



THUẬT TOÁN ĐIỀU PHỐI TÍNH TOÁN GIẢM TIÊU THỤ NĂNG LƯỢNG TRONG ĐIỆN TOÁN Đám Mây DI ĐỘNG

Đỗ Thị Thu¹, Nguyễn Gia Ba¹, Đỗ Thanh Tùng²,
Vũ Thành Trung¹, Nguyễn Đình Hân¹

¹ Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

² Ngân hàng TMCP đầu tư và phát triển Việt Nam (BIDV)

Ngày nhận: 15/12/2016

Ngày sửa chữa: 10/01/2017

Ngày xét duyệt: 20/02/2017

Tóm tắt:

Công nghệ đám mây nhỏ địa phương (cloudlet) đang có tiềm năng phát triển rất mạnh. Khả năng công nghệ của đám mây nhỏ cho phép cung cấp các dịch vụ, ứng dụng giảm tải tính toán, lưu trữ có tính năng vượt trội, chưa từng có trước đây. Tuy nhiên, sự kết hợp cloudlet với trung tâm dữ liệu mạng di động trong thực tiễn đòi hỏi nhiều giải pháp công nghệ. Trong bài báo này, chúng tôi quan tâm đến giải pháp điều phối quá trình giảm tải tính toán cho thiết bị di động, giúp giảm các yêu cầu tính toán đến các trung tâm dữ liệu mạng di động. Điều này làm cho nhu cầu sử dụng năng lượng của các trung tâm dữ liệu giảm đi nhiều. Chúng tôi đề xuất một thuật toán hợp tác giữa các đám mây nhỏ cho phép giải quyết hiệu quả vấn đề nói trên. Kết quả thực nghiệm khẳng định rằng giải pháp của chúng tôi giúp giảm đáng kể chi phí năng lượng của hệ thống và tăng cường khả năng đáp ứng và cải thiện chất lượng dịch vụ cho các yêu cầu của người dùng.

Từ khóa: Mạng di động, đám mây nhỏ, thuật toán điều phối tính toán, cloudlet, MCC.

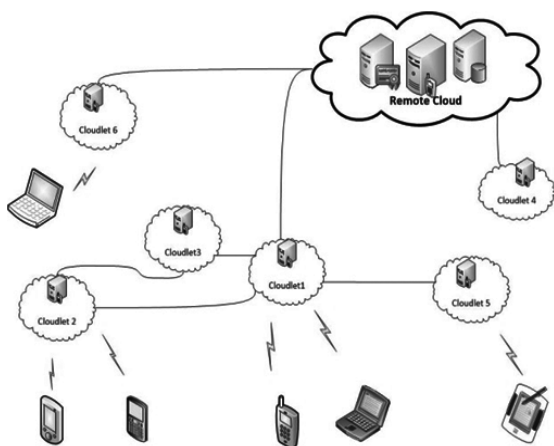
1. Đặt vấn đề

Trong điện toán đám mây di động, người dùng di động cần phải truy cập vào máy chủ đặt trong một đám mây khi yêu cầu dịch vụ và các nguồn lực trong các đám mây. Tuy nhiên, người sử dụng di động có thể phải đối mặt với một số vấn đề như tắc nghẽn do hạn chế của băng thông không dây, ngắt kết nối mạng, và sự suy giảm tín hiệu gây ra bởi thiết bị di động di chuyển. Hơn nữa, các trung tâm điện toán đám mây phổ biến như Amazon AWS, Microsoft Azure, và Google AppEngine được triển khai chỉ ở một số địa điểm nhất định và nó có thể nằm cách xa người dùng thiết bị di động. Do vậy độ trễ truyền thông có thể rất lớn, khi người dùng muốn giao tiếp với đám mây, dẫn đến chất lượng dịch vụ bị giảm đáng kể. Trong [1] Yaser Jararweh đã đề xuất mô hình MCC dựa trên cloudlet là giải pháp tốt cho vấn đề này. MCC dựa trên cloudlet tận dụng ưu thế của Wi-Fi, tăng chất lượng dịch vụ đồng thời giảm năng lượng tiêu thụ cho các trung tâm dữ liệu đám mây và mạng di động. Mạng di động hỗ trợ bởi đám mây trở thành 3 lớp là **mobile – cloudlet – cloud**.

Trong mô hình MCC dựa trên cơ sở cloudlet, các thiết bị di động gửi các nhiệm vụ tới các cloudlet để thực thi các yêu cầu xử lý và trả lại kết quả cuối cùng, điều này làm giảm độ trễ truyền thông, cũng làm giảm tiêu thụ điện năng của các thiết bị di động và trung tâm dữ liệu đám mây. Cloudlet [1] là một máy tính đáng tin cậy hoặc một cụm các máy tính

với hiệu năng cao, được kết nối với Internet. Nó được cài đặt cùng với Wi-Fi Access point để cho phép các thiết bị di động truy cập vào nó, và trong một số trường hợp cả hai cloudlet và AP được tích hợp trong một thực thể. Ngoài ra, các thiết bị di động có thể sử dụng Wi-Fi để kết nối với các cloudlet ở gần đó. Thông qua việc sử dụng có độ trễ thấp, băng thông cao và một-hop liên kết truy cập không dây, các thiết bị di động truy cập vào cloudlet có được một tương tác thời gian thực. Nếu cloudlet không có, các thiết bị di động có thể sẽ gửi yêu cầu đến một đám mây xa, hoặc trong trường hợp tồi tệ hơn, chỉ dựa vào duy nhất nguồn lực của nó.

Rõ ràng, sự hỗ trợ của đám mây nhỏ và đám mây mang lại những khả năng mới, vượt trội cho mạng di động nhờ thời gian hoạt động dài hơn, năng lực tính toán lớn và các tiện ích khác. Những lợi thế đó tạo điều kiện cho sự phát triển rất nhanh các ứng dụng và dịch vụ di động đa phương tiện. Tuy nhiên, thực tế đặt ra là: các thiết bị di động luôn di chuyển, cấu hình liên tục biến đổi và các truy vấn yêu cầu dịch vụ luôn thay đổi, điều này làm cho quá trình giảm tải cho các thiết bị di động càng trở lên tốn kém về thời gian và năng lượng của hệ thống mạng, trung tâm dữ liệu đám mây hơn rất nhiều. Vì vậy, đặt ra vấn đề lớn là nâng cao vai trò của cloudlet trong việc điều phối các yêu cầu giảm tải của thiết bị di động để tiết kiệm năng lượng cho trung tâm dữ liệu mạng di động hỗ trợ bởi đám mây.



Hình 1. Mô hình kiến trúc mạng DD hỗ trợ bởi đám mây và các đám mây nhỏ

Chúng tôi xem xét một mạng di động hỗ trợ bởi các đám mây nhỏ, được thiết kế nhằm thực thi hiệu quả các ứng dụng và dịch vụ dữ liệu đa phương tiện chạy trên thiết bị di động. Mạng này bao gồm ba thành phần là: mạng di động, đám mây nhỏ (CL) và đám mây ở xa (CR). Mạng di động là một tập các thiết bị di động (máy tính, điện thoại thông minh, cảm biến, v.v.) có khả năng giao tiếp với nhau qua môi trường vô tuyến.

Đề ưu tiên trình bày các hoạt động của cơ chế, tránh sa đà vào độ phức tạp và thành phần của các chi tiết vật lý bên dưới, chúng tôi sử dụng khái niệm vùng phủ của cloudlet, theo nghĩa là đơn vị phân phối dịch vụ đồng nhất trong mạng di động hỗ trợ bởi đám mây nhỏ. Từ giờ trở đi, ta sẽ dùng thuật ngữ vùng phủ của mạng ngang hàng (hoặc ngắn gọn là vùng phủ) mỗi khi cần tham chiếu tới mạng cloudlet hỗ trợ cho mạng di động. Vùng phủ là một tập các cloudlet có kết nối trực tiếp hoặc gián tiếp với nhau để cung cấp dịch vụ hoặc chuyển tiếp yêu cầu dịch vụ từ mạng di động tới cloudlet khác.

Chúng tôi đề xuất một thuật toán điều phối giảm tải hiệu quả giữa các thiết bị di động, cloudlet và cloud giải quyết vấn đề nói trên. Thuật toán này cho phép các cloudlet điều phối các yêu cầu giảm tải theo tiêu chí tiết kiệm năng lượng cho trung tâm dữ liệu, mạng di động và đảm bảo chất lượng dịch vụ cho các user. Những số liệu thu được từ thực nghiệm chứng tỏ giải pháp chúng tôi đưa ra rất hiệu quả. Chúng tôi cũng thảo luận, phân tích các điểm hạn chế và đề xuất hướng nghiên cứu tiếp theo.

2. Mô hình thời gian hoàn thành và năng lượng tiêu thụ

Chúng tôi xem xét việc thực hiện một ứng dụng tương tác trong một môi trường điện toán đám mây di động. Một người dùng có thể thực hiện

các ứng dụng trên thiết bị di động của mình hoặc di chuyển các phần có thể giảm tải của ứng dụng đến một cloudlet hoặc đến một cloud ở xa. Chúng tôi giả định các thiết bị di động có thể truy cập các cloudlet thông qua một mạng lưới không dây WIFI, và truy cập cloud thông qua cloudlet.

Chúng tôi xây dựng mô hình để tính thời gian hoàn thành và tiêu thụ năng lượng cho từng trường hợp. Áp dụng giá trị đặc trưng cho các thông số trong mô hình, chúng tôi phân tích và chỉ ra các điều kiện theo đó xác định được chi phí cho một nhiệm vụ giảm tải khi nó được thực hiện một trong 3 nơi là mobile device, cloudlet hoặc cloud. Từ đó, chúng tôi xây dựng thuật toán điều phối yêu cầu giảm tải có lợi nhất cả về thời gian hoàn thành và tiêu thụ năng lượng cho trung tâm dữ liệu, mạng di động nhưng vẫn đảm bảo chất lượng dịch vụ QoS cho mobile. Trong khi phân tích, chúng tôi sử dụng hai mô hình cho tính di động của thiết bị di động: di động tuyến tính và di động hình học.

Nếu một ứng dụng tương tác yêu cầu tính toán một tập lệnh là C , những lệnh này có thể được chia thành hai phần: một phần phải được thực hiện trên một nút di động và phần còn lại có thể được chuyển tới một nút ở ngoài, có thể là một đám mây nhỏ hoặc đám mây ở xa.

Chúng ta định nghĩa các ký hiệu sẽ được sử dụng trong bài viết này:

- N : số lượng các quá trình cần giảm tải w_i .
- C_M : Số lệnh thực hiện trên nút di động.
- C_C : Số lệnh được chuyển tới nút bên ngoài để giảm tải (cloudlet hoặc remote cloud). Nếu có N lần lặp lại trong giai đoạn tính toán, mỗi quá trình thực thi trung bình C_C lệnh:

$$C_C = \frac{C_C}{N}$$

- S_M : Tốc độ của một nút di động để thực thi một lệnh/giây.
- S_C : Tốc độ của một CL hoặc CR để thực thi một lệnh/giây.
- D : Số lượng dữ liệu mà một nút di động trao đổi với một nút bên ngoài trong giai đoạn tính toán tương tác. Nếu có N lần lặp lại giai đoạn tính toán, mỗi quá trình giao dịch một lượng dữ liệu là $D' = D/N$.
- B_L là băng thông giữa mobile và cloudlet và B_R cho băng thông giữa mobile với remote cloud.
- T_{PL} : Độ trễ truyền thông giữa một nút di động và cloudlet.
- T_{PR} : Độ trễ truyền thông giữa nút di động và remote cloud.
- P_C : Năng lượng tiêu thụ trong quá trình tính toán của nút di động theo đơn vị $watt$.
- P_I : Năng lượng tiêu thụ trong thời gian nhận rồi của nút di động theo đơn vị $watt$.

- P_T : Năng lượng tiêu thụ để gửi và nhận dữ liệu của một nút di động theo đơn vị *watt*. Thông thường việc truyền dữ liệu tiêu thụ điện cao hơn việc nhận dữ liệu, nhưng để đơn giản chúng tôi cho giả định chúng tiêu thụ như nhau.

- MN : mobile node hoặc là thiết bị di động

- LC : Local cloudlet

- RC : Remote cloud

Khi tất cả các tính toán được thực hiện trên một nút di động, tất cả các lệnh ($C_M + C_C$) được thực hiện với tốc độ của S_M . Không có trao đổi dữ liệu. Vì vậy, thời gian hoàn thành T và năng lượng tiêu thụ là E

$$T(MN) = \frac{C_M + C_C}{S_M} \quad (1)$$

$$E(MN) = P_C \times \frac{C_M + C_C}{S_M} \quad (2)$$

Khi tất cả các lệnh C_C được thực hiện trên cloudlet hoặc remote cloud, ngoài thời gian dành để thực thi lệnh, còn có thêm thời gian để trao đổi dữ liệu với kích thước D . Thời gian trao đổi dữ liệu bao gồm một thời gian truyền dữ liệu, được định nghĩa là (kích thước dữ liệu/băng thông) và thời gian truyền dữ liệu giữa hai nút. Chúng tôi giả định rằng hoạt động ba bước **Gửi dữ liệu - Xử lý - Nhận dữ liệu** được lặp đi lặp lại N lần. Như vậy toàn bộ giai đoạn tính toán tương tác liên quan đến việc truyền dữ liệu $2N$ và đòi hỏi $2N \times T_p$ giây cho toàn bộ thời gian truyền nhận dữ liệu. Vì vậy, thời gian hoàn thành và năng lượng tiêu thụ tại các nút di động với các lệnh C_C được giảm tải bởi CL hoặc CR là:

Giảm tải cho cloudlet

$$T(LC) = \frac{C_M}{S_M} + \frac{C_{CL}}{S_{CL}} + 2N \times T_{PL} + \frac{D}{B_L} \quad (3.1)$$

$$E(LC) = P_C \times \frac{C_M}{S_M} + P_I \times \left(\frac{C_{CL}}{S_{CL}} + 2N \times T_{PL} \right) + P_T \times \frac{D}{B_L} \quad (4.1)$$

Giảm tải cho remote cloud

$$T(RC) = \frac{C_M}{S_M} + \frac{C_{CR}}{S_{CR}} + 2N \times T_{PR} + \frac{D}{B_R} \quad (3.2)$$

$$E(RC) = P_C \times \frac{C_M}{S_M} + P_I \times \left(\frac{C_{CR}}{S_{CR}} + 2N \times T_{PR} \right) + P_T \times \frac{D}{B_R} \quad (4.2)$$

Đầu tiên chúng ta xem xét trường hợp tất cả các tính toán được thực hiện trên mobile và trường hợp các lệnh C_C được giảm tải tới cloudlet. Để so sánh thời gian hoàn thành và năng lượng tiêu thụ của mobile trong cả hai trường hợp trên, chúng ta tính $T(MN)$ - $T(LC)$ và $E(MN)$ - $E(LC)$ như dưới đây và chúng ta giả sử $S_{CL} \gg S_M$.

$$T(MN) - T(LC) = \frac{C_M + C_C}{S_M} - \left(\frac{C_M}{S_M} + \frac{C_{CL}}{S_{CL}} + 2N \times T_{PL} + \frac{D}{B_L} \right)$$

$$E(MN) - E(LC) \approx N \times \left\{ P_C \times \frac{C_C'}{S_M} - 2P_I \times T_{PL} - P_T \times \frac{D'}{B_L} \right\} \quad (5)$$

Bây giờ chúng ta xem xét trường hợp các lệnh C_C được giảm tải trên cloudlet hoặc remote cloud. Để so sánh chúng ta thực hiện tính $T(CR)$ - $T(LC)$ và $E(CR)$ - $E(LC)$ như dưới đây:

$$T(CR) - T(LC) = \left\{ \frac{C_M}{S_M} + \frac{C_{CR}}{S_{CR}} + 2N \times T_{PR} + \frac{D}{B_R} \right\} - \left\{ \frac{C_M}{S_M} + \frac{C_{CL}}{S_{CL}} + 2N \times T_{PL} + \frac{D}{B_L} \right\}$$

$$\begin{aligned} & \text{Ta được} \\ & E(CR) - E(LC) \\ & = N \times \left[P_I \times \left\{ C_C' \times \frac{1-F}{S_{CR}} + 2(T_{PR} - T_{PL}) \right\} + \right. \\ & \quad \left. + P_T \times D' \times \left(\frac{1}{B_R} - \frac{1}{B_L} \right) \right] \quad (6) \end{aligned}$$

Để các lệnh có thể giảm tải được thực thi trên cloudlet có lợi nhất cho mobile khi tất cả các vế phải của phương trình từ (5) đến (6) đều lớn hơn 0. Từ đó ta suy ra được 4 bất đẳng thức sau

$$C_C' > S_M \times (2T_{PL} + D'/B_L) \quad (7)$$

$$C_C' > S_M \times (2P_I \times T_{PL} + P_T \times D'/B_L) \quad (8)$$

$$C_C' < S_{CR} \times \{2(T_{PR} - T_{PL}) + D' \times (1/B_R - 1/B_L)\} / (F-1) \quad (9)$$

$$C_C' < S_{CR} \times \{2(T_{PR} - T_{PL}) + (P_I/P_I) \times D' \times (1/B_R - 1/B_L)\} / (F-1) \quad (10)$$

Để các lệnh có thể giảm tải được thực thi trên cloud có lợi nhất cho mobile khi

$$C_C' > S_M \times (2T_{PR} + D'/B_R) \quad (11)$$

$$C_C' > S_M \times (2P_I \times T_{PR} + P_T \times D'/B_R) \quad (12)$$

$$C_C' > S_{CR} \times \{2(T_{PR} - T_{PL}) + D' \times (1/B_R - 1/B_L)\} / (F-1) \quad (13)$$

$$C_C' > S_{CR} \times \{2(T_{PR} - T_{PL}) + (P_I/P_I) \times D' \times (1/B_R - 1/B_L)\} / (F-1) \quad (14)$$

Ngoài hai trường hợp trên thì việc giảm tải sẽ không có lợi cho mobile.

Để thực hiện các phân tích thuận lợi hơn, chúng tôi khảo sát dữ liệu thu thập từ một số di động thực, các nút, mạng, và những đám mây và chọn số thực tế [2] cho một số trong những tham số được sử dụng trong các phương trình.

• S_M : Bộ vi xử lý ARM Cortex A7 được sử dụng trong rất nhiều mobile bao gồm cả smartphones và máy tính bảng có tốc độ thực thi lệnh là 2.85GIPS tại 1.5GHz

• S_{CR} : bộ vi xử lý Intel Xeon được sử dụng phổ biến trong các máy chủ và bộ xử lý Xeon 5690 có tốc độ 84 GIPS tại 3.46GHz. Con số này là gần 30 lần tốc độ của ARM Cortex A7. Nhưng một máy chủ cloud có hệ thống phân cấp bộ nhớ nhanh hơn và hiệu suất cao hơn cho tính toán dấu chấm động

và có thể cung cấp số lượng nhiều hơn các lỗi cho một ứng dụng. Vì vậy, trong một thực tế, gia tốc của một nút đám mây trên một thiết bị di động có thể dễ dàng vượt qua 100 ~ 150.

- S_{CL} : Bởi vì một đám mây nhỏ có thể được lắp ráp cùng một loại máy chủ off-the-shelf như trong một đám mây ở xa, tốc độ của mỗi máy chủ thành phần có thể gần như giống nhau. Nhưng một đám mây nhỏ sẽ có ít số lượng máy chủ và mạng vật lý nội bộ kết nối chúng và phần mềm hỗ trợ, môi trường hoạt động có thể chậm hơn. Chúng ta có thể gán cùng một số lỗi để chạy một ứng dụng như trong một đám mây ở xa, mặc dù trong một đám mây nhỏ số lượng các ứng dụng thực thi cùng một lúc sẽ thấp hơn nhiều. Với những quan sát này, chúng tôi đoán rằng gia tốc của một đám mây trên một đám mây nhỏ sẽ không thể rất cao và chúng tôi giả định khoảng 2 ~ 16 và gọi gia tốc này là F.

- B_R : Một remote cloud ở xa được truy cập thông qua LTE sẽ có băng thông lớn nhất là 20Mbps.

- B_L : Một đám mây nhỏ địa phương được truy cập thông qua một mạng lưới không dây. Chúng tôi giả định rằng một bộ định tuyến truy cập sử dụng WiFi để truy cập các thiết bị di động và các thiết bị định tuyến truy cập lân cận. IEEE802.11n có băng thông 72.2 Mbps sử dụng 20 MHz. Giả sử khoảng 40% thông lượng, chúng tôi chọn 30Mbps.

- T_{PR} : hơn 90% người dùng trải nghiệm không lớn hơn độ trễ 25msec để truy cập trung tâm điện toán đám mây Amazon gần nhất thông qua Internet. Và độ trễ truy cập Internet cho LTE là gần 100ms. Vì vậy, chúng tôi chọn T_{PR} là 120 mili giây.

- T_{PL} : Mặc dù thời gian trễ của WiFi có biến động cao, chúng tôi giả định một độ trễ /hop cho WiFi là 20 ms. Vì vậy, nếu yêu cầu được gửi qua N đám mây nhỏ trong mạng lưới không dây, thì phải mất $20*N$ ms.

Bảng dưới đây cho ta biết số về mức độ tiêu thụ năng lượng trong các chế độ hoạt động của các thiết bị mobile phổ biến hiện nay.

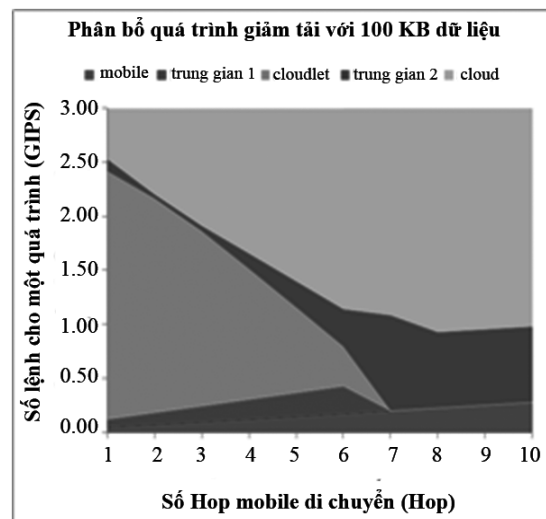
Mobile Devices	P_C	P_I	P_T
HP iPAQ PDA 400MHz	0.9	0.3	1.3
Nokia N810 400MHz	0.8		1.5
Openmoko Neo Freerunner		0.27	
Galaxy S2 1.5 GHz		0.36	1.7

Các thiết bị di động ngày các phát triển và có xu hướng tiêu thụ nhiều năng lượng hơn. Do vậy trong thực nghiệm này chúng tôi chọn các thông số như sau:

P_C : 1.0 watt ; P_I : 0.3 watt; P_T : 2.0 watts

Chúng tôi áp dụng các giá trị tham số đã giải thích ở trên cho (9) - (12) và thu được kết quả

như trong Hình 2. Giả định mô hình di chuyển ngẫu nhiên. Trong các hình chúng ta xem xét tham số tỉ số tốc độ xử lý của cloud/cloudlet là 8. Đối với dữ liệu trao đổi trong một quá trình **đầu vào - xử lý - đầu ra**, chúng tôi xem xét các kích thước 10kb, 100kb. Số lượng các bước nhảy đại diện cho một loạt các chuyển động của người dùng. Nếu nó là 1, người dùng không rời khỏi phạm vi của cloudlet truy cập ban đầu. Nếu nó là 5, người dùng di chuyển xa như 4 bước nhảy ra khỏi phạm vi của cloudlet truy cập ban đầu.



Hình 2. Biểu đồ phân bố tính toán

Ta thấy một người sử dụng có thể di chuyển ra khỏi các bộ định tuyến truy cập ban đầu với số lượng các bước nhảy tùy theo dữ liệu trao đổi. Nếu kích thước dữ liệu tăng, phạm vi người dùng có thể di chuyển xung quanh giảm. Chúng tôi tăng số lượng hop đến 10, và chúng ta vẫn có thể tìm thấy các giá trị hợp lệ để giảm tải. Điều này có nghĩa rằng nếu kích thước dữ liệu trao đổi không phải là quá lớn, người dùng có thể di chuyển rất xa các bộ định tuyến truy cập ban đầu.

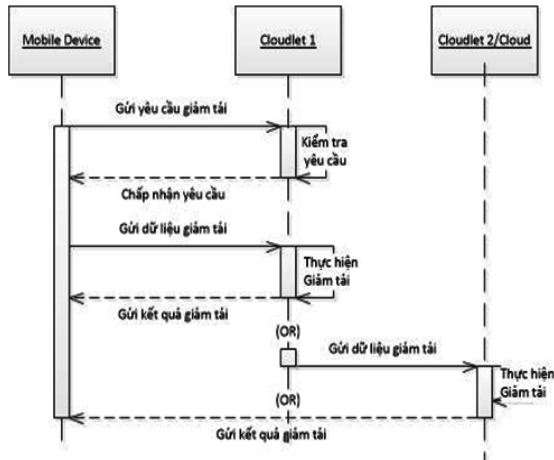
3. Thuật toán điều phối giảm tải cho mobile

Quá trình điều phối giảm tải tính toán cho thiết bị di động được thực hiện tuần tự theo như biểu đồ hình 3 dưới đây.

Thiết bị di động gửi yêu cầu giảm tải đến cloudlet1, cloudlet 1 kiểm tra, gửi thông điệp chấp nhận hoặc từ chối yêu cầu. Nếu chấp nhận yêu cầu, thiết bị di động gửi dữ liệu giảm tải đến cloudlet1. Cloudlet 1 thực hiện giảm tải hoặc chuyển tiếp yêu cầu đến vị trí giảm tải được xác định. Sau khi thực hiện xong, cloudlet thực hiện giảm tải sẽ gửi trả kết quả lại cho thiết bị di động.

Để điều phối quá trình giảm tải chúng tôi

xây dựng hai thuật toán là thuật toán 1 để xác định vị trí giảm tải và thuật toán 2 để điều phối quá trình giảm tải tới vị trí được xác định trong thuật toán 1.



Hình 3. Biểu đồ quá trình điều phối xử lý các yêu cầu từ Mobile device

Mỗi nhiệm vụ giảm tải yêu cầu một số lượng các lệnh phải được xử lý tính toán theo thứ tự, nó được cho bởi hàm I . Ví dụ $I(t_i)$ số lệnh của nhiệm vụ t_i . Theo đó khi một nhiệm vụ được giảm tải trên cloudlet thì nhiệm vụ đó cần được chuyển đến cloudlet. Kích thước dữ liệu trong mỗi giao tiếp cho bởi hàm D . Theo đó chúng ta có $D(t_i)$ là kích thước của dữ liệu cần trao đổi giữa mobile và node thực hiện giảm tải.

Cho đồ thị $G(N, R)$ với các đỉnh là các node (cloudlet) xử lý giảm tải, và các cạnh thể hiện đường liên kết dữ liệu giữa các node, Một node xử lý $n \in N$ phải là thiết bị di động hoặc là một cloudlet hoặc cloud nhưng trong cùng thời điểm không thể ở nhiều hơn một nơi. Như vậy: $N = N_S \cup N_{CL} \cup N_{RC}$ và $N_S \cap N_{CL} \cap N_{RC} = \emptyset$.

Các cạnh là đường liên kết các node với nhau. Ta gọi hàm $B(n_a, n_b)$ là băng thông giữa node n_a và n_b . Gọi S là hàm trả về tốc độ xử lý của mỗi node, ví dụ $S(n_a)$ là tốc độ tính toán của node n_a .

Gọi HE là hàm heuristic trả về giá trị ước tính năng lượng tiêu thụ cho mỗi nhiệm vụ khi thực thi tại mỗi node trong vùng phủ. Như vậy $HE(w_i, n)$ là năng lượng tiêu thụ của node n khi thực thi nhiệm vụ w_i .

Gọi HT là hàm heuristic trả về giá trị ước tính thời gian hoàn thành nhiệm vụ khi thực thi tại mỗi node trong vùng phủ. Như vậy $HT(w_i, n)$ là thời gian hoàn thành của node n khi thực thi nhiệm vụ w_i .

Thuật toán CRA1: Xác định vị trí giảm tải

Input: Thông tin về mobile device, w_i

1. $H \leftarrow \text{null}$

```

2. for (i=0; I < Vn; i++)
1) If ( $HT(w_i, n) < T_{\text{request}}$ ) and ( $HE(w_i, n) < E_{\min}$ ) then
1.1)  $E_{\min} = HE(w_i, n)$ 
1.2)  $H = n$ 
2) end if
3. next for
4. return  $H_{MN}$ 
  
```

Thuật toán CRA 2: Giảm tải cho một tập các quá trình

Input: Danh sách quá trình cần giảm tải W

1. Xếp xếp danh sách theo trình tự thời gian hoàn thành của các nhiệm vụ

2. **while** $w_i \in W$ **do**

1) Yêu cầu thông tin về mobile node I_{MN}

2) Gọi CRA1 để Xác định vị trí giảm tải H

3) chuyển yêu cầu w_i đến vị trí H

4) $i++$

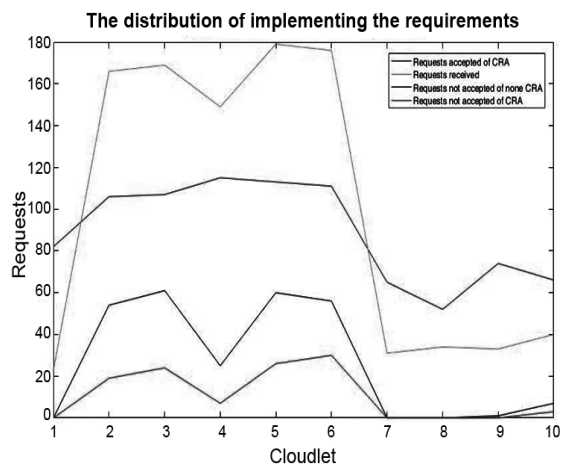
3. **end while**

2.4. Kết quả kiểm tra

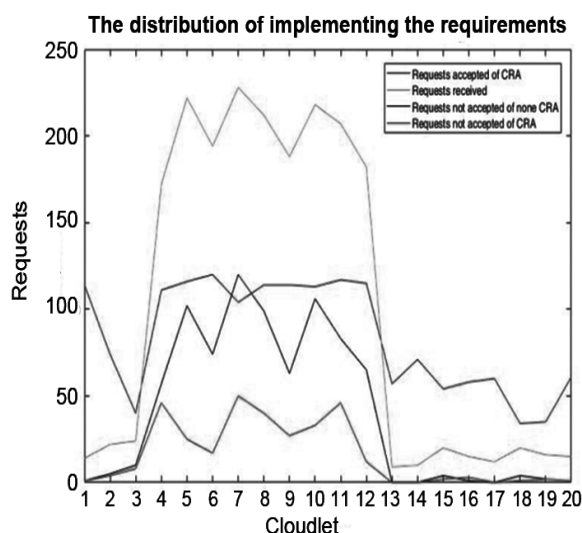
Tiếp theo, chúng tôi mô phỏng lần 1 với một mạng gồm 10 cloudlet và 1000 yêu cầu gửi đến trong thời gian 50000s. Kết quả được cho bởi biểu đồ hình 4 dưới đây.

Chúng tôi mô phỏng lần 2 với một mạng gồm 20 cloudlet và 1000 yêu cầu gửi đến trong thời gian 50000s. Kết quả được cho bởi biểu đồ hình 5 dưới đây.

Chúng ta có thể nhận thấy: Số yêu cầu được gửi đến các cloudlet được thể hiện bằng đường màu xanh lá cây. Khi không sử dụng thuật toán CRA các yêu cầu không thể chấp nhận thực hiện được thể hiện bằng đường màu xanh thẫm.



Hình 4. Phân bố tính toán trên 10 cloudlet



Hình 5. Phân bố tính toán trên 20 cloudlet

Khi sử dụng thuật toán CRA các cloudlet có thể chấp nhận thực hiện các yêu cầu được thể hiện bằng đường màu đỏ, và không thể chấp nhận được thể hiện bằng đường màu tím. Những yêu cầu này có thể bị trả về hoặc chuyển đến đám mây ở xa. Nhìn vào biểu đồ ta có nhận xét rằng: Khi sử dụng thuật toán CRA các yêu cầu sẽ được phân bổ cho các cloudlet khá đồng đều để có thể chấp nhận tối đa các yêu cầu gửi đến. Đồng thời số yêu cầu bị từ chối hoặc chuyển đến cloud ở xa là ít hơn rất nhiều. Điều này cũng có nghĩa khi các mạng di động đều sử dụng thuật toán phân bổ quá trình tính toán CRA của chúng tôi thì Hệ thống mạng internet và các Trung tâm dữ liệu đám mây ở xa sẽ được giảm khá nhiều lưu lượng lưu thông và yêu cầu tính toán; Góp phần tiết kiệm năng lượng cho toàn bộ hệ thống internet. Hơn nữa việc chấp nhận các yêu cầu gửi từ mobile tăng lên, đồng nghĩa với việc tăng cường chất lượng dịch vụ cho mạng di động.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Yaser Jararweh, Fadi Ababneh, Abdallah Khreishah, Fahd Dosari, "Scalable Cloudlet-based Mobile Computing Model", *Procedia Computer Science*, Vol. 34, pp. 434-441, 2014.
- [2]. Ying-Dar Lin; Chu, E.T.-H.; Yuan-Cheng Lai; Ting-Jun Huang, "Time-and-Energy-Aware Computation Offloading in Handheld Devices to Coprocessors and Clouds," in *Systems Journal*, IEEE, vol.9, no.2, pp.393-405, June 2015.
- [3]. Yi-Bing Lin et al "Performance Measurement of TDLTE, WiMAX and 3G Systems," *IEEE Wireless Communications*, vol. 20, no. 3 pp. 153-160, June 2013.
- [4]. Y.-C. Shim, "Modeling and Analysis of Completion Time and Energy consumption of Applications in Mobile Cloud Computing Environments," *Int. Journal of Advanced Computer Technology*, vol. 3, no. 6, pp. 60-66, 2014.
- [5]. R. Bradford, E. Kotsovinos, A. Feldmann, and H.Schioberg, "Live Wide-Area Migration of Virtual Machines including Local Persistent State," *VEE'07*, June 2007.
- [6]. E. Harney, S. Goasguen, J. Martin, M. Murphy, and M. Westall, "The Efficacy of Live Virtual Machine Migrations over the Internet," *VTDC'07*, November 2007.
- [7]. P. Payaswini and D.H. Manjaiah, "Simulation and Performance Analysis of Vertical Handoff between WiFi and WiMAX using Media Independent Handover Services," *International Journal of Computer Applications*, vol. 87, no. 4, Feb. 2014.
- [8]. K. Kumar and Y.-H. Lu, "Cloud Computing for Mobile Users: Can Offloading Computation Save Energy?" *IEEE Computer*, pp. 51-56, April 2010.
- [9]. A. Carroll and G. Heiser, "An Analysis of Power Consumption in a Smartphone," *USENIX Annual Technical Conference*, 2010.

AN COORDINATED ALGORITHM REDUCES ENERGY CONSUMPTION IN MOBILE CLOUD COMPUTING

Abstract:

Technology of local small clouds (cloudlet) is potential for strong growth. The ability of small cloud technology enables service providers, application offload compute, storage with superior features than ever. However, the combination of cloudlet with mobile networks data center in practice requires more technological solutions. In this paper, we are interested in solutions to coordinate the process offloading

calculations for mobile devices, which reduces the computational requirements of the data center to the mobile network. This lowers the needs to consume energy of the data center. We propose an algorithm of cooperation among small clouds, addressing the above issues effectively. The experimental results confirm that our solutions can significantly reduce energy costs and enhance the system's ability to meet and improve service quality required by the users.

Từ khóa: Mobile network, small cloud, coordinated algorithm, cloudlet, MCC.