

SO SÁNH CHÍNH SÁCH LƯU TRỮ VỚI CHÍNH SÁCH THAY THẾ NỘI DUNG TRONG MẠNG HƯỚNG NỘI DUNG

Lê Phong Dũ^{1,2}, Lê Tuấn Anh³, Nguyễn Đức Thái⁴

¹ Trường Đại học Lạc Hồng

² Trường Đại học Trà Vinh

³ Trường Đại học Thủ Dầu Một

⁴ Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia TP.HCM

TÓM TẮT – CCN (Content Centric Networking) được đề xuất trong những năm gần đây, được xem là một giải pháp cho mạng internet trong tương lai. Trong CCN, dữ liệu được chuyển từ mô hình host – to – host sang mô hình truyền dữ liệu dựa trên tên nội dung. Lưu trữ dữ liệu trong mạng là đặc điểm của CCN, tức là dữ liệu được lưu tại các node trong mạng. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sẽ phân tích các chính sách lưu trữ nội dung tại các node và tiến hành so sánh các chính sách này với các chính sách thay thế nội dung, khi không gian lưu trữ tại các node không đủ bộ nhớ lưu trữ nội dung mới, đồng thời mô phỏng được thực hiện trong mô hình mạng tự do phù hợp với mạng CCN thay vì mô hình mạng phân cấp. Kết quả mô phỏng cho thấy chính sách thay thế nội dung LRU cho kết quả tốt hơn các chính sách được đề xuất khác.

Từ khóa—Content Centric Networking, CCN, Cache.

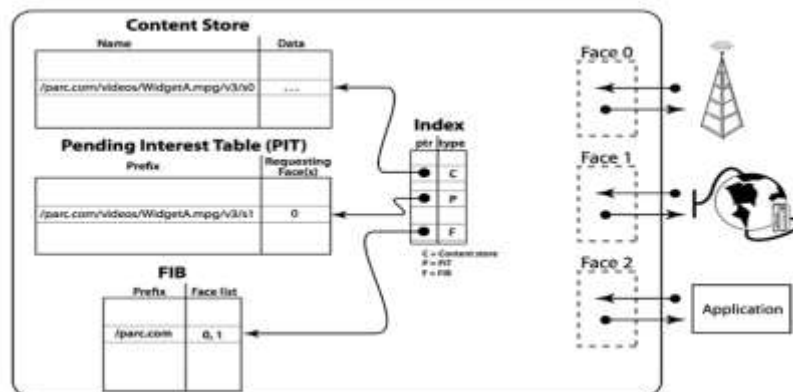
I. GIỚI THIỆU

Internet đã phát triển nhanh các dịch vụ, dữ liệu trao đổi ngày càng lớn, xu hướng này tiếp tục tăng theo thời gian. Theo thống kê của Cisco VNI [1] số lượng IP toàn cầu tăng gấp tám lần trong năm năm qua, tốc độ tăng trung bình là 29% từ năm 2011-2016. Nhu cầu người dùng sử dụng ngày càng nhiều dịch vụ và truy cập lượng dữ liệu ngày càng lớn, đặt ra nhiều thách thức cho việc đáp ứng yêu cầu truyền dữ liệu trên mạng như: băng thông lớn, tốc độ bit cao, có độ trễ thấp, bảo mật cao.

Xu hướng kết nối hiện nay có sự thay đổi từ mô hình kiến trúc client-server truyền thống hướng đến tiếp nhận và phổ biến nội dung ở nhiều nơi, nghĩa là mô hình kết nối Internet tập trung vào nội dung dữ liệu, không quan tâm nhiều đến vị trí vật lý mà nội dung được lưu trữ. Có nhiều nghiên cứu tập trung vào mô hình kết nối dựa vào nội dung đã được đề xuất, trong đó có Content Centric Networking được đề xuất bởi PARC (Palo Alto Research Center) được xem như là mạng Internet của tương lai.

Trong CCN, nội dung dữ liệu được phân thành các chunk [2], mỗi chunk được xác định bởi tên duy nhất để nhận và chuyển tiếp gói tin được sử dụng thay cho địa chỉ IP. Có hai gói tin trong CCN, interest packet là gói tin yêu cầu dữ liệu từ phía người dùng và data packet mang nội dung được yêu cầu. Nguồn gửi data packet mỗi khi nhận được các Interest packet có cùng tên yêu cầu thì tự động gửi data packet cho người dùng theo cơ chế lưu vết đường đi của Interest packet trong các CCN node.

Trong mạng CCN, mỗi node gồm ba cấu trúc dữ liệu chính [2]: Content Store (CS) là bộ nhớ lưu trữ nội dung dữ liệu, Forwarding Information Base (FIB) chứa một danh sách định tuyến dữ liệu và Pending Interest Table (PIT) lưu vết các gói tin đang chờ được phục vụ, nghĩa là đã được gửi yêu cầu qua mạng và chờ phản hồi từ mạng.



Hình 1. Cơ chế định tuyến-chuyển tiếp gói tin tại CCN Router [2]

Có nhiều chính sách đã được đề xuất lưu trữ nội dung tại các node trong mạng CCN như Leave Copy Everywhere (LCE) [3][9], Leave Copy Down (LCD) [4][9], Move Copy Down (MCD) [4][9] hay Prob Cache (Prob) [6][9]. Bên cạnh đó, bộ nhớ lưu trữ tại các node có không gian bộ nhớ khác nhau, giới hạn về dung lượng, cần có các

chính sách loại bỏ các nội dung không còn phù hợp, không còn được sử dụng để được thay thế bởi nội dung mới. Một số chính sách được sử dụng để thay thế nội dung như Least Recently Used (LRU) [5], Least Frequently Used (LFU) [7], Random (Rand) [8] hay First In First Out (FIFO).

Trong bài báo này, chúng tôi phân tích và so sánh các chính sách lưu trữ nội dung tại các node như LCE, LCD và Prob Cache với ba chính sách thay thế nội dung tại node là LRU, RAND và FIFO trong môi trường mạng tự do Abilien. Cấu trúc bài báo gồm phần II, trình bày chính sách lưu trữ nội dung tại các node, phần III trình bày chính sách thay thế nội dung, phần IV mô phỏng các chính sách và đánh giá, phần kết luận trình bày trong phần V.

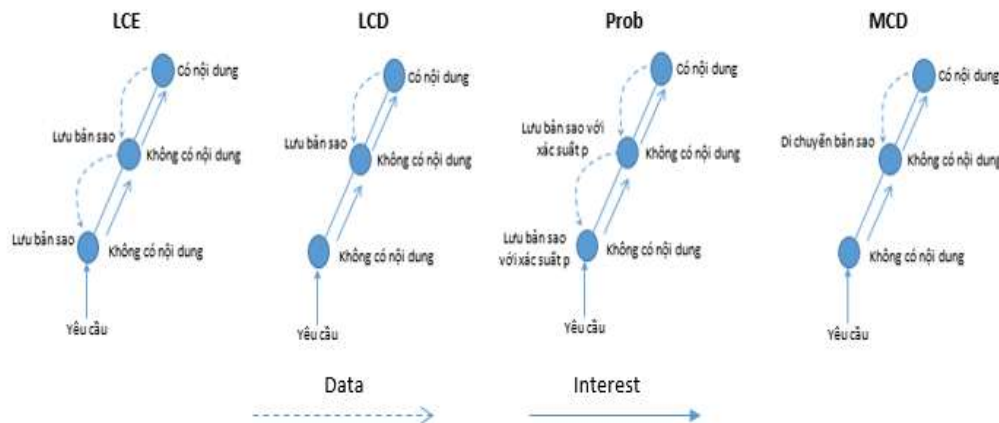
II. CHÍNH SÁCH LƯU TRỮ NỘI DUNG

Chính sách lưu trữ tại các node có nhiệm vụ lưu trữ nội dung thường xuyên hoặc gần đây, những nội dung tại node sẽ được tham chiếu bởi các node khác trong thời gian sớm nhất. Lưu trữ nội dung dữ liệu tại các node giúp giảm sử dụng băng thông, hạn chế truy cập dữ liệu tại server gốc, hạn chế tắc nghẽn mạng.

Các chính sách được thiết kế tốt để lưu nội dung tại các node trong mạng CCN giúp tiết kiệm bộ nhớ, tránh lãng phí băng thông trong mạng. LCE là chính sách được định nghĩa mặc định cho mạng CCN. Khi người dùng gửi yêu cầu về dữ liệu đến mạng CCN, khi yêu cầu nội dung dữ liệu được tìm thấy tại một node thứ i hoặc server gốc thì nội dung yêu cầu được lưu bản sao nội dung dữ liệu tại tất cả các node trung gian từ node thứ $(i-1, i-2, \dots, 1)$ trên đường từ vị trí nội dung được tìm thấy đến vị trí người dùng yêu cầu. Kết quả là nội dung dữ liệu được lưu trữ phổ biến trong mạng, gần với yêu cầu người dùng. Tuy nhiên, nó tốn nhiều không gian lưu trữ và dữ liệu bị trùng lặp, các node sẽ nhanh chóng hết không gian lưu trữ và các chính sách thay thế sẽ phải thực hiện liên tục tại các node. Các chính sách thay thế nội dung dữ liệu thường được sử dụng trong LCE này là LRU, FIFO, RAND.

Trong khi LCD lưu trữ bản sao nội dung dữ liệu tại node mức $i-1$, khi yêu cầu nội dung được tìm thấy tại một node thứ i , thì nội dung dữ liệu chỉ được lưu trữ tại node phía dưới node tìm thấy nội dung tại node thứ i . Đối với LCD, nó đã giải quyết được vấn đề trùng lặp dữ liệu cũng như tiết kiệm không gian bộ nhớ nhưng nội dung yêu cầu dữ liệu tại các node suy giảm. Một dạng khác của LCD là MCD cũng được đề xuất, trong chính sách này, khi lưu bản sao nội dung dữ liệu tại node thứ $i-1$ thì nội dung dữ liệu tại node thứ i , nơi yêu cầu được tìm thấy dữ liệu sẽ bị xóa.

Một đề xuất khác là chính sách dựa vào xác suất là Prob cache, mỗi node sẽ lưu trữ một bản sao nội dung dữ liệu với xác suất p và không lưu với xác suất $1-p$. Khi xác suất là 1, thực hiện chính sách LCE. Chính sách này đã giải quyết được các vấn đề khó khăn của LCE và LCD gặp phải. Mô tả các chính sách lưu trữ nội dung tại các node được thể hiện trong hình 2.



Hình 2: Các chính sách lưu trữ nội dung

III. CHÍNH SÁCH THAY THẾ NỘI DUNG

Mỗi node đều có kích thước bộ nhớ và khả năng lưu trữ khác nhau, bên cạnh đó, dữ liệu luôn thay đổi thường xuyên theo thời gian, các chính sách thu hồi bộ nhớ cũng được đề xuất để thu hồi vùng nhớ sao cho hiệu quả tại các node. Khi một dữ liệu mới đến node nếu không đủ dung lượng để lưu bản sao nội dung dữ liệu, node phải thực hiện các chính sách thu hồi bộ nhớ bằng cách loại bỏ các nội dung dữ liệu dựa vào yếu tố như: thời gian truy cập, số lần truy cập hay thứ tự truy cập.

LRU là chính sách thay thế nội dung dữ liệu lưu trữ tại node được sử dụng rộng, nó sử dụng hàng đợi sắp xếp nội dung dữ liệu theo trình tự thời gian lần truy cập trước đó. Khi không gian bộ nhớ node đầy, sẽ xóa nội dung dữ liệu sau cùng và thêm nội dung dữ liệu mới vào đầu hàng đợi.

Trong khi đó, LFU sắp xếp hàng đợi theo số lượng truy xuất, nội dung dữ liệu ít được yêu cầu nhất sẽ bị thay thế bởi nội dung dữ liệu mới. Tuy nhiên, đối với LFU, nhiều nội dung đã phổ biến trong thời gian dài có thể sẽ giữ lại mãi trong bộ nhớ. Để tránh trường hợp này, LFUA đã được đề xuất bằng việc sử dụng một ngưỡng đo, nếu giá trị trung bình của tất cả số lần truy cập lớn hơn giá trị ngưỡng thì số lần truy cập các nội dung dữ liệu bị giảm đi một nửa.

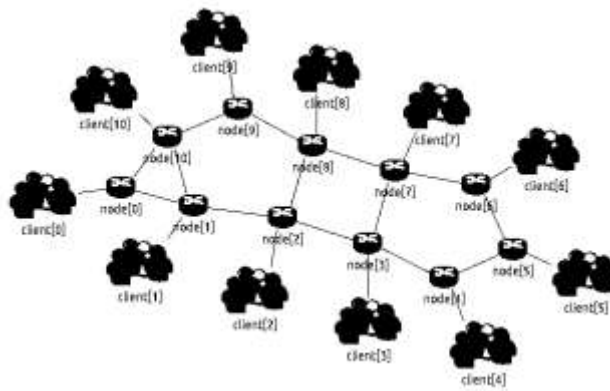
Chính sách thay thế ngẫu nhiên RAND loại bỏ ngẫu nhiên nội dung dữ liệu được lưu trữ tại node, khi cần lưu nội dung dữ liệu mới vào node khi bộ nhớ node đầy. Chính sách thay thế này là thách thức rất lớn khi nội dung quan trọng, phổ biến được sử dụng thường xuyên bị thay bởi nội dung ít phổ biến hơn. Ngoài ra còn có các chính sách thay thế khác như FIFO, chính sách loại bỏ các nội dung dữ liệu lưu trữ tại bộ nhớ node bằng cách lưu trữ trước loại bỏ trước.

IV. SO SÁNH CHÍNH SÁCH LƯU TRỮ VÀ CHÍNH SÁCH THAY THẾ NỘI DUNG

Trong phần này, chúng tôi tiến hành mô phỏng và so sánh các chính sách lưu trữ nội dung dữ liệu với các chính sách thay thế nội dung, so sánh các kết quả của chúng. So sánh kết quả của từng chính sách lưu trữ LCE, LCD và Prob với ba chính sách thay thế là LRU, RAND và FIFO. Chúng tôi sử dụng nội dung dữ liệu được tìm thấy tại mỗi node (hit chunk) để làm tham số để so sánh. Các chính sách được mô phỏng trong mô hình mạng Abilene như hình 3, mà kiến trúc mạng này phù hợp với kiến trúc mạng CCN, sử dụng công cụ mô phỏng ccnSim [10] cùng bộ tham số mô phỏng được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Thông số mô phỏng

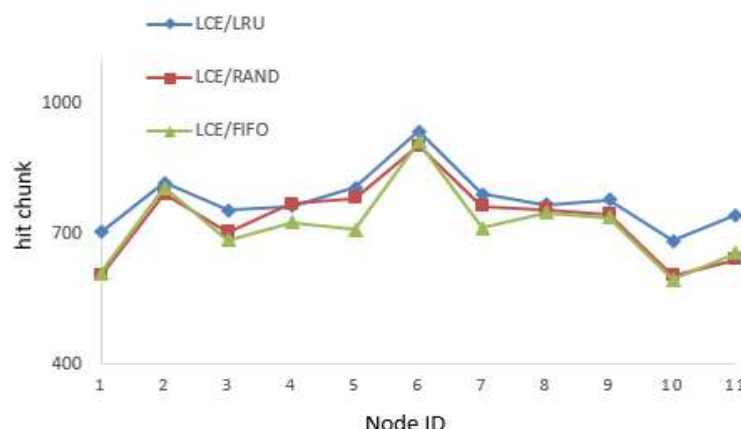
Thông số	Giá trị
Thời gian thực hiện	1800 giây
Số chunk	10000
Tốc độ	1 yêu cầu/ giây
window	60
Chính sách lưu trữ nội dung	LCE, LCD, Prob
Chính sách thay thế nội dung	LRU, RAND, FIFO
Kiến trúc mạng	Abilene



Hình 3. Mô hình mạng Abilene

A. Chính sách lưu trữ LCE

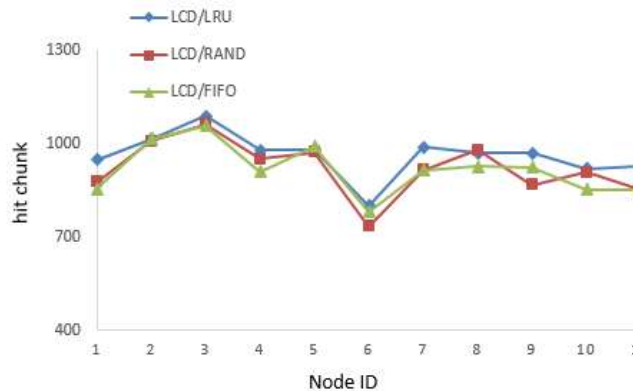
LCE được sử dụng phổ biến để lưu trữ nội dung trong mạng CCN. Thử thách lớn nhất của nó là trùng lặp nội dung giữa các node. Tuy nhiên trong mạng yêu cầu phổ biến nội dung như CCN thì LCE vẫn là tốt nhất. Trong chính sách thay thế nội dung, thì nó có thể được thay thế hết tất cả nội dung dữ liệu trong tất cả các node của nó. Kết quả mô phỏng như hình 4 cho thấy, chính sách thay thế nội dung LRU cho kết quả cao hơn trong LCE so với phương pháp thay thế RAND và FIFO.



Hình 4. Chính sách lưu trữ LCE và chính sách thay thế nội dung LRU, RAND, FIFO

B. Chính sách lưu trữ LCD

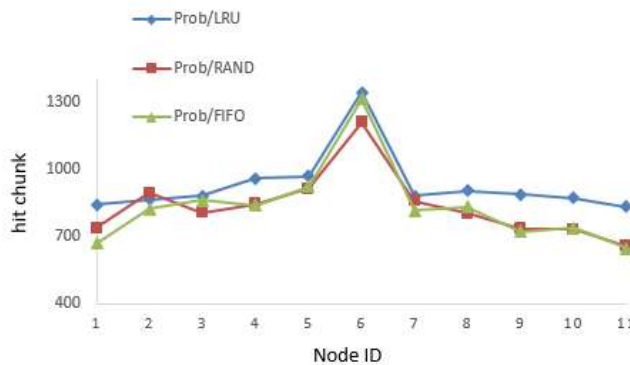
Đối với LCD chỉ lưu trữ nội dung tại các node láng giềng sau khi thấy nội dung cần tìm tại node. Chính sách thay thế nội dung được thực hiện khi cần như LRU, RAND hay FIFO, kết quả mô phỏng đối với LCD thấy rằng khi sử dụng LRU vẫn thực hiện tốt hơn so với hai chính sách thay thế còn lại, nó thực hiện công bằng qua các node, không có biến thiên lớn nội dung lưu trữ tại các node, kết quả mô phỏng ở hình 5.



Hình 5. Chính sách lưu trữ LCD và chính sách thay thế nội dung LRU, RAND, FIFO

C. Chính sách lưu trữ Prob

Đối với chính sách Prob lưu trữ nội dung tại các node bằng cách tính xác suất p , trong đó đã giải quyết được những thách thức mà trong LCE và LCD gặp phải. Khi thực hiện mô phỏng trong mô hình mạng Abilene chính sách thay thế nội dung LRU thực hiện hiệu quả, đạt tỉ lệ tìm thấy nội dung tại các node lớn hơn so với với chính sách còn lại. Hình 6 chỉ ra kết quả so sánh của chúng tôi.



Hình 6. Chính sách lưu trữ Prob và chính sách thay thế nội dung LRU, RAND, FIFO

Từ kết quả mô phỏng cho thấy, mặc dù sử dụng nhiều chính sách lưu trữ dữ liệu khác nhau thì chính sách thay thế nội dung LRU cho kết quả tốt hơn các chính sách khác, đánh giá cao hơn về tính hiệu quả của chính sách LRU khi được sử dụng.

V. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày các chính sách lưu trữ nội dung dữ liệu cũng như chính sách thay thế nội dung dữ liệu tại node trong mạng CCN. Chỉ ra điểm mạnh, yếu của từng chính sách, qua đó tiến hành mô phỏng từng chính sách lưu trữ nội dung với các chính sách thay thế nội dung đã đề cập và đánh giá lại LRU được xem là chính sách thay thế nội dung hiệu quả hơn các chính sách khác trong CCN.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Cisco visual networking index: forecast and methodology: 2011-2015, 5/2012.
- [2] V. Jacobson, D. K. Smelters, I. D. Thornton, M. F. Plass, N. H. Briggs, R. L. Braynard, "Networking named content", ACM CoNEXT, Rome, Italy, December 2009.
- [3] G. Carofiglio, V. Gehlen, and D. Perino, "Experimental evaluation of memory management in content-centric networking", IEEE ICC, 2011, pp. 1-6.
- [4] K. Cho, M. Lee, K. Park, T. T. Kwon, Y. Choi, and S. Pack, "Wave: Popularity-based and collaborative in-network caching for content-oriented networks", IEEE INFOCOM WKSHPs, 2012, pp. 316-321.

-
- [5] D. He, W. K. Chai, and G. Pavlou. “Leveraging in-network caching for efficient content delivery in content-centric network”, Proc. of London Communication Symposium 2011.
 - [6] Psaras, Ioannis, Wei Koong Chai, and George Pavlou. “Probabilistic in-network caching for information-centric networks”, Proceedings of the second edition of the ICN workshop on Information-centric networking. ACM, 2012.
 - [7] S. Podlipnig and L. B. Szörmenyi, “A survey of web cache replacement strategies,” ACM Comput, vol. 35, no. 4, pp. 374–398, 2003.
 - [8] N. Laoutaris, S. Syntila, and I. Stavrakakis, “Meta Algorithms for Hierarchical Web Caches”, IEEE ICPC, 2004.
 - [9] N Laoutaris, H Che, and I Stavrakakis, “The LCD interconnection of LRU caches and its analysis”, Performance Evaluation, 63(7), 2006.
 - [10] ccnSim homepage. <http://www.infres.enst.fr/~drossi/ccnSim>, 05/2016.