XÂY DỰNG MÔ HÌNH GIÁM SÁT TRẠNG THÁI VÀ HOẠT ĐỘNG TƯƠNG TÁC CHO CÁC ĐỐI TƯỢNG TRONG HỆ PHÂN TÁN DỰA TRÊN MÁY TRẠNG THÁI HỮU HẠN TRUYỀN THÔNG

BUILDING MONITORING MODEL FOR STATE AND INTERACTIVE OPERATIONS OF OBJECTS IN DISTRIBUTED SYSTEMS BASED ON COMMUNICATING FINITE STATE MACHINES

Trần Nguyễn Hồng Phúc[1], Lê Văn Sơn[2]

[1]Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng; phuc.nguyenhong@mobifone.com
[2]Hội Tin học thành phố Đà Nẵng; levansupham2004@yahoo.com

Tóm tắt - Giám sát trạng thái và thông tin hành vi truyền thông của các đối tượng trong hệ phân tán là thực sự cần thiết, hỗ trợ người quản trị biết được các hoạt động, các trạng thái và các sự kiện xảy ra giữa các đối tượng trong hệ thống, từ đó giúp cho người quản trị phát hiện lỗi phát sinh, các nguy cơ tiềm ẩn trong quá trình hoạt động của hệ phân tán. Bài báo đề xuất phương pháp biểu diễn hành vi của các đối tượng được giám sát trong hệ phân tán dựa trên máy trạng thái truyền thông, đồng thời đề xuất mô hình giám sát trạng thái và hoạt động tương tác truyền thông của các đối tượng trong hệ phân tán theo bốn mức, gồm mức nút mạng, lớp mạng, miền quản trị và toàn cục hệ thống. Dựa trên mô hình này, chúng tôi xây dựng giải pháp giám sát trạng thái và hoạt động tương tác truyền thông giữa các đối tượng trong hệ phân tán, hỗ trợ người quản trị phát hiện nhanh các trường hợp phát sinh trong vận hành và khai thác hệ thống.

Từ khóa - giám sát; hành vi; hệ phân tán; máy trạng thái truyền thông; mô hình giám sát; trạng thái

Abstract - Monitoring state and communication behavior of objects in distributed systems is critical because it will provide comprehensive data on monitored objects in the system such as communication operations, states and events between objects in the system. The information will support administrators in quickly detecting error states as well as potential risks that occur in the system. In this paper, we propose a method to model basic behaviors for monitored objects in distributed systems based on communicating finite state machines and a hierarchical monitoring architecture for these operations, which consists of four levels such as monitored node, network, domain and global system. Based on these models, we build monitoring solutions for objects in distributed systems to support administrators in quickly detecting abnormal events or error states that occur during operations of the system.

Key words - monitor; behavior; distributed systems; communicating state machine; monitoring model; state

1. Đặt vấn đề

Hệ phân tán (HPT) là hệ thống phức tạp, các ứng dụng phân tán thực hiện trên phạm vi lớn, nhiều thành phần không đồng nhất tham gia kết nối và tương tác truyền thông, số lượng lớn người sử dụng và các sự kiện xảy ra trong HPT. Khi một nút mạng bị sự cố, một tiến trình bị lỗi hay một sự kiện bất thường xảy ra trên hệ thống có thể ảnh hưởng, liên quan đến các nút mạng, các sự kiện khác đang diễn trên hệ thống. Các sự cố phát sinh có thể gây ảnh hưởng lớn đến khả năng hoạt động, độ ổn định của hệ thống. Những đặc điểm này đã đặt ra nhiều thách thức cho công tác quản trị HPT [1,12], nhiều công cụ và giải pháp kỹ thuật đã được nghiên cứu, phát triển để hỗ trợ cho người quản trị giám sát hệ thống, và cũng đã đạt được những kết quả nhất định. Kết quả khảo sát các công trình giám sát tiêu biểu được trình bày trong [7,10,14,18] cho thấy: hầu hết các hướng tiếp cận dựa trên giải pháp giám sát bằng phần mềm và triển khai trong môi trường mạng *TCP/IP*, phần lớn các giải pháp giám sát tập trung vào giải quyết cho lớp bài toán giám sát các vấn đề chi tiết như giám sát cấu hình, hiệu năng với SNMP [11], *MonALISA* [10]; giám sát tính toán song song và phân tán với *JADE* [7]; giám sát sự kiện các đối tượng lớp trung gian với *MOTEL* [18]. Hướng tiếp cận về kiểm soát trực tiếp thông tin về trạng thái và các hoạt động tương tác của đối tượng trong *HPT* là rất cần thiết, giúp cho người quản trị phát hiện nhanh các sự cố phát sinh và các nguy cơ tiềm ẩn trong quá trình vận hành khai thác hệ thống, đồng thời làm cơ sở kỹ thuật giám sát ở mức cao trước khi đi vào phân tích sâu hơn về hệ thống với các giải pháp giám sát chi tiết. Hiện nay, giải pháp giám sát trạng thái và hoạt động các nút mạng chủ yếu dựa vào giao thức *ICMP* [13], *SNMP* [11]. Ngoài ra, người quản trị sử dụng các công cụ hệ thống của hệ điều hành hoặc công cụ phát triển của các nhà sản xuất thiết bị để giám sát một số hành vi nhất định của các đối tượng trong HPT. Trong khi đó, các công cụ giám sát kèm theo thường được gắn liền với mỗi chủng loại và môi trường hoạt động của từng thiết bị cụ thể, việc giám sát và điều khiển thực hiện trực tiếp với từng thiết bị được giám sát. Hạn chế của phương pháp giám sát này là thông tin giám sát rời rạc trên từng đối tượng, không liên kết thông tin toàn cục và mất nhiều thời gian xử lý cho các đối tượng liên mạng, khó khăn cho người quản trị trong vấn đề quản lý tổng thể hệ thống, lưu lượng thông tin giám sát ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu năng hệ thống được giám sát.

Xuất phát từ các tồn tại hiện nay trong việc giám sát trạng thái và hoạt động cơ bản các đối tượng trong HPT trên, bài báo trình bày một phương pháp cho phép biểu diễn hoạt động của các đối tượng trong HPT dựa vào máy trạng thái hữu hạn truyền thông (Communicating Finite State Machine –*CFSM*) [6,19], đồng thời đề xuất mô hình giám sát trạng thái và hoạt động tương tác giữa các đối tượng trong HPT. Mô hình đề xuất hỗ trợ hiệu quả hơn cho người quản trị trong các yêu cầu giám sát HPT, góp phần khắc phục những hạn chế trong giám sát trực tiếp trạng thái và hoạt động tương tác hiện nay.

Phần còn lại của bài báo gồm các nội dung: Phần 2 trình bày đặc trưng cơ bản của HPT và kiến trúc quản trị phân

cấp của HPT. Phần 3 đề xuất ứng dụng mô hình máy trạng thái truyền thông hữu hạn để biểu diễn hành vi các đối tượng trong HPT. Phần 4 trình bày mô hình giám sát hành vi truyền thông của các đối tượng trong HPT. Phần 5 trình bày thực nghiệm giám sát hoạt động tương tác truyền thông giữa các nút mạng và giám sát trạng thái với giao thức *ICMP*. Cuối cùng là phần kết luận.

2. Hệ phân tán và kiến trúc quản trị phân cấp

HPT là hệ thống phức tạp, được các chuyên gia trình bày và phát triển theo nhiều khía cạnh khác nhau [1,5,3,9]. Tuy nhiên, theo mục tiêu nghiên cứu về giám sát của bài báo thì HPT được khảo sát với kiến trúc mạng và phần mềm phân tán theo trình bày của Coulouris, Kshemkalyani [1,5]. Theo trình bày này, HPT bao gồm các đối tượng tính toán độc lập và tự trị, có bộ nhớ riêng, thành phần ứng dụng và dữ liệu phân tán trên hệ thống mạng máy tính, các hoạt động truyền thông và tương tác giữa các đối tượng được thực hiện qua kỹ thuật truyền thông điệp [2].

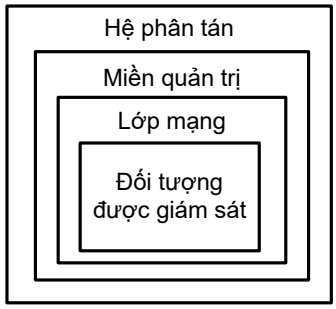
Một số đặc trưng cơ bản của HPT cần xem xét trong xây dựng hệ thống giám sát:

- *Tự trị và không đồng nhất:* Hệ thống bao gồm các đối tượng hoạt động độc lập, tự trị với kiến trúc phần cứng và phần mềm không đồng nhất, cộng tác để chia sẻ thông tin, cung cấp dịch vụ. Vì thế HPT luôn tiềm ẩn những nguy cơ xung đột, lỗi phát sinh trong quá trình hoạt động [1].
- *Mở rộng cấu hình và tái cấu hình linh hoạt:* Cấu trúc vật lý tổng quát của HPT bao gồm nhiều miền quản trị liên kết với nhau và có thể truyền thông với nhau qua mạng viễn thông. Mỗi miền quản trị là một tổ chức phân cấp gồm nhiều lớp mạng có kiến trúc không đồng nhất kết nối liên mạng với nhau, cho phép các đối tượng trong từng lớp mạng hoặc giữa các miền quản trị có thể cộng tác, trao đổi, chia sẻ và xử lý thông tin với nhau [2]. Kiến trúc vật lý của HPT luôn biến đổi trong quá trình hoạt động của hệ phân tán. Do đó, hệ thống giám sát cần phát hiện kịp thời những biến động chung này trong HPT, để hỗ trợ tích cực cho người quản trị.
- *Phân tán rộng về mặt địa lý và nhiều mức quản trị:* HPT bao gồm nhiều miền, lớp mạng và đối tượng được giám sát cùng với các dịch vụ, ứng dụng và người sử dụng được phân bố trong phạm vi rộng [12]. Vì vậy, quản trị HPT được tổ chức theo nhiều mức khác nhau như quản trị lớp mạng cục bộ, quản trị các vùng miền và quản trị toàn cục. Mỗi một mức quản trị có chức năng nhiệm vụ khác nhau và yêu cầu thông tin giám sát riêng, nên hệ thống giám sát cần dễ dàng mở rộng và phân phối thông tin giám sát linh hoạt theo các yêu cầu của các đối tượng quản trị khác nhau.

Trong HPT, các thiết bị như máy trạm, máy chủ… là các đối tượng vật lý thực hiện các hoạt động tương tác và truyền thông với nhau, mỗi đối tượng bao gồm nhiều thành phần tài nguyên phần cứng, phần mềm và gắn liền với các trạng thái, sự kiện tương ứng. Các thông tin liên quan đến hoạt động của đối tượng có thể chia thành hai phần cơ bản: phần giao tiếp trong và giao tiếp ngoài.

- *Phần giao tiếp trong - hoạt động cục bộ*: bao gồm các chức năng xử lý thông tin, yêu cầu sử dụng tài nguyên hệ thống phục vụ cho quá trình tính toán.
- *Phần giao tiếp ngoài – tương tác quản trị*: bao gồm các chức năng tương tác với các đối tượng khác trên hệ thống như điều khiển tương tác với hệ thống quản trị, truyền thông liên tiến trình.

Từ kết quả nghiên cứu về HPT và kiến trúc quản trị các hệ thống có quy mô lớn [8,12], kiến trúc quản trị của HPT có thể được trình bày như hình 1.



Hình 1. *Kiến trúc quản trị phân cấp của HPT*

Kiến trúc quản trị HPT được khảo sát phân cấp theo 4 mức: mức toàn cục *DS* gồm nhiều miền quản trị *MD* khác nhau, mỗi miền quản trị bao gồm nhiều lớp mạng *MN*, trong mỗi lớp mạng bao gồm các đối tượng *MO*.

Như vậy, HPT được khảo sát theo hướng: toàn cục hệ thống *DS*→ miền quản trị *MD*→ lớp mạng *MN*→ đối tượng *MO*.

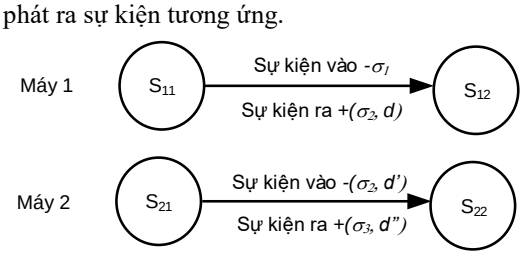
Tuy nhiên, việc trình bày mô hình hành vi cũng như giải pháp giám sát được chúng tôi thực hiện theo hướng: đối tượng *MO*→ lớp mạng *MN* → miền quản trị *MD* → toàn cục hệ thống *DS*.

3. Mô hình hành vi

3.1. Mô hình hành vi cơ bản

Mô hình hành vi trình bày trạng thái và phản ứng của các đối tượng trước các sự kiện nhận được, hiện nay có nhiều phương pháp được sử dụng để đặc tả hành vi hệ thống như *Petri Net* [4], *CFSM* [6]. Tuy nhiên, phương pháp *CFSM* phù hợp cho mô hình hóa các hoạt động tương tác truyền thông cho hệ thống phức tạp, nhận được nhiều sự quan tâm của các nhà khoa học trong việc ứng dụng vào đặc tả hành vi của hệ thống [6,19]. *CFSM* được ứng dụng phổ biến trong hệ thống các sự kiện rời rạc, hệ điều hành và giao thức để mô tả các sự kiện, trạng thái và chuyển đổi trạng thái [4,17,19]. Vì vậy, chúng tôi chọn *CFSM* để trình bày mô hình hành vi cho các đối tượng trong HPT.

Trong mô hình *CFSM*, quá trình chuyển đổi trạng thái của máy trạng thái được kích hoạt bởi sự kiện vào và đồng thời phát ra sự kiện tương ứng.



Hình 2. *Hoạt động truyền thông của máy CFSM*

Với quy ước $-\sigma$ là sự kiện nhận vào và $+\sigma$ là sự kiện phát ra, mô hình tương tác truyền thông giữa 2 máy trạng thái truyền thông được biểu diễn như hình 2. Máy 1 nhận sự kiện vào σ_1 ở thời điểm t sẽ chuyển từ trạng thái s_{11} sang s_{12} và đồng thời phát ra sự kiện σ_2 ở thời điểm $t+d$ (d là độ trễ phát ra sự kiện σ_2), máy 2 nhận được sự kiện σ_2 tại thời điểm $t'=t+d+d'$ (d' được xem là độ trễ liên kết) và phát ra sự kiện σ_3 ở thời điểm $t+d+d'+d''$. Trên cơ sở đó, *CFSM* là bộ 5 được biểu diễn như sau [11,17]:

$$CFSM = (\sum_{in} \ , \sum_{out} \ , S, \delta, s_0) \quad (1)$$

Trong đó: Σ_{in}: tập hợp các sự kiện nhận vào, Σ_{out}: tập hợp các sự kiện phát ra, S: tập hợp hữu hạn các trạng thái, $s_0 \in S$: trạng thái ban đầu, δ: hàm biểu diễn chuyển đổi trạng thái và được định nghĩa $\delta: S \times \Sigma_{in} \rightarrow S \times (\Sigma_{out} \times d)$.

Để xác định trạng thái và sự kiện của hàm δ, sử dụng phép chiếu PS_{in}, PE_{in},PS_{out}, PE_{out}, như sau:

- *Sự kiện và tín hiệu vào:*

$$\begin{cases} PS_{in} : S \times \sum_{in} \rightarrow S \\ PE_{in} : S \times \sum_{in} \rightarrow \sum_{in} \end{cases} \quad (2)$$

- *Sự kiện và tín hiệu ra:*

$$\begin{cases} PS_{out} : S \times (\sum_{out} \times d) \rightarrow S \\ PE_{out} : S \times (\sum_{out} \times d) \rightarrow \sum_{out} \end{cases} \quad (3)$$

Như vậy, thông qua các trạng thái, sự kiện của *CFSM* có thể dễ dàng xây dựng phương pháp thu thập thông tin cần quan tâm.

Phép toán tổ hợp cho phép thực hiện kết hợp hai hay nhiều *CFSM*, tổ hợp cho 2 máy$CFSM_1$ và $CFSM_2$ được biểu diễn như sau:

$$\begin{aligned} CFSM\_C &= CFSM_1 \parallel CFSM_2 \\ &= (\sum_{in\_1}, \sum_{out\_1}, S_1, \delta_1, s_{01}) \parallel (\sum_{in\_2}, \sum_{out\_2}, S_2, \delta_2, s_{02}) \quad (4) \\ &= (\sum_{in}, \sum_{out}, S, \delta, s_0) \end{aligned}$$

Trong đó: $\Sigma_{in} = \Sigma_{in\_1} \cup \Sigma_{in\_2}$ (tập hợp các sự kiện nhận vào của máy 1 và máy 2); $\Sigma_{out} = \Sigma_{out\_1} \cup \Sigma_{out\_2}$ (tập hợp các sự kiện phát ra của máy 1 và máy 2); $S = S_1 \times S_2$ (tập hợp hữu hạn các trạng thái); $s_0 = (s_{0\_1}, s_{0\_2})$;với $s_1 \in S_1$ và $s_2 \in S_2$ thì hàm chuyển đổi trạng thái được xác định:

$$\delta = \delta_1 \times \delta_2 = S_1 \times S_2 \times \Sigma_{in} \rightarrow S_1 \times S_2 \times (\Sigma_{out} \times d)$$

3.2. Mô hình hành vi các đối tượng trong HPT

HPT bao gồm các thiết bị không đồng nhất như máy trạm, máy chủ, bộ định tuyến, bộ chuyển mạch. Các thiết bị này truyền thông với nhau trong hệ thống và được xem là các đối tượng cần giám sát *MO*, thông tin trạng thái và hoạt động tương tác của các đối tượng *MO* hỗ trợ tích cực cho người quản trị hệ thống. Trong phần này, chúng tôi sử dụng *CFSM* để mô tả hành vi cho các đối tượng được giám sát và trình bày ở mức nguyên lý.

- Mô hình hành vi đối tượng *MO*: hành vi của *MO* trong HPT biểu diễn các hoạt động cục bộ, hoạt động truyền thông của *MO*, và được biểu diễn như (5)

$$F\_MO = (\Sigma_{in\_MO}, \Sigma_{out\_MO}, S_{MO}, \delta_{MO}, s_{0\_MO}) \quad (5)$$

- Mô hình hành vi lớp mạng *MN*: cho lớp mạng *MN* bao gồm k đối tượng *MO* (k>0, k∈N) có mô hình hành vi tương ứng $\{F\_MO_1, F\_MO_2, ..., F\_MO_k\}$, hành vi lớp mạng *MN* là tổ hợp các hành vi của k đối tượng *MO* và kết quả được biểu diễn như (6)

$$F\_MN = (\Sigma_{in\_MN}, \Sigma_{out\_MN}, S_{MN}, \delta_{MN}, s_{0\_MN}) \quad (6)$$

- Mô hình hành vi miền *MD*: cho miền *MD* bao gồm m lớp mạng được giám sát *MN* (m>0, m∈N) có mô hình hành vi tương ứng $\{F\_MN_1, F\_MN_2, ..., F\_MN_m\}$, hành vi miền *MD* là tổ hợp các hành vi của m lớp mạng *MN* và kết quả được biểu diễn như (7)

$$F\_MD = (\Sigma_{in\_MD}, \Sigma_{out\_MD}, S_{MD}, \delta_{MD}, s_{0\_MD}) \quad (7)$$

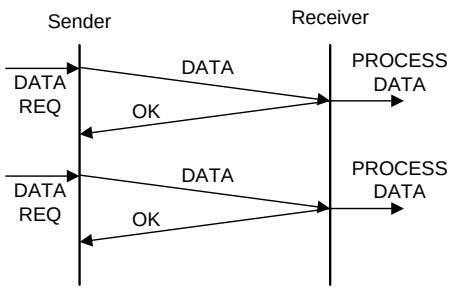
- Mô hình hành vi toàn cục *HPT*: *HPTDS* là tập hợp n miền được giám sát *MD* (n>0, n∈N) có mô hình hành vi tương ứng $\{F\_MD_1, F\_MD_2, ..., F\_MD_n\}$, hành vi toàn cục HPT là tổ hợp các hành vi của n miền *MD* và kết quả được biểu diễn như (8)

$$F\_DS = (\Sigma_{in\_DS}, \Sigma_{out\_DS}, S_{DS}, \delta_{DS}, s_{0\_DS}) \quad (8)$$

Dựa trên các sự kiện nhận vào (Σ_{in}), các sự kiện phát ra (Σ_{out}) và hàm chuyển đổi trạng thái (δ) của mô hình hành vi tương ứng của các đối tượng, các thông tin cần quan tâm về trạng thái và sự kiện của các đối tượng trong HPT có thể được thu thập để phục vụ cho các yêu cầu giám sát.

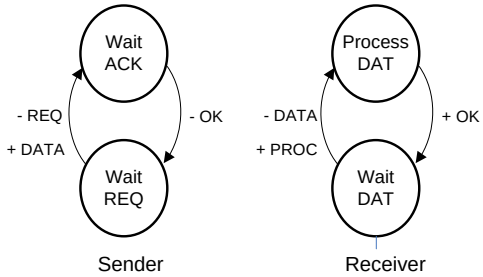
3.3. Ví dụ biểu diễn mô hình hành vi

Xét quá trình truyền nhận dữ liệu giữa 2 nút *Sender* và *Receiver* có thông báo xác nhận như hình 3, nút *Sender* truyền dữ liệu khi nhận được sự kiện thông báo *OK* từ *Receiver* và yêu cầu từ bên ngoài.



Hình 3. *Quá trình truyền dữ liệu đơn giản*

Hoạt động tương tác truyền dữ liệu giữa *Sender* và *Receiver* được trình bày với *CFSM* như hình 4.

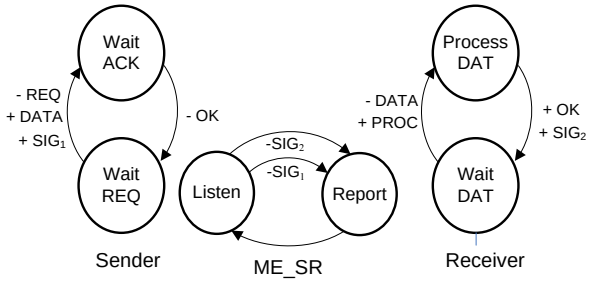


Hình 4. *Truyền dữ liệu đơn giản với CFSM*

Ban đầu, nút *Sender* và *Receiver* ở trạng thái chờ *Wait REQ* (chờ yêu cầu) và *Wait DAT* (chờ dữ liệu), khi *Sender* nhận được sự kiện yêu cầu *-REQ*, thì dữ liệu sẽ được gửi đến *Receiver* với sự kiện *+DATA* và *Sender* sẽ chuyển về trạng thái chờ xác nhận *Wait ACK* từ nút *Receiver*. Sau khi nhận được dữ liệu thì *nút Receiver* sẽ chuyển sang trạng

thái *Process DAT* để xử lý dữ liệu, sau khi hoàn tất xử lý thì nút *Receive* sẽ gửi thông báo *+OK* cho nút *Sender* và chuyển về trạng thái ban đầu *Wait DAT*. Khi nhận được sự kiện báo nhận *-OK*, *Sender* sẽ chuyển về trạng thái ban đầu *Wait REQ*.

Để giám sát một số sự kiện trong quá trình truyền thông giữa nút *Sender* và *Receiver* như sự kiện *REQ* và *OK*, thực thể giám sát *ME_SR* được thiết kế để thu thập sự kiện *REQ* phía *Sender* và sự kiện *OK* phía *Receiver*. *ME_SR* sẽ tạo báo cáo giám sát cho các sự kiện này. Sơ đồ trạng thái được trình bày trong hình 5.



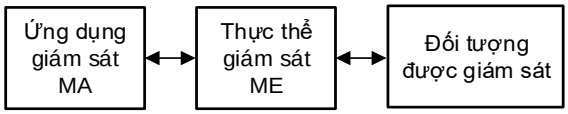
Hình 5. *Thực thể giám sát cho Sender-Receiver*

Trong mô hình mở rộng này, chúng tôi sử dụng các sự kiện bổ sung SIG_1 và SIG_2 cho mục đích giám sát. *ME_SR* ở trạng thái lắng nghe *Listen*, khi nhận được sự kiện SIG_1 và SIG_2 thì *ME_SR* chuyển sang trạng thái *Report* thực hiện tạo báo cáo giám sát.

4. Mô hình giám sát

4.1. Mô hình giám sát cơ bản

Mục tiêu chung của hệ thống giám sát là quan sát, theo dõi và thu thập thông tin về hoạt động của các thành phần và tương tác truyền thông của các đối tượng trong hệ thống, phục vụ cho các mục đích quản trị cụ thể, thông tin này hỗ trợ tích cực cho người quản trị. Kiến trúc giám sát tổng quát có thể chia làm 3 phần [15]:



Hình 6. *Mô hình giám sát tổng quát*

Ứng dụng giám sát *MA* (Monitoring Application) hỗ trợ tác nhân quản trị tạo ra các yêu cầu giám sát và trình bày kết quả thực hiện giám sát.

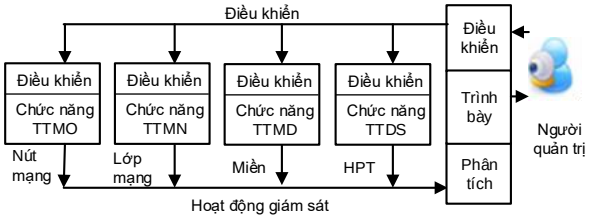
Thực thể giám sát *ME*(Monitoring Entity) thực hiện tác vụ đo kiểm các đối tượng được giám sát, thông tin về hệ thống sau khi được đo kiểm sẽ được xử lý, tạo ra báo báo giám sát tương ứng.

Trong hệ thống giám sát HPT thì các thực thể giám sát được thiết kế phù hợp với yêu cầu giám sát đặt ra, hoạt động độc lập trên các vùng được giám sát và thực hiện trao đổi thông tin giám sát bằng các thông điệp.

4.2. Mô hình giám sát hành vi các đối tượng trong HPT

Trong thời gian gần đây, việc ứng dụng tác tử giám sát đạt được một số kết quả khả quan như *MonALISA* [10], hệ thống giám sát của *Manzoor* [16], hệ thống quản trị mạng thông minh của Sheng-Yuan Yang [14]. Tuy nhiên, mô hình tác tử giám sát trạng thái và hoạt động tương tác truyền thông giữa các đối tượng trong HPT cần được tiếp tục nghiên cứu, phát triển phù hợp hơn với kiến trúc phân cấp của HPT, dễ dàng thích ứng với những biến động hành vi trong quá trình hoạt động của HPT.

Từ các kết quả nghiên cứu về các hệ thống giám sát và phương pháp mô hình hành vi cho hệ HPT, kiến trúc của hệ thống đa tác tử giám sát được chúng tôi đề xuất theo mô hình phân cấp gồm 4 mức như hình 7.



Hình 7. *Mô hình đa tác tử giám sát HPT*

Kiến trúc phân cấp của hệ thống giám sát được thiết kế theo 4 mức: mức nút mạng với tác tử *TTMO*, mức lớp mạng với tác tử *TTMN*, mức miền quản trị với tác tử *TTMD* và mức toàn cục hệ thống với tác tử *TTDS*. Hệ thống giám sát hoạt động theo 2 kênh độc lập: kênh điều khiển và kênh hoạt động giám sát.

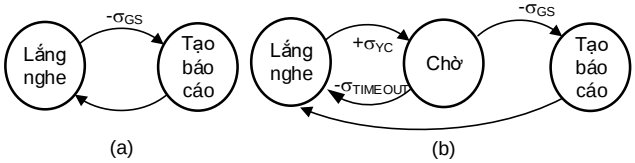
Kênh điều khiển cho phép tác tử thực hiện các yêu cầu giám sát và cập nhật các thông tin quản trị tương ứng.

Kênh hoạt động giám sát (phần chức năng giám sát) cho phép thực hiện các truyền nhận báo cáo giám sát liên quan, sau khi ứng dụng giám sát nhận được báo cáo sẽ thực hiện phân tích và trình bày kết quả giám sát cho người quản trị.

Tác tử giám sát nút mạng TTMO được cài đặt trên các nút mạng, thực hiện thu thập thông tin về hoạt động của nút mạng được giám sát và tạo các báo cáo giám sát liên quan. Thông tin chi tiết thu thập được lưu vào cơ sở dữ liệu giám sát cục bộ để phục vụ cho các yêu cầu truy vấn lịch sử giám sát, đồng thời gửi các báo cáo giám sát cho tác tử *TTMN*.

Tác tử giám sát lớp mạng TTMN chịu trách nhiệm xử lý, tổng hợp và phân tích thông tin nhận được từ các báo cáo giám sát của tác tử *TTMO*, tạo các báo cáo giám sát về lớp mạng được giám sát, đồng thời lưu trữ thông tin giám sát vào cơ sở dữ liệu giám sát cục bộ để phục vụ cho các yêu cầu truy vấn lịch sử giám sát. *Tác tử giám sát miền TTMD và toàn cục TTDS* thực hiện xử lý, tổng hợp và phân tích thông tin nhận được, đồng thời tạo các báo cáo giám sát mức miền quản trị và toàn cục HPT.

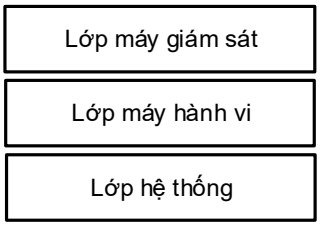
Hoạt động quan sát, thu thập thông tin hành vi các nút mạng dựa trên cơ sở máy trạng thái truyền thông được trình bày trong hình 8, bao gồm 2 loại: tự động thu nhận thông tin hành vi cần giám sát (hình 8a) và chủ động phát yêu cầu (hình 8b).



Hình 8. *Máy trạng thái giám sát hoạt động của nút mạng*

Máy giám sát liên tục ở trạng thái lắng nghe để chờ nhận sự kiện cần giám sát - δ_{GS}, khi nhận được sự kiện quan tâm sẽ chuyển sang trạng thái tạo báo cáo giám sát để thực hiện quá trình xây dựng báo cáo giám sát. Trong một số trường hợp đặc biệt, máy giám sát sẽ chủ động yêu cầu thông tin cần giám sát.

Như vậy, hoạt động giám sát hành vi của các đối tượng trong HPT được xây dựng dựa vào giải pháp được trình bày như hình 9.



Hình 9. *Giải pháp cho tác tử giám sát hành vi*

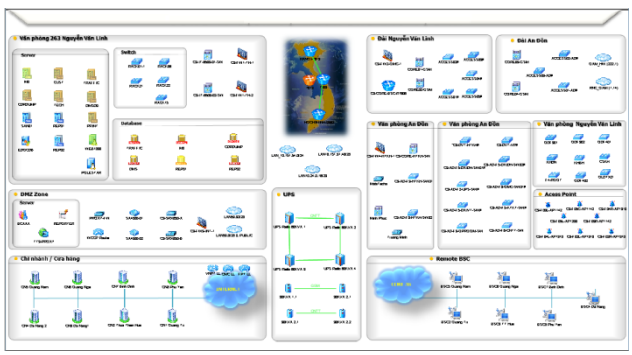
Lớp hệ thống bao gồm hệ điều hành, các chương trình điều khiển, công cụ hệ thống hoặc các giao tiếp của các hệ thống giám sát khác cung cấp, lớp này cung cấp thông tin về hoạt động, các sự kiện tương ứng của các thành phần tài nguyên phần cứng, tài nguyên phần mềm.

Lớp máy hành vi bao gồm tập hợp các máy trạng thái truyền thông tương ứng của các đối tượng được giám sát, lớp này được sử dụng làm cơ sở mô tả các trạng thái, các sự kiện của các thành phần và hỗ trợ cung cấp thông tin cần thiết về hành vi của đối tượng được giám sát.

Lớp máy giám sát là các thực thể giám sát, bao gồm các máy trạng thái giám sát, có chức năng thu thập thông tin hoạt động trực tiếp từ các máy hành vi ở *Lớp máy hành vi*, hoặc gián tiếp thu thập thông tin giám sát từ quan sát các trạng thái các thành phần của đối tượng được giám sát, thông qua kết nối trực tiếp với các thư viện, các công cụ được cung cấp ở *Lớp hệ thống*.

5. Thực nghiệm giám sát hoạt động nút mạng

Trên cơ sở biểu diễn hành vi các đối tượng trong HPT dựa vào máy trạng thái hữu hạn truyền thông, mô hình giám sát hành vi được trình bày trong phần trên, chúng tôi xây dựng công cụ thực nghiệm giám sát hoạt động tương tác truyền thông và trạng thái kết nối các nút mạng tại Công ty Dịch vụ Mobifone Khu vực 3 (MBF3) có sơ đồ logic như hình 10.



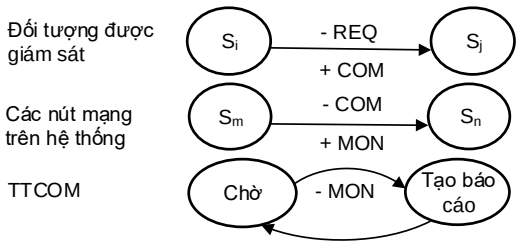
Hình 10. *Sơ đồ logic của hệ thống mạng tại MBF3*

Về mặt kết nối vật lý, tất cả các miền quản trị và các thiết bị của các hệ thống CNTT tại MBF3 được kết nối về bộ chuyển mạch lõi Nexus 7009 và bộ định tuyến lõi Cisco ASR 9010, thực hiện kết nối chuyển mạch cho các vùng quản trị ở miền Trung - Tây Nguyên, đồng thời thực hiện chức năng định tuyến kết nối *WAN* đi các hệ thống CNTT tại Hà Nội và thành phố Hồ Chí Minh. Hoạt động sản xuất kinh doanh được thực hiện qua các dịch vụ phân tán quan trọng như chăm sóc khách hàng, dịch vụ giá trị gia tăng, thanh toán trực tuyến.

Thông tin kết nối của các nút mạng cũng như các hoạt động tương tác truyền thông trong MBF3 thực sự cần thiết cho người quản trị hệ thống, hỗ trợ người quản trị biết được các lỗi kết nối phát sinh, các vùng mạng liên quan, các hoạt động tương tác truyền thông liên quan đang diễn ra trên hệ thống. Từ đó, giúp người quản trị kịp thời phát hiện các nút mạng lỗi phát sinh trong quá trình hệ thống hoạt động.

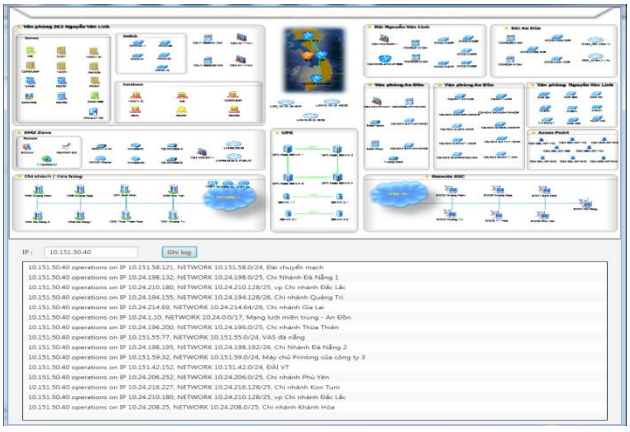
5.1. Giám sát hoạt động tương tác giữa các nút mạng

HPT là hệ thống phức tạp, giám sát trực tuyến hoạt động tương tác giữa nút mạng luôn là thách thức cho người quản trị. Các công cụ giám sát hiện nay rất khó khăn và mất nhiều thời gian để xác định hoạt động này, bởi vì người quản trị sử dụng các công cụ rời rạc hoặc phải dựa vào dữ liệu lịch sử các hệ thống bảo mật để phân tích. Tuy nhiên, với mô hình hành vi được đề xuất như hình 11 sẽ giúp cho giám sát các hoạt động tương tác một cách nhanh chóng và hỗ trợ tích cực hơn cho người quản trị.



Hình 11. *Mô hình hành vi cho hoạt động tương tác*

Các đối tượng trong MBF3 nhận được yêu cầu tương tác *–COM* từ đối tượng được giám sát và gửi sự kiện *+MON* cho tác tử giám sát *TTCOM*. *TTCOM* được triển khai cho các nút mạng trong hệ thống MBF3 để thu thập thông tin tương tác. Kết quả giám sát hoạt động tương tác các đối tượng trong MBF3 được trình bày trong hình 12.



Hình 12. *Giám sát hoạt động tương tác trên MBF3*

Để thực hiện giám sát hoạt động tương tác của một nút mạng với các công cụ hệ thống, thì thời gian giám sát trung

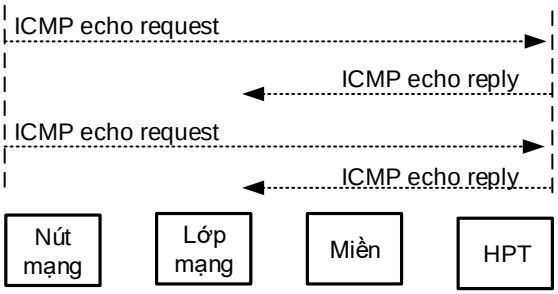
bình 6s bao gồm truy nhập từ xa, xác thực username và password, gõ lệnh kiểm tra kết nối và các tham số. Trong khi đó, giám sát bằng phương pháp truyền thông điệp của các tác tử giám sát có thời gian trung bình (đảm bảo hiệu năng hệ thống MBF3) là 200ms cho báo cáo sự kiện tương tác. Như vậy, kết quả giám sát sẽ tốt hơn 5.800ms cho 1 giao dịch giám sát.

5.2. Giám sát trạng thái kết nối với giao thức ICMP

Trạng thái kết nối của nút mạng là thông tin quan trọng đối với người quản trị hệ thống, cần có giải pháp hiệu quả để có thể nhanh chóng phát hiện được các nút mạng bị mất kết nối và các vùng mạng liên quan. Trong phần trình bày này, chúng tôi tập trung trình bày ứng dụng giao thức *ICMP* (Internet Control Message Protocol) với mô hình phân cấp được đề xuất để giám sát kết nối các nút mạng trong hệ thống MBF3.

Giao thức *ICMP* là giao thức ở tầng liên mạng (Internet layer) của môi trường mạng *TCP/IP*, được sử dụng phổ biến trong việc xác định trạng thái thiết bị mạng. Trong ứng dụng giám sát trạng thái nút mạng cần đảm bảo tốc độ truyền thông với độ trễ thấp, cho phép bỏ qua một số lỗi nhỏ và đảm bảo về mặt băng thông thấp nên việc sử dụng giao thức *UDP* và *ICMP* trong mô hình *TCP/IP* là phù hợp. Đồng thời, trong mô hình giám sát trạng thái được chúng tôi đề xuất, thay vì sử dụng *ICMP* trực tiếp giữa các nút mạng trong một hệ thống lớn sẽ kém hiệu quả, chúng tôi sử dụng *ICMP* cho từng lớp mạng cụ thể trong hệ thống nên việc triển khai giám sát hiệu quả hơn.

Giao thức *ICMP* cung cấp thông điệp *ICMPechorequest* và *ICMPechoreply* cho phép xác định kết nối của nút mạng.Với hiện trạng hệ thống MBF3 được trình bày trong hình 10, chính sách quản trị cho phép các nút mạng hoàn toàn có thể thực hiện tương tác truyền thông với nhau qua các vùng miền và được phép thực hiện các gói tin *ICMP* trên toàn hệ thống của MBF3. Để giám sát kết nối của nút mạng trên hệ thống MBF3, người quản trị sử dụng công cụ tích hợp hệ thống như *Ping* hoặc các công cụ hỗ trợ *scanner* để tạo ra các gói tin *ICMP*. Phương pháp giám sát này thực hiện theo mô hình được trình bày trong hình 13.



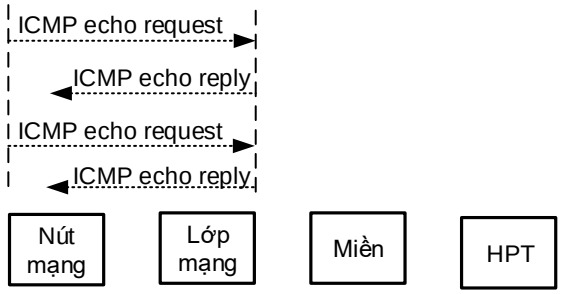
Hình 13. *Mô hình hoạt động ICMP với công cụ hệ thống*

Theo mô hình này, các gói tin *ICMPechorequest* được tạo ra từ máy chủ giám sát của người quản trị gửi đến các nút được giám sát trên hệ thống MBF3. Vì vậy, các gói tin *ICMP* được truyền thông trên toàn bộ hệ thống MBF3, sẽ ảnh hưởng đến hoạt động của hệ thống gồm 500 nút mạng được giám sát. Kết quả sử dụng *Ping* trong môi trường hệ điều hành Windows để giám sát được trình bày như hình 14. Thời gian cho kết quả giám sát từ 3s đến 5s (bao gồm phần lệnh, tham số và kết quả trả về).

```
13/03/2017 11:28:05:23

Pinging 10.151.50.43 with 32 bytes of data:

Reply from 10.151.50.43: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 10.151.50.43: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 10.151.50.43: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 10.151.50.43: bytes=32 time=1ms TTL=128

Ping statistics for 10.151.50.43:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 1ms, Maximum = 2ms, Average = 1ms
13/03/2017 11:28:08:29
```

Hình 14. *Kết quả thực hiện giám sát với công cụ Ping*

Với mô hình giám sát phân cấp được đề xuất trong mục 4.2, giám sát kết nối của nút mạng trên hệ thống MBF3 được thực hiện như hình 15. Theo mô hình này, các gói tin *ICMP* sẽ được truyền thông trong từng lớp mạng cụ thể của MBF3, sẽ hạn chế được lan truyền các gói tin *ICMP* trên toàn bộ hệ thống MBF3.



Hình 15. *Mô hình giám sát MBF3 với giao thức ICMP*

Với hệ thống mạng 1Gb/s cho phép tốc độ là 81.274 khung dữ liệu/s với kích khung lớn nhất là 1.538 byte [20]. Để đảm bảo hiệu năng hệ thống thực tế tại MBF3, việc triển khai thực hiện 5-10 thông điệp ICMP/s để giám sát tại các máy chủ giám sát lớp mạng, kết quả giám sát tích cực hơn mô hình công cụ hệ thống trong khoảng thời gian từ 1.450s đến 2.400s.

Một số nhận xét triển khai giám sát trạng thái kết nối với giải pháp mô hình phân cấp và công cụ hệ thống được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. *Bảng nhận xét mô hình giám sát với ICMP*

STT	Nội dung	Mô hình phân cấp	Mô hình công cụ hệ thống
1	Kiến trúc giám sát	Theo 4 mức: nút mạng, lớp mạng, miền và toàn cục	Trực tiếp điểm – điểm
2	Thực hiện giám sát	Tự động theo mức lớp mạng– nút mạng	Thủ công giữa nút quản trị và các nút mạng
3	Phạm vi truyền thông	Thông điệp *ICMP* được truyền giữa mức lớp mạng – nút mạng	Thông điệp *ICMP* được truyền trên toàn hệ thống được giám sát
4	Thời gian giám sát	Tổng thời gian giám sát cho 500 thiết bị tại MBF3 từ 50s – 100s	Tổng thời gian giám sát cho 500 thiết bị tại MBF3 từ 1.500s – 2.500s

6. Kết luận

Hành vi của đối tượng được giám sát trong hệ phân tán có vai trò quan trọng trong việc hỗ trợ phát triển giải pháp giám sát, cung cấp cho người quản trị các thông tin cần thiết về các đối tượng như các hoạt động, các trạng thái và sự kiện tương ứng. Với mô hình giám sát phù hợp, người quản trị hệ thống có thể nhanh chóng phát hiện các hoạt động tương tác, các trạng thái, cũng như các sự kiện cần quan tâm từ thông tin hành vi này. Bài báo đề xuất mô hình giám sát phân cấp bao gồm 4 mức (nút mạng, lớp mạng, miền quản trị và toàn cục hệ thống), mô hình hỗ trợ người quản trị giám sát các hoạt động tương tác truyền thông và trạng thái kết nối các nút mạng trong MBF3. Mô hình giám sát phân cấp khắc phục những hạn chế của công cụ giám sát hiện nay trong quá trình giám sát hệ phân tán.

Để triển khai hiệu quả giám sát hành vi cho các đối tượng trong hệ phân tán, chúng tôi tiếp tục nghiên cứu chi tiết hơn về các trạng thái, sự kiện cụ thể của các đối tượng trong hệ phân tán, áp dụng các thuật toán tối ưu tính toán và xử lý khối lượng lớn thông tin giám sát thu được từ các thành phần, đối tượng được giám sát trong hệ phân tán quy mô lớn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Ajay Kshemkalyani, Mukesh Singhal, "Distributed Computing Principles, Algorithms, and Systems", Cambridge University Press, 2008.

[2] Andrew Stuart Tanenbaum, *Modern Operating Systems*, 3rd Edition, Pearson Prentice Hall, 2008.

[3] Andrew Stuart Tanenbaum, Maarten Van Steen, *Distributed Systems: Principles and Paradigms*, 2nd Edition, Prentice Hall, 2007.

[4] Christos Cassandras, Stéphane Lafortune, *Introduction to Discrete Event Systems*, 2nd edition, Springer, 2008.

[5] George Coulouris, Jean Dollimore, Tim Kindberg and Gordon Blair, *Distributed systems concepts and design*, 5th Edition, Addison Wesley Press, May 2011.

[6] Gerard J. Holzmann, *Design and validation of computer protocols*, Prentice Hall, USA, 1991.

[7] Jeffrey Joyce, Greg Lomow, Konrad Slind, Brian Unger, "Monitoring Distributed Systems", ACM Transactions on Computer Systems, 5(2), 1987, pp. 121-150.

[8] Kwang-Hui Lee, "A Distributed Network Management System", Global Telecommunications Conference, IEEE,1994.

[9] Lê Văn Sơn, *Hệ tin học phân tán*, NXB Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh, 2002.

[10] Newman Harvey B., Legrand Iosif C., Galvez Philippe, Voicu Ramiro, Cirstoiu Catalin. 2003. MonALISA: A distributed Monitoring Service Architecture, Proceedings of Computing in High Energy and Nuclear Physics (CHEP), pp. 680-687, 2003.

[11] Nguyễn Thúc Hải, *Mạng máy tính và các hệ thống mở*, NXB Giáo dục, Hà Nội, 1997.

[12] Phuc Tran Nguyen Hong, Son Le Van, "An online monitoring solution for complex distributed systems based on hierarchical monitoring agents", KSE 2013 conference, Springer, 2013, pp.191-202.

[13] Sean Convery, "Network Security Architectures", *Cisco Press*, 2004.

[14] Sheng-Yuan Yang, Yi-Yen Chang, "An active and intelligent network management system with ontology-based and multi-agent techniques", *Expert Systems with Applications*, 38(8), 2011, pp. 10320-10342.

[15] Trần Nguyễn Hồng Phúc, Lê Văn Sơn, "Một phương pháp mô hình hóa kiến trúc cho các đối tượng được giám sát trong hệ phân tán", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng*, 1(74), 2014, pp. 55-58.

[16] Umar Manzoor, Samia Nefti, "An agent based system for activity monitoring on network", *Journal Expert Systems with Applications*, 36(8), 2009, pp. 10987-10994.

[17] Weilong Hu, Hessam S. Sarjoughian, "A co-design modeling approach for computer network systems", *Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference*, 2007, pp. 1729-1736.

[18] Xavier Logean, "Run-time Monitoring and On-line Testing of Middleware Based Communication Services", PhD dissertation, Swiss Federal, 2000.

[19] Yannick Pencolé, marie-odile cordier, Laurence Rozé, "A decentralized model-based diagnostic tool for complex systems", *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 11 (3), 2002, pp. 327-346.

[20] http://www.cisco.com/c/en/us/about/security-center/network-performance-metrics.html [Truy cập: 01/12/2016].

(BBT nhận bài: 20/03/2017, hoàn tất thủ tục phản biện: 28/03/2017)