

# PHÂN TÍCH MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP ĐỂ ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY CHO MẠNG TRUNG TÂM DỮ LIỆU ĐIỆN TOÁN Đám Mây

ANALYSIS OF SOME METHODS FOR TO EVALUATE RELIABILITY FOR CLOUD COMPUTING DATA CENTER NETWORK

Dương Thị Vân\*, Trần Đức Thắng,  
Nguyễn Hoàng Trung, Nguyễn Thế Vinh

## TÓM TẮT

Với sự bùng nổ của Mạng trung tâm dữ liệu (Data center network), làm cho các hoạt động kinh doanh, sản xuất cũng như các dịch vụ đa phương tiện, các ứng dụng mạng ngày càng phụ thuộc vào nó. Điều này đòi hỏi các nhà cung cấp hạ tầng phải đảm bảo hệ thống mạng trung tâm dữ liệu phải có độ tin cậy và sẵn sàng cao để duy trì tính liên tục cho hệ thống. Tuy nhiên việc đánh giá độ tin cậy và tính sẵn sàng cho hệ thống chỉ mới dừng ở mức đầu tư trang thiết bị và xây dựng hệ thống dự phòng nóng. Nhiều nghiên cứu đưa ra mô hình đánh giá độ tin cậy và tính sẵn sàng cho DCN, nhưng các nghiên cứu mới dừng lại ở mức đánh giá định tính. Trong bài báo này, chúng tôi phân tích một số phương pháp đánh giá độ tin cậy: Reliability Block Diagrams (RBDs), Fault Tree Analist (FT), Chuỗi Markov (MC) và mạng Bayes, trên cơ sở đó áp dụng để đánh giá độ tin cậy cho một kiến trúc DCN điển hình. Việc đánh giá chỉ số tin cậy của hệ thống một cách định lượng hữu ích cho cả người thiết kế hệ thống và người dùng.

**Từ khóa:** Mạng trung tâm dữ liệu; Độ tin cậy; Sơ đồ khối tin cậy; Cây lỗi; Chuỗi Markov; Mạng Bayes.

## ABSTRACT

The explosion of DCN (Data center network) making business activities, production as well as multimedia services, network applications are increasingly dependent on it. This requires infrastructure providers to ensure that the data center network system has high reliability and availability to maintain the continuity of the system. However, the assessment of reliability and availability for the system is just limited to investing in equipment and building a hot backup system. Many studies have offered models for assessing reliability and readiness for DCN, but these studies just stop at qualitative evaluation. In this paper, we study and analyze several methods of reliability assessment such as Reliability Block Diagrams (RBDs), Fault Tree Analist (AFT), Markov Chain (MC) and Bayes network, based on it applies to assessing the reliability of a typical DCN architecture. Quantitative assessment of system reliability indicators will take the useful for both system designers and users.

**Keywords:** Data Center NetWork; Reliability; Reliability Block Diagrams (RBDs), Fault Tree, Markov Chain, Network Bayes.

Viện Công nghệ Thông tin, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

\*Email: duongvan85@gmail.com

Ngày nhận bài: 15/10/2019

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 10/12/2019

Ngày chấp nhận đăng: 20/12/2019

## CHỮ VIẾT TẮT

DCN	Mạng trung tâm dữ liệu
DC	Trung tâm dữ liệu
MC	Chuỗi Markov
RBD	Sơ đồ khối tin cậy
BN	Mạng Bayes
AFT	Cây phân tích lỗi

## 1. GIỚI THIỆU

Trong các hệ sinh thái công nghệ thông tin hiện đại, trung tâm dữ liệu (DC) đóng vai trò là lõi trung tâm của hệ thống. Hệ thống mạng vật lý khổng lồ gồm các máy chủ trong DCN [1] tạo điều kiện hoạt động trực tuyến liên tục cho các doanh nghiệp và dịch vụ thông tin từ khắp nơi trên thế giới. Theo yêu cầu nghiêm ngặt để giảm thiểu bất kỳ thảm họa và mất hệ thống. Hệ thống DC đang trong quá trình mở rộng nhanh chóng và thiết kế sao cho độ tin cậy và sẵn sàng cao [2]. Hạ tầng mạng và viễn thông đang phát triển mạnh mẽ, với nhiều nhà cung cấp dịch vụ thông tin di động, hàng chục nhà cung cấp dịch vụ Internet và hàng chục triệu thuê bao sử dụng các nền tảng công nghệ hiện đại. Cùng với sự phát triển như vũ bão của hạ tầng, bên cạnh các hãng lớn trên thế giới cung cấp về hạ tầng và ứng dụng điện toán đám mây như Google, Amazone, Rackspace,... ngày càng có nhiều các tập đoàn, công ty trong nước xây dựng và phát triển hạ tầng, dịch vụ trên nền điện toán đám mây như Viettel, VNPT, ISP,... Nhưng trong quá trình vận hành, việc gặp lỗi của các thành phần mạng trong DC là không thể tránh khỏi. Do đó, các mạng yêu cầu các cơ chế điều chỉnh tự động và khôi phục các dịch vụ mạng tại thời điểm hỏng cho đến khi có thể sửa chữa hoàn toàn các lỗi của các nút/liên kết. Sự cố ngừng dịch vụ do bất kỳ loại hỏng hóc nào tại DC, DC sẽ phải chịu chi phí lớn cho cả nhà cung cấp và khách hàng. Một nghiên cứu được thực hiện bởi Viện Ponemon [14] trong số 63 DC cho thấy, chi phí trung bình kể từ năm 2010 do thời gian chết của mỗi DC đã tăng 48% từ 500.000USD lên 740.357USD. Ngoài ra, theo báo cáo [15] về tỷ lệ thất bại trong cụm 1.800 máy chủ vật lý của Google (được sử dụng làm khối xây dựng trong cơ sở hạ tầng CNTT của Trung tâm dữ liệu Google), có khoảng 1.000 lỗi máy cá

nhân và hàng nghìn lỗi ổ cứng trong mỗi cụm trong năm đầu tiên hoạt động, chi phí sửa chữa mỗi lần hỏng lên tới gần 300USD, không tính đến tổn thất trực tiếp do sự thất bại về doanh thu hoạt động kinh doanh.

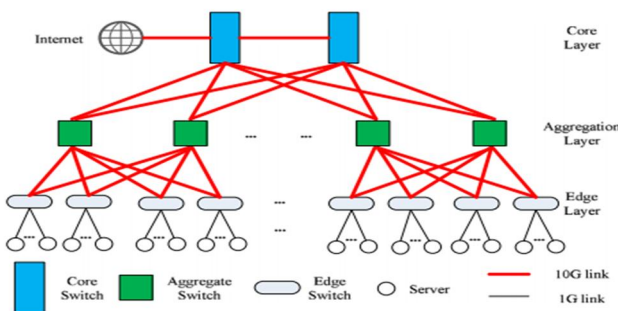
Như vậy, để hệ thống hoạt động an toàn, không có lỗi hoặc ít gặp các sự kiện không mong muốn có thể xảy ra, việc phát hiện và đề phòng luôn là bài toán nan giải. Để cải thiện độ an toàn và độ tin cậy của hệ thống, các nhà thiết kế và phân tích phải đưa ra quyết định đánh giá dựa trên các đánh giá định lượng về rủi ro và ảnh hưởng liên quan đến thiết kế, thay thế hoặc các hành động giảm thiểu rủi ro khác. Những thách thức này phức tạp hơn khi các phương pháp thủ công để phân tách lỗi và phân tích rủi ro trong các hệ thống lớn và phức tạp là không khả thi.

Phân tích độ tin cậy đóng một vai trò quan trọng trong việc xác định các vấn đề hiện có trong các mạng truyền thông cũng như trong các trung tâm dữ liệu, hạn chế các thảm họa trong tương lai bằng cách dự đoán hành vi, cung cấp hỗ trợ ra quyết định trong việc thiết kế hạ tầng cũng như cảnh báo những lỗi tiềm ẩn [16]. Cụ thể, dự đoán độ tin cậy cho phép chúng tôi xác định xác suất xảy ra lỗi của hệ thống DCN, duy trì độ tin cậy chấp nhận được theo điều kiện môi trường và đánh giá tác động của thay đổi thiết kế với độ tin cậy của hệ thống tổng thể [17].

Do đó, nhóm tác giả tập trung nghiên cứu một số phương pháp tính toán đánh giá độ tin cậy của hệ thống bằng cách mô hình hóa hệ thống vật lý phức tạp thành các mô hình logic đơn giản để tính xác suất độ tin cậy của các mạng trung tâm dữ liệu, là tiêu chí quan trọng trong thiết kế hệ thống DCN, cũng như đáp ứng nhu cầu về tính đảm bảo an toàn, liên tục cho người dùng.

**2. ĐỘ TIN CẬY CỦA HỆ THỐNG DCN**

DCN kết nối các thành phần vật lý của trung tâm dữ liệu để hỗ trợ các dịch vụ đám mây. Nhu cầu sử dụng ngày càng tăng, đòi hỏi DCN phải có khả năng kết nối hàng trăm nghìn hoặc thậm chí hàng triệu máy chủ và cung cấp đủ băng thông để đảm bảo chất lượng dịch vụ đám mây nhưng cũng cần đảm bảo linh hoạt, đáng tin cậy và có độ bảo mật cao để đảm bảo các ứng dụng khác nhau chạy ổn định và hiệu quả.



Hình 1. Kiến trúc DCN truyền thống

Kiến trúc DCN truyền thống có kiến trúc giống như cây ba lớp, đa tầng như hình 1 [22], bao gồm ba lớp: lớp lõi, lớp chuyển mạch, lớp cạnh.

DCN truyền thống không thể đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng của dịch vụ đám mây, nó có một số nhược điểm như giới hạn băng thông, kém linh động, hiệu quả thấp, cấp phức tạp, giá thành cao. Kiến trúc DCN hiện nay có nhiều cải tiến tối ưu hơn kiến trúc DCN truyền thống như không giới hạn băng thông, linh động, cấp đơn giản, tính sử dụng cao, chi phí thấp. Nhưng trong quá trình vận hành vẫn thường gặp những rủi ro không mong muốn.

Độ tin cậy được định nghĩa là xác suất của hệ thống hoặc thành phần phụ hoạt động chính xác trong các điều kiện nhất định trong một khoảng thời gian nhất định [5]. Chẳng hạn, độ tin cậy của các nút mạng là xác suất một tập hợp hoạt động của các cạnh nối giữa các cặp nút [6]. Độ tin cậy của hệ thống mạng nói chung là tiêu chí thiết yếu trong quá trình xây dựng và vận hành để đảm bảo hệ thống hoạt động liên tục và an toàn. Với nhu cầu cấp thiết về đánh giá độ tin cậy cho các DCN hiện đại, trên thế giới đã và đang có nhiều các nghiên cứu tập trung vào lĩnh vực này [4, 5, 6, 7, 10, 13, 16, 17, 18, 23]. Các nghiên cứu này chủ yếu để ra các mô hình riêng lẻ được giải quyết và phân tích theo cách riêng biệt. Các mô hình để ra được xây dựng từ các kỹ thuật phân tích như: Sơ đồ khối tin cậy (RBD) [19], Fault Tree (FT) [20] và Chuỗi Markov (MC) [21]. Mục tiêu của nghiên cứu cung cấp cái nhìn tổng quan về các kỹ thuật mô hình hóa và phân tích độ tin cậy trong hệ thống truyền thông nói chung và hệ thống DCN nói riêng, từ đó đưa ra ưu, nhược điểm của mỗi phương pháp, cách thức sử dụng trong từng bài toán cụ thể để đạt được hiệu quả cao nhất trong việc đánh giá độ tin cậy của hệ thống.

**3. MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY ĐIỂN HÌNH**

**3.1. Sơ đồ khối tin cậy (RBDs - reliability block diagrams)**

Sơ đồ khối độ tin cậy (RBD) [19] là biểu diễn đồ họa của các thành phần trong hệ thống. Phân tích RBD có thể sử dụng phương pháp định tính hoặc định lượng. Độ tin cậy của hệ thống được xác định dựa trên độ tin cậy của các thành phần con riêng lẻ. Độ tin cậy của hệ thống theo RBD được xác định theo công thức toán học như sau:

$$R_{series}(t) = \Pr\left(\bigcap_{i=1}^N A_i(t)\right) = \prod_{i=1}^N R_i(t) \tag{1}$$

$$R_{parallel}(t) = \Pr\left(\bigcap_{i=1}^N A_i(t)\right) = 1 - \prod_{i=1}^N (1 - R_i(t)) \tag{2}$$

$$R_{parallel-series}(t) = \Pr\left(\bigcup_{i=1}^M \bigcap_{j=1}^N A_{ij}(t)\right) = 1 - \prod_{i=1}^M \left(1 - \prod_{j=1}^N R_{ij}(t)\right) \tag{3}$$

$$R_{series-parallel}(t) = \Pr\left(\bigcap_{i=1}^N \bigcup_{j=1}^M A_{ij}(t)\right) = \prod_{i=1}^N \left(1 - \prod_{j=1}^M (1 - R_{ij}(t))\right) \tag{4}$$

$$R_{k:n}(t) = \Pr\left(\bigcup_{i=k}^n \left\{ \text{axactly } i \text{ components functioning} \right\}\right) = \sum_{i=k}^n \binom{n}{i} R^i (1-R)^{n-i} \tag{5}$$

Trong đó,  $A_i(t)$  đại diện cho độ tin cậy của thành phần con thứ  $i$ ,  $R_i(t)$ ,  $R_{ij}(t)$  đại diện cho độ tin cậy của thành phần

con thứ i kết nối nối tiếp hoặc song song với thành phần con thứ j của hệ thống.

Theo phương pháp RBD, để xác định độ tin cậy của hệ thống, bắt đầu bằng việc phân vùng logic của hệ thống thành các thành phần con riêng lẻ, độc lập. Việc phân vùng này có thể dựa trên hành vi chức năng hoặc thực tế của việc kết nối các thành phần trong hệ thống. Tiếp theo là xây dựng RBD dựa theo việc gán chỉ số lỗi cho từng thành phần. Đánh giá và tính toán độ tin cậy cho toàn hệ thống dựa vào biểu thức toán học như 1-5.

Sơ đồ tin cậy RBD thực hiện phân tích độ tin cậy và tính khả dụng của các thành phần trên hệ thống lớn và phức tạp, sử dụng sơ đồ khối để hiển thị mối quan hệ giữa các thành phần. Cấu trúc của sơ đồ tin cậy xác định tương tác logic của các lỗi trong một hệ thống được yêu cầu duy trì vận hành.

**3.2. Phân tích cây lỗi (FTA - fault tree analysis)**

Phân tích cây lỗi (FTA) xác định xác suất trạng thái không mong muốn của một hệ thống để xác định các trường hợp có thể xảy ra sự kiện không mong muốn. Phân tích cây lỗi sử dụng cấu trúc cây để phân rã các lỗi hệ thống thành tổ hợp các sự kiện cấp thấp hơn kết hợp với các cổng logic để mô hình hóa các tương tác của hệ thống. Phương trình Boolean được sử dụng để xây dựng và đơn giản hóa cây FTA. Khi cây FTA được xây dựng, các phương trình Boolean được sử dụng để đánh giá và xác định chỉ số tin cậy của hệ thống. Xác định độ tin cậy của hệ thống theo phương pháp FTA được xây dựng từ sơ đồ hình cây kết hợp với các biểu thức logic tương ứng như 6-10.

$$R_{AND.gate}(t) = Pr\left(\bigcap_{i=2}^N A_i(t)\right) = \prod_{i=2}^N R_i(t) \tag{6}$$

$$R_{NOR}(t) = 1 - R_{OR}(t) = \prod_{i=2}^N (1 - R_i(t)) \tag{7}$$

$$R_{k/n}(t) = Pr\left(U_{i=k}^n \{ \text{axactly } i \text{ components functioning} \} \right) \tag{8}$$

$$= \sum_{i=k}^n \binom{n}{i} R^i (1-R)^{n-i}$$

$$R_{NAND}(t) = Pr\left(\bigcap_{i=2}^k \overline{A_i(t)} \cap \bigcap_{j=k}^N \overline{A_j(t)}\right) = \prod_{i=2}^k (1 - R_i(t)) * \prod_{j=k}^N R_j(t) \tag{9}$$

$$R_{XOR}(t) = Pr(\overline{A(t)B(t)} \cup \overline{A(t)\overline{B(t)}}) \tag{9}$$

$$= R_A(t)(1 - R_B(t)) + R_B(t)(1 - R_A(t))$$

$$R_{NOT}(t) = Pr(\overline{A(t)}) = (1 - R_A(t)) \tag{10}$$

Trong đó,  $R_{AND}$  là xác suất lỗi của cây với cổng AND,  $Pr(A_i)$ ,  $Pr(B_j)$  là xác suất của thành phần  $A_i$ ,  $B_j$  của hệ thống.

Phân tích định lượng của Fault Tree tập trung vào tính xác suất của hệ thống dựa trên xác suất lỗi của các sự kiện cơ bản. Quy trình tính xác định độ tin cậy của hệ thống được xác định như sau:

**3.3. Phân tích Markov**

Phân tích Markov (MC) là một quá trình ngẫu nhiên  $X(t)$  được định nghĩa trên không gian rời rạc.  $X(t)$  được xem là

chuỗi Markov khi xác định được trên không gian trạng thái một chuỗi thời gian tức thời ( $0 < t_1 < t_2 < \dots < t_m$ ). Khi đó, xác suất của hệ thống ở trạng thái  $X_m$  tại thời điểm tức thì  $t_m$  chỉ phụ thuộc vào trạng thái trước đó  $x_{(m-1)}$  tại thời điểm tức thời  $t_{(m-1)}$ . Biểu thức xác định xác suất của quá trình theo chuỗi Markov được xác định như sau:

$$Pr(X(t_m) = x^{(m)} | X(t_{m-1}) = x^{(m-1)}, \dots, X(t_1) = x^{(1)}) \tag{11}$$

$$= Pr(X(t_m) = x^{(m)} | X(t_{m-1}) = x^{(m-1)})$$

Trong đó,  $Pr(X(t_m))$  là xác suất của tập  $X$  tại thời điểm  $t_m$ .

Quá trình bắt đầu bằng việc xác định các sự kiện lỗi cơ bản, xác định các thành phần quan trọng của hệ thống. Tiếp theo gán xác suất lỗi cho các sự kiện cơ bản này. Không gian trạng thái trong mô hình Markov rất lớn nên các bước liên quan đến việc giảm không gian trạng thái của mô hình Markov bằng cách sử dụng định lý [26]. Khi xây dựng mô hình, việc phân tích bắt đầu bằng cách xác định xác suất ban đầu và sau đó mô hình Markov được sử dụng để phân tích hành vi động của các mô hình có độ tin cậy thay đổi. Khái niệm hành vi động thể hiện cho hệ thống hoặc cấu trúc có thay đổi theo thời gian, khi đó hệ thống được mô hình hóa theo các trạng thái của các thành phần.

**3.4. Phân tích mạng Bayes**

Trong mạng Bayes (BN), sự phụ thuộc của một thành phần có thể được xác định bởi liên kết giữa hai nút trong mối quan hệ cha con. Nút con đại diện cho thành phần phụ thuộc của nút cha. Vì thế, sự hoạt động ổn định của nút con là điều kiện để tính xác suất của nút cha. Định lý Bayes [27] được sử dụng để đánh giá xác suất có điều kiện của nút con bằng cách xem xét đánh giá xác suất liên kết với nút cha. Ngoài ra, nếu hai nút bất kì không có đường liên kết với nhau thể hiện các thành phần này không tương tác nghĩa là hệ thống bị lỗi. Vì vậy, xác suất của các thành phần này được đánh giá độc lập.

Xét một mạng Bayes với tập  $U = X_1; X_2; \dots X_n$  trong đó  $X_1; X_2; \dots X_n$  là các nút. Dựa trên quy tắc chuỗi, xác suất  $Pr\{X_1, X_2, \dots X_n\}$  là được xác định như biểu thức 12:

$$Pr(U) = Pr\{X_1, X_2, \dots, X_n\} = \prod_{i=1}^n Pr(X_i | \pi_i) \tag{12}$$

Trong đó,  $\pi_i$  đại diện cho tập hợp nút cha của nút con  $X_i$ ,  $Pr(U)$  là xác suất của tập  $U$ .

**3.5. Ưu điểm, nhược điểm của các phương pháp đánh giá độ tin cậy**

Bảng 1. Ưu, nhược điểm của các phương pháp đánh giá độ tin cậy

	Ưu điểm	Nhược điểm
Mô hình RBD	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cho phép mô hình hóa hệ thống sớm nhất, tiết kiệm chi phí khi có thay đổi về kiến trúc hệ thống</li> <li>Giúp các nhà phân tích dễ hình dung được hệ thống hơn phương pháp FT.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hệ thống phải được chia nhỏ thành các thành phần con, đòi hỏi nhà phân tích phải hiểu rõ về hệ thống</li> <li>Ước tính độ tin cậy của từng thành phần con không dễ cho mọi hệ thống</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>Không phải tất cả các hệ thống đều có thể mô hình hóa dễ dàng bởi kiến trúc nối tiếp, song song.</li> </ul>
Mô hình FTA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cho phép đánh giá xác suất lỗi của hệ thống phức tạp</li> <li>Xác định lỗi của hệ thống, để có biện pháp đối phó với chi phí thấp nhờ các đường dẫn của mô hình</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chỉ cho phép giải quyết một điều kiện hoặc sự kiện không mong muốn trong một mô hình, nhưng phải phân tích đầy đủ nhiều cây FTs của hệ thống</li> <li>FTs không phù hợp để đánh giá độ tin cậy hệ thống lớn, khi hệ thống tăng kích thước và độ phức tạp thì cây phân tích FT cũng tăng kích thước tương ứng đòi hỏi độ phức tạp tính toán lớn [23, 24].</li> </ul>
Markov Chains (MC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cung cấp một cách tiếp cận đơn giản cho mô hình ngẫu nhiên và dễ dàng tính toán xác suất cho các sự kiện</li> <li>Do cách tiếp cận mô hình đơn giản, nên nếu có lỗi yêu cầu phải thay đổi kiến trúc, hay cấu hình lại hệ thống thì thường đơn giản các phương pháp khác</li> <li>Các lỗi được phát hiện hoặc chưa được tìm ra của các thành phần thường là các sự kiện loại trừ lẫn nhau do đó chúng không thể được mô hình hóa để dành bằng các kỹ thuật RBD và FTA nhưng được mô hình hóa dễ dàng bằng mô hình Markov.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Số lượng các trạng thái gia tăng theo cấp số nhân khi kích thước hệ thống tăng lên, biểu thức tính xác suất của Markov trong các hệ thống lớn cũng phức tạp</li> <li>Việc sửa chữa và xử lý các lỗi trong mô hình này diễn ra liên tục vì thế làm hạn chế khả năng ứng dụng trong thế giới thực</li> <li>Việc cập nhật từ trạng thái này sang trạng thái khác có thể đưa hệ thống chuyển sang điều kiện mới [25].</li> </ul>
Bayes network (BN)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cho phép hiển thị rõ các liên kết giữa các thành phần khác nhau, hiểu rõ về mối quan hệ giữa các thành phần của hệ thống và ảnh hưởng của nó đối với hệ thống tổng thể</li> <li>Một lợi thế rõ ràng của BN so với các kỹ thuật đánh giá độ tin cậy khác là nó sử dụng thông tin trước để ước tính độ tin cậy hệ thống khi hệ thống bị giới hạn về dữ liệu để đánh giá.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Đôi khi thông tin có trước có thể không chính xác, do đó dẫn tới kết quả đánh giá sai lệch</li> <li>Giống như chuỗi Markov, khi hệ thống lớn, dữ liệu tăng lên, khó xử lý và tính toán</li> <li>Rất khó để có được thông tin trước đó của hệ thống.</li> </ul>

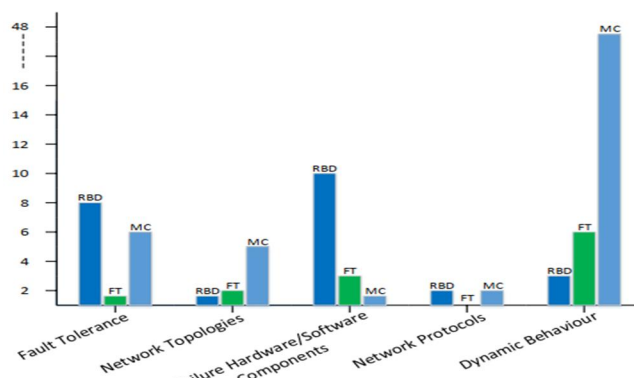
Trong phần này, chúng tôi trình bày quan điểm của mình về các kỹ thuật mô hình hóa độ tin cậy qua phân tích, so sánh, đánh giá các kỹ thuật RBD, FTA, MC, BN. Chúng tôi đưa ra những thảo luận về lợi thế và hạn chế của các phương pháp để ứng dụng chúng vào trong từng bài toán cụ thể. Nội dung đáng giá được thể hiện trong bảng 1.

Với những đặc trưng trên, sử dụng phương pháp nào vào từng bài toán cụ thể để đạt được hiệu quả cao nhất. Qua khảo sát, chúng tôi đưa ra được những lưu ý như trong bảng 2.

Bảng 2. So sánh các phương pháp đánh giá độ tin cậy [26]

Features	Reliability Block Diagram	Fault Tree	Markov Chain	Bayesian Network
Success Domain	√		√	√
Failure Domain		√	√	√
Top Down Approach	√	√	√	√
Identification and Prevention of Faults	√	√	√	√
Combinatorial Problems	√	√	√	√
Non-combinatorial Problems			√	√
Large and Complex Systems	√	√		

Các kỹ thuật phân tích độ tin cậy không những được dùng để mô hình hóa hệ thống và đánh giá mức độ lỗi/độ tin cậy của hệ thống mà còn được dùng để đánh giá khả năng chịu lỗi của phần mềm, phần cứng, phân tích đồ trễ, đặc điểm kênh truyền... Nhiều nghiên cứu được thực hiện dựa trên các phương pháp trên được thể hiện như hình 2 [26].

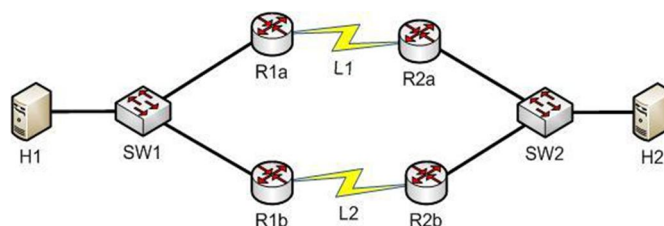


Hình 2. Các nghiên cứu liên quan với mỗi loại phương pháp

#### 4. KIẾN TRÚC MỘT DCN ĐIỂN HÌNH DÙNG ĐỂ MÔ PHỎNG

##### 4.1. Mô hình thử nghiệm

Để thuận tiện cho việc mô tả các kỹ thuật tính toán, chúng tôi xét hệ thống DCN điển hình gồm hai máy chủ vật lý H1 và H2, hai thiết bị chuyển mạch SW1, SW2 và hai thiết bị định tuyến R1 và R2, được kết nối vật lý với nhau như hình 3.



Hình 3. Kiến trúc DCN điển hình

Trong phạm vi bài báo, chúng tôi giả sử các các thiết bị hoạt động độc lập, độ tin cậy của từng thiết bị không phụ thuộc vào các thành phần khác mà chỉ phụ thuộc vào đặc tính vật lý của chính thiết bị đó.



**4.2. Kịch bản thử nghiệm**

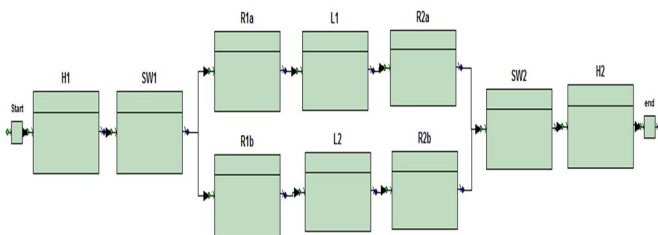
Sử dụng bộ công cụ ITEM ToolKit của ITEM để xây dựng sơ đồ khối của hệ thống DCN ở hình 3. Để đánh giá độ tin cậy cho DCN, chúng tôi chọn phương pháp RBD vì phương pháp này cho phép mô hình hóa hệ thống nhanh chóng và thuận tiện. Độ tin cậy của hệ thống được xác định dựa vào độ tin cậy của các thành phần vật lý của hệ thống đó. Tỷ suất lỗi của các thiết bị được ước tính trong quá trình vận hành, ví dụ một máy chủ hoạt động trong T = 100 giờ, thời gian lỗi của thiết bị này khiến hệ thống gián đoạn là t = 1,5 giờ, tỷ suất lỗi của thiết bị này là  $r = \frac{t}{T} = 0,015$ .

Các bước tiến hành:

- Sử dụng công cụ ITEM ToolKit xây dựng sơ đồ khối của hệ thống của DCN bằng phương pháp RBD như hình 4.
- Gán tỷ suất lỗi cho từng thành phần vật lý
- Tiến hành phân tích hệ thống dựa vào tính năng tự động của ITEM ToolKit
- Kết quả phân tích thể hiện trực quan qua bảng

**Summary view.**

Việc xây dựng và bảo trì các hệ thống công nghệ có tính sẵn sàng cao đòi hỏi các công cụ hỗ trợ phải chuyên dụng, trong đó sử dụng các thuật toán đã được chứng minh là có độ chính xác cao để tính toán tỷ lệ lỗi. Bộ công cụ ITEM ToolKit hỗ trợ mô hình hóa hệ thống phức tạp thành các sơ đồ đơn giản, nhằm xây dựng sơ đồ FTA, RBD, MC để phân tích và tính toán giá trị tin cậy của hệ thống một cách chính xác nhất.



Hình 4. Sơ đồ RBD của DCN điển hình

**4.3. Kết quả phân tích**

Summary View		
	Parameter	Value
1	Unavailability (Q)	0.0032153716
2	Failure Frequency (w)	0.0032308493
3	Mean Unavailability (Qm)	0.0016051555
4	Mean Availability (Am)	0.99839484
5	CFI	0.0032412712
6	Expected Failures	0.0032154759
7	Unreliability (F)	0.0032154761
8	Total Down Time (TDT)	0.0016051555
9	Total Up Time (TUT)	0.99839484
10	MTBF	310.99595
11	MTTF	310.49676
12	MTTR	0.49919685
13	Availability (A)	0.99678463
14	Reliability (R)	0.99678452
15	Capacity	0

Hình 5. Kết quả đánh giá độ tin cậy DCN bằng phương pháp RBD

Quá trình phân tích hệ thống DCN điển hình nêu trên bằng phương pháp RBD sử dụng công cụ ITEM ToolKit của Microsoft, chúng tôi thu được kết quả như hình 5.

Như vậy, nhờ mô hình hóa hệ thống bằng phương pháp đánh giá độ tin cậy RBD, độ tin cậy của hệ thống DCN ở hình 3 được xác định P = 0,999678452 và độ ổn định Q = 0,99678463, hai chỉ số quan trọng đánh giá hiệu năng của hệ thống có đáp ứng dịch vụ cho người dùng. Ngoài ra, kết quả phân tích còn cung cấp cho người quản trị hệ thống lẫn người dùng các thông số quan trọng khác như tần suất xảy ra lỗi, thời gian trung bình xảy ra lỗi, thời gian trung bình để phục hồi hệ thống... là những yếu tố quan trọng để đảm bảo hệ thống vận hành ổn định và liên tục.

**5. KẾT LUẬN**

Trong bài báo này, chúng tôi đã phân tích và tổng hợp các kỹ thuật/phương pháp đã được sử dụng để nghiên cứu và đánh giá độ tin cậy của các mạng truyền thông, có ứng dụng để mô phỏng đánh giá cho một kiến trúc DCN điển hình. Chúng tôi đã trình bày các đặc tính quan trọng cũng như so sánh các kỹ thuật phân tích, cung cấp nền tảng để ứng dụng vào đánh giá độ tin cậy cho hệ thống DCN cụ thể. Đóng góp chính của nghiên cứu là đưa ra đánh giá toàn diện về các kỹ thuật khác nhau để mô hình hóa và phân tích độ tin cậy của hệ thống cùng những ưu, nhược điểm của chúng trong nhiều bối cảnh khác nhau, ứng dụng trong nghiên cứu cũng như trong hệ thống thực.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1]. M. F. Bari, R. Boutaba, R. Esteves, L. Z. Granville, M. Podlesny, M. G. Rabbani, Q. Zhang, and M. F. Zhani, 2013. *Data Center Network Virtualization: A Survey*. IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 15, no. 2, pp. 909–928.
- [2]. R. Cocchiara, H. Davis, and D. Kinnaird, 2008. *Data center topologies for mission-critical business systems*. IBM Systems Journal, vol. 47, no. 4, pp. 695–706.
- [3]. T. Chen, X. Gao, and G. Chen, 2016. *The features, hardware, and architectures of data center networks: A survey*. Journal of Parallel and Distributed Computing, vol. 96, pp. 45–74.
- [4]. S. Zafar, A. Bashir, and S. A. Chaudhry, 2016. *On implementation of DCTCP on three-tier and fattree data center network topologies*. Springer Plus, vol. 5, no. 1, p. 766.
- [5]. M. Al-Fares, A. Loukissas, and A. Vahdat, 2008. *A scalable commodity data center network architecture*. Conference on Applications, Technologies, Architectures, and Protocols for Computer Communications, Seattle, WA, USA
- [6]. G. Chen, Y. Zhao, D. Pei, and D. Li, 2015. *Rewiring 2 Links Is Enough: Accelerating Failure Recovery in Production Data Center Networks*. in 2015 IEEE 35th International Conference on Distributed Computing Systems, IEEE, pp. 569–578.
- [7]. Y. Liu, D. Lin, J. Muppala, and M. Hamdi, 2012. *A study of fault-tolerance characteristics of data center networks*. English, in IEEE/IFIP International Conference on Dependable Systems and Networks Workshops (DSN 2012), IEEE, pp. 1–6.

[8]. C. Guo, H. Wu, K. Tan, L. Shi, Y. Zhang, and S. Lu, 2008. *Dcell*. in Proceedings of the ACM SIGCOMM 2008 conference on Data communication - SIGCOMM '08, vol. 38, New York, New York, USA: ACM Press, p. 75.

[9]. Cong Wang, Cuirong Wang, Ying Yuan, and Yongtao Wei, 2010. *MCube: A high performance and fault-tolerant network architecture for data centers*. in 2010 International Conference On Computer Design and Applications, IEEE, pp. V5-423-V5-427.

[10]. H. M. Helal and R. E. Ahmed, 2017. *Performance evaluation of datacenter network topologies with link failures*. in 2017 7th International Conference on Modeling, Simulation, and Applied Optimization (ICMSAO), IEEE, pp. 1-5.

[11]. N. Farrington and A. Andreyev, 2013. *Facebook's data center network architecture*. in 2013 Optical Interconnects Conference, IEEE, pp. 49-50.

[12]. B. Lebednik, A. Mangal, and N. Tiwari, 2016. *A Survey and Evaluation of Data Center Network Topologies*. CoRR, vol. abs/1605.

[13]. F. Yao, J. Wu, G. Venkataramani, and S. Subramaniam, 2014. *A comparative analysis of data center network architectures*. in 2014 IEEE International Conference on Communications (ICC), IEEE, pp. 3106-3111.

[14]. Ponemon Institute, 2013. *Cost of Data Center Outages*. Emerson Network Power, Tech. Rep.

[15]. R. Miller, 2008. *Failure Rates in Google Data Centers (Report)*. Data Center knowledge, Tech. Rep.

[16]. W. E. Smith, K. S. Trivedi, L. A. Tomek, and J. Ackaret, 2008. *Availability analysis of blade server systems*. IBM Systems Journal, vol. 47, no. 4, pp. 621-640.

[17]. S. Distefano, F. Longo, M. Scarpa, and K. S. Trivedi, 2014. *Non-Markovian Modeling of a Blade Center Chassis Midplane*. in Springer International Publishing, pp. 255-269.

[18]. G. Callou, J. Ferreira, P. Maciel, D. Tutsch, and R. Souza, 2014. *An Integrated Modeling Approach to Evaluate and Optimize Data Center Sustainability, Dependability and Cost*. en, Energies, vol. 7, no. 1, pp. 238-277.

[19]. M. Cebin, 2011. *Reliability Block Diagram*. Springer. W. E. Vesely, F. F. Goldberg, N. H. Roberts, D. F. Haasl.

[20]. H. Chao, K.-L. Deng, Z. Jing, Petastar, 2003. *A petabit photonic packet switch*. IEEE J. Sel. Areas Commun. 21 (7) 1096-1112, <http://dx.doi.org/10.1109/JSAC.2003.815678>.

[21]. D. S. Kim, F. Machida, and K. S. Trivedi, 2009. *Availability Modeling and Analysis of a Virtualized System*. in 2009 15th IEEE Pacific Rim International Symposium on Dependable Computing, vol. 1, IEEE, pp. 365-371.

[22]. S. Speaks, 2012. *Reliability and MTBF overview*. Vicor reliability engineering.

[23]. N. F. Schneidewind. *Computer, Network, Software, and Hardware Engineering with Applications*. John Wiley & Sons.

[24]. I. Silva, L. A. Guedes, P. Portugal, F. Vasques, 2012. *Reliability and availability evaluation of wireless sensor networks for industrial applications*. Sensors 12.

[25]. J. G. Kemeny, J. L. Snell, 1967. *Finite markov chains*. Van Nostrand.

[26]. Waqar Ahmeda, Osman Hasana, Usman Perveza, Junaid Qadirb, 2016. *Reliability Modeling and Analysis of Communication Networks*. Journal of Network and Computer Applications.

[27]. V. N. Vapnik, 1998. *Statistical learning theory*. Wiley New York.

---

#### AUTHORS INFORMATION

**Duong Thi Van, Tran Duc Thang,  
Nguyen Hoang Trung, Nguyen The Vinh**

Institute of Information Technology,  
Vietnam Academy of Science and Technology