, các máy ảo này sẽ được di chuyển để tắt máy chủ nhằm tiết kiệm năng lượng và thỏa mãn yêu cầu của người dùng.

Tuy nhiên, do thực tế là các giá trị ngưỡng cố định không phù hợp với môi trường có khối lượng công việc động và không thể đoán trước. Vì vậy, cần có các kỹ thuật khác có thể tự động điều chỉnh ngưỡng sử dụng của máy chủ, các ngưỡng này có thể dựa trên phân tích thống kê của dữ liệu lịch sử được thu thập trong thời gian tồn tại của các máy ảo. IQR khắc phục các nhược điểm này bằng cách tính trung bình các ngưỡng trên (Q3) và trung bình các ngưỡng dưới (Q1), sau đó tính ngưỡng $IQR=Q3-Q2$ [7].

3.2 THRRS

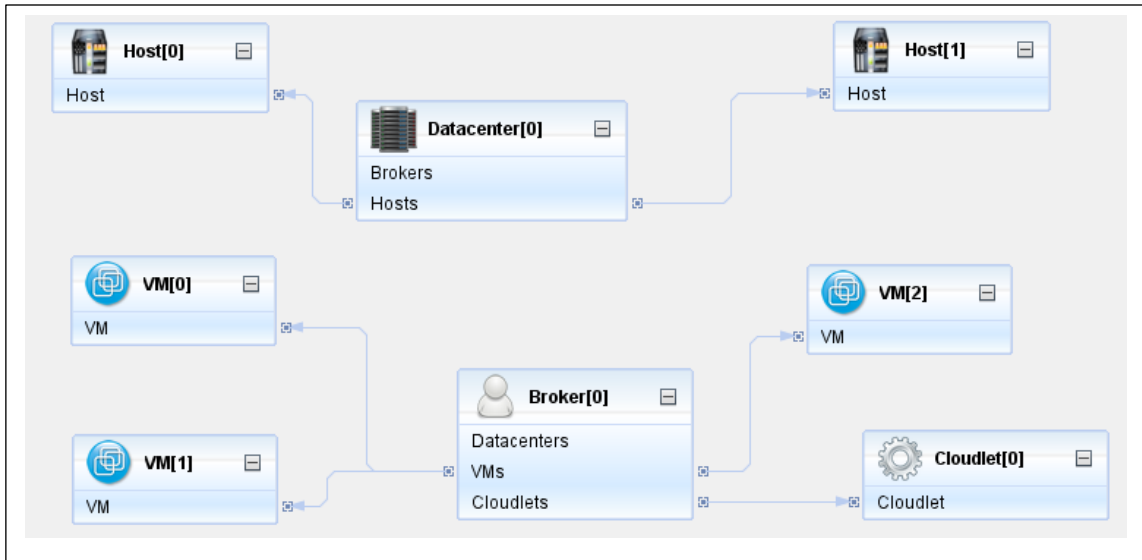
Chính sách này phân bổ máy ảo sử dụng ngưỡng tĩnh kết hợp với chính sách lựa chọn máy ảo ngẫu nhiên. THRRS được xây dựng để giám sát việc sử dụng CPU của một máy chủ, nếu việc sử dụng giảm dưới ngưỡng tối thiểu hoặc tăng trên ngưỡng tối đa thì máy ảo sẽ được gán lại cho máy chủ khác. Các máy chủ trước đó sẽ được đặt sang chế độ ngủ hoặc chế độ năng lượng thấp để tiết kiệm năng lượng [7].

4. MÔ PHỎNG VÀ PHÂN TÍCH

Phần này sử dụng TeachCloud để xây dựng một đám mây nhằm cung cấp các dịch vụ cho người dùng. Sau đó, chọn các chính sách phân bổ máy ảo khác nhau để so sánh và phân tích thời gian thực hiện và năng lượng tiêu thụ của từng chính sách.

4.1. Mô hình mô phỏng

Mô hình mô phỏng của đám mây được thể hiện ở Hình 3.



Hình 3. Mô hình mô phỏng trên TeachCloud

Đám mây được mô phỏng trên TeachCloud với các cấu hình sau:

- Cấu hình trung tâm dữ liệu được thể hiện ở Bảng 1.

Bảng 1. Cấu hình trung tâm dữ liệu

arch	OS	Vmm	Cost	CostPerMem	CostPerStorage
x86	linux	Xen	3.0	0.05	0.001

- Trung tâm dữ liệu bao gồm 2 cụm máy chủ, mỗi cụm máy chủ có các cấu hình khác nhau. Cấu hình cụm máy chủ 1 và 2 được thể hiện ở Bảng 2 và Bảng 3.

Bảng 2. Cấu hình máy chủ cụm 1

Số host	RAM	storage	bw
30	4Gb (4096)	1.000.0000	100.000

Bảng 3. Cấu hình máy chủ cụm 2

Số host	RAM	storage	bw
20	8Gb (8192)	10.000.000	50.000

- Trung tâm dữ liệu bao gồm 2 cụm máy ảo, mỗi cụm máy ảo có các cấu hình khác nhau. Cấu hình cụm máy ảo 1 và 2 được thể hiện ở Bảng 4 và Bảng 5.

Bảng 4. Cấu hình máy ảo cụm 1

Số VM	Size	Ram	Bw	PesNumber	mips	Task Scheduler
30	2.500	1024	10.000	1	2.000	Dynamic Workload

Bảng 5. Cấu hình máy ảo cụm 1

Số VM	Size	Ram	Bw	PesNumber	mips	Task Scheduler
10	5.000	2.048	50.000	1	1.000	Dynamic Workload

- Cấu hình Cloudlet được thể hiện như Bảng 6.

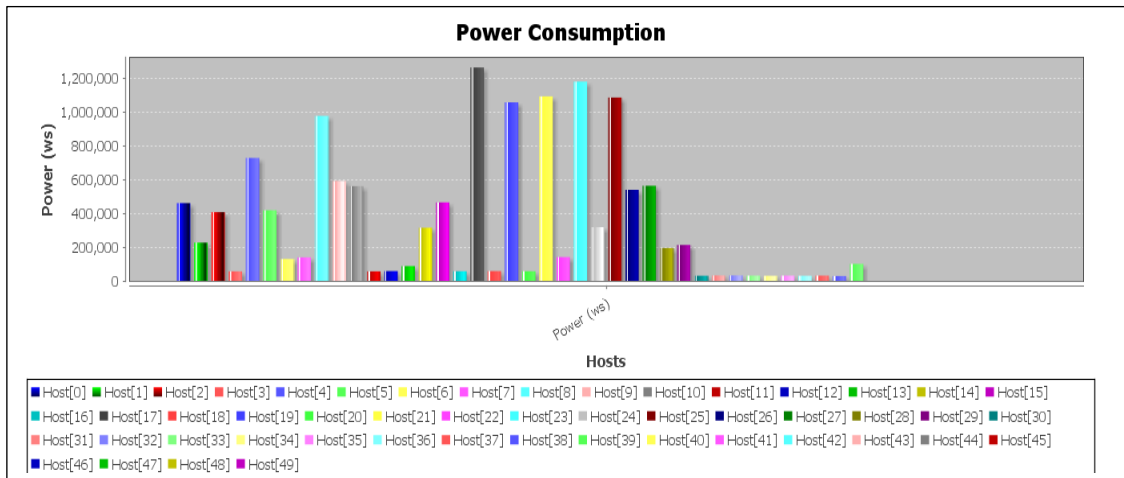
Bảng 6. Cấu hình máy ảo cụm 1

Số Cloudlet	length	filesize	outputsize	memory
40	5.000	2.048	50.000	1.024

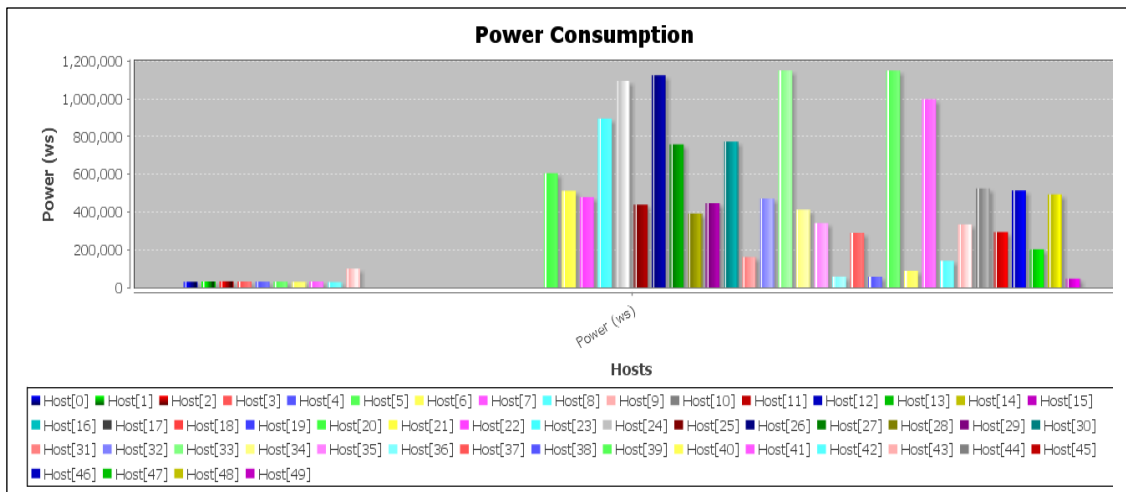
Các cấu khác của trung tâm dữ liệu, máy chủ, máy ảo, Cloudlet, ... được lấy ngầm định như trong TeachCloud.

4.2 Thay đổi chính sách phân bổ máy ảo

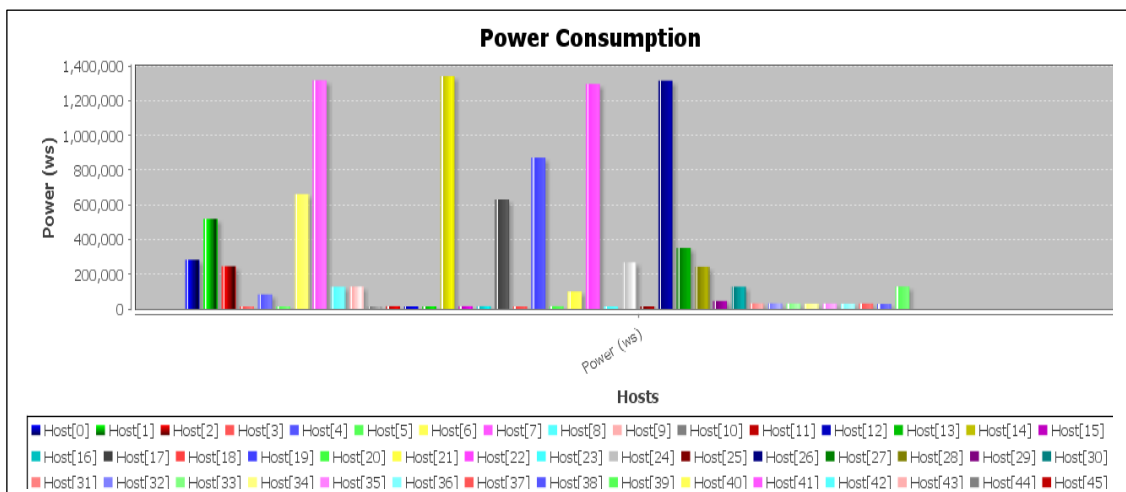
Dựa trên mô hình mô phỏng như Hình 3 và thuật toán tạo ra một đám mây ở Phần 2.2, chúng tôi tiến hành mô phỏng để tạo ra một đám mây như cấu hình ở Phần 4.1. Trong quá trình mô phỏng, lần lượt thay đổi chính sách phân bổ máy ảo và sử dụng tiện ích trên TeachCloud để đo năng tiêu thụ cho từng chính sách. Hình 4,5,6 trình bày kết quả tiêu thụ năng của từng máy chủ khi sử dụng chính sách phân bổ máy ảo: MAD, IQR và THRRS



Hình 4. Năng lượng tiêu thụ của các host khi sử dụng chính sách MAD



Hình 5. Năng lượng tiêu thụ của các host khi sử dụng chính sách IQR



Hình 6. Năng lượng tiêu thụ của các host khi sử dụng chính sách THRRS

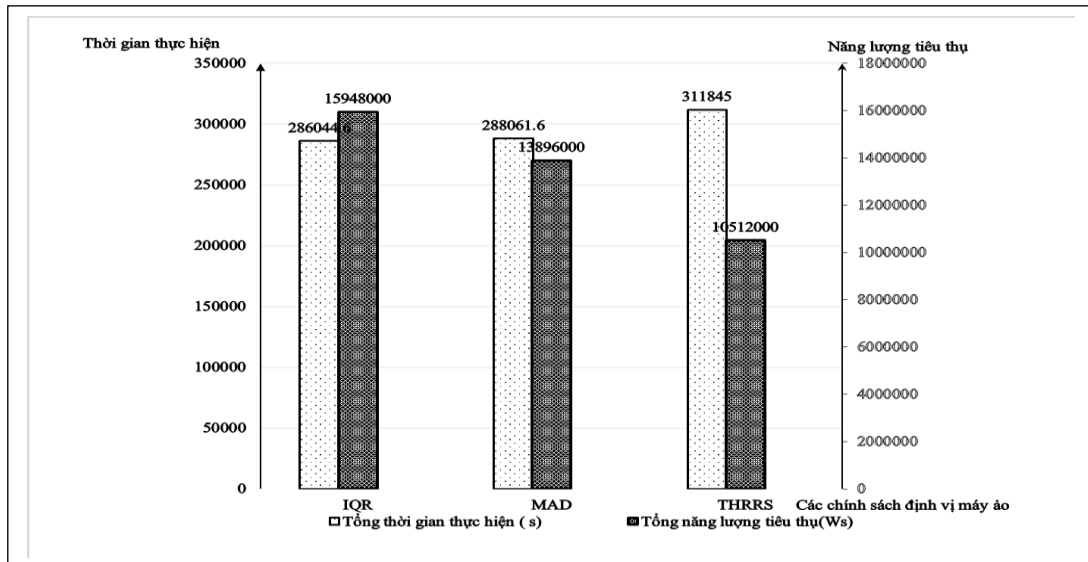
Sau khi tính toán năng lượng tiêu thụ cung từng máy chủ trên trung tâm dữ liệu, chúng tôi tiến hành tính thời gian thực hiện các yêu cầu của người dùng khi thay đổi các chính sách phân bổ máy ảo. Kết quả thời gian thực hiện được thể hiện ở Bảng 7 và Hình 7.

Bảng 7. So sánh thời gian thực hiện của các Cloudlet

Cloudlet ID	Thời gian hoàn thành (s)		
	IQR	MAD	THRRS
0	5127.78	5700.1	5700.1
1	6463.94	5700.1	6627.78
2	5400.1	5400.1	6300.1
3	5563.94	5700.1	6600.1

4	5100.1	4800.1	5863.94
5	5863.94	6000.1	6327.78
6	5400.1	5727.78	6300.1
7	5100.1	4963.94	5700.1
8	5700.1	6600.1	6763.94
9	5563.94	6000.1	6763.94
10	5563.94	6000.1	5563.94
11	5863.94	6000.1	6163.94
12	6000.1	6000.1	6463.94
13	5563.94	5400.1	6027.78
14	5400.1	5700.1	6900.1
15	4963.94	5100.1	5563.94
16	6000.1	6000.1	6463.94
17	5400.1	4663.94	5563.94
18	6600.1	5863.94	6300.1
19	5400.1	5263.94	6000.1
20	5700.1	5700.1	6600.1
21	5263.94	4800.1	5563.94
22	5100.1	4963.94	5400.1
23	5563.94	4800.1	6463.94
24	5263.94	4827.78	5100.1
25	6163.94	6600.1	6763.94
26	4800.1	4500.1	4963.94
27	6163.94	5863.94	6163.94
28	5263.94	5563.94	5700.1
29	4963.94	5400.1	5563.94
30	13500.1	13500.1	13200.1
31	10800.1	10800.1	13200.1
32	13527.78	11100.1	12600.1

33	12300.1	12900.1	12600.1
34	10200.1	11100.1	12600.1
35	11400.1	11427.78	13500.1
36	12300.1	12900.1	12600.1
37	11400.1	12327.78	12900.1
38	13800.1	13200.1	13200.1
39	10527.78	13200.1	13200.1
Tổng thời gian thực hiện (s)	286.044,6	288.061.6	311.845
Tổng năng lượng tiêu thụ(Ws)	15.948.000	13.896.000	10.512.000



Hình 7. Biểu đồ so sánh thời gian thực hiện và năng lượng tiêu thụ giữa các chính sách phân bổ máy ảo

Thông qua kết quả mô phỏng như Hình 7, chính sách phân bổ THRRS tiết kiệm năng lượng tiêu thụ nhất, nhưng thời gian hoàn thành các yêu cầu lớn vì thời gian thực hiện các yêu cầu tính cả thời gian di chuyển các máy ảo sang máy chủ khác khi máy ảo sử dụng tài nguyên vượt ngưỡng. Vì vậy, chính sách này càng tiết kiệm năng lượng thì thời gian hoàn thành công việc càng lớn.

Trong khi đó, chính sách phân bổ MAD khả năng di chuyển các máy ảo ít nên cân bằng được cả thời gian thực hiện lẫn khả năng tiêu thụ năng lượng tại các trung tâm dữ liệu. Chính sách IQR mặc dù tính lại các ngưỡng tính nhưng theo kết quả như Hình 7 thì khả năng tiêu thụ năng lượng vẫn cao nhưng thời gian thực hiện các yêu cầu lại thấp hơn 2 chính sách MAD và THRRS. Vì vậy, tùy theo yêu cầu chất lượng dịch

vụ của người dùng và chính sách tiết kiệm năng lượng của người quản lý ta chọn chính sách phân bổ phù hợp.

4. KẾT LUẬN

Bài báo này tập trung vào nghiên cứu công cụ mô phỏng TeachCloud, xây dựng mô hình và thuật toán để tạo ra một đám mây. Dựa trên đám mây được xây dựng, bài báo tiến hành thay đổi chính sách phân bổ máy ảo nhằm tìm ra chính sách tối ưu thời gian thực hiện và tiết kiệm năng lượng cho các trung tâm dữ liệu. Thông qua việc phân tích, đánh giá kết quả mô phỏng cho thấy chính sách MAD là chính sách tối ưu nhất vừa đáp ứng được yêu cầu chi phí thấp của người dùng vừa tiết kiệm được năng lượng tiêu thụ tại các trung tâm dữ liệu. Hướng nghiên cứu tiếp theo của bài báo là cải tiến các chính sách phân bổ MAD, IQR và THRRS để tìm ra các ngưỡng động khi tài nguyên trên đám mây thay đổi liên tục.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. X. Bai, M. Li, B. Chen, Tsai, and Gao. Cloud testing tools. In Proceedings of the 6th IEEE International Symposium on Service Oriented System Engineering, pages 1-12. IEEE, 2011
- [2]. R. Malhotra and P. Jain. Study and comparison of various cloud simulators available in the cloud computing. International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, 3(9):347 - 350, 2013.
- [3]. Kalpana Ettikyal, Y Rama Devi, A Study on Cloud Simulation Tools, International Journal of Computer Applications (0975 – 8887), Volume 115 – No. 14, April 2015
- [4]. Yaser Jararweh, Zakarea Al-Shara, Moath Jarrah, Mazen Kharbutli, Mohammad Alsaleh. TeachCloud: a cloud computing educational toolkit. IJCC - International Journal of Cloud Computing, Inderscience Publishers, 2 (2/3), pp.237, 2013
- [5]. Aishwarya T, Anusha K S, Gagana S, Megha V, Survey on Energy Consumption in Cloud Computing, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Volume 9, Issue 4, pp.18-21, 2021
- [6]. R. Calheiros, R. Ranjan, A. Beloglazov, C. Esar, A. F. D. Rose, and R. Buyya. Cloudsim: a toolkit for modeling and simulation of cloud computing environments and evaluation of resource provisioning algorithms. Software: Practice and Experience, 41(1):2350, 2011.
- [7]. Nagpal, N. Dahiya, Dr. Surjeet Dalal, "Analysis of LrMu Power Algorithm in the Cloud Computing Environment using Cloudsim Toolkit," July- September, 2018.

RESEARCH ON VIRTUAL MACHINE ALLOCATION POLICY IN TEACHCLOUD

Nguyen Hoang Ha

Faculty of Information Technology, University of Sciences, Hue University

Email: nhha@husc.edu.vn

ABSTRACT

Cloud computing was given from people's need for a lower cost. Users can rent services on Cloud computing and pay as much as they already use which is the same as using electricity and water services. However, creating a cloud requires a very huge cost; therefore, scientists often use simulation tools to simulate their research results. For Cloud computing, there are two important policies, including the job scheduling policy and the virtual machine allocation policy at data centers. In this paper, we will study on the TeachCloud simulation tool. We will also study on the virtual machine allocation policies for the purpose of finding the optimal one in term of the execution time and saving energy consumption in the data centers.

Keywords: Cloud computing, Data centers, Cloud simulation tools, TeachCloud.



Nguyễn Hoàng Hà sinh ngày 22/11/1976 tại Thăng Bình, Quảng Nam. Năm 1999, ông tốt nghiệp đại học ngành Công nghệ Thông tin tại trường Đại học Khoa học, ĐH Huế; ông nhận bằng thạc sỹ chuyên ngành Khoa học Máy tính tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế năm 2005. Năm 2017, ông tốt nghiệp tiến sỹ chuyên ngành Khoa học máy tính tại trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Hiện nay, ông công tác tại khoa Công nghệ Thông tin, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Xử lý song song và phân tán, tính toán lưới và tính toán đám mây.

