

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ TP. HCM

---



**PHÙNG DUY TRƯỜNG**

**NGHIÊN CỨU MẠNG PHÂN PHỐI NỘI DUNG (CDN)  
TRÊN NỀN GIAO THỨC TRUYỀN ĐA ĐƯỜNG**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ**

Chuyên ngành : Công nghệ thông tin

Mã số ngành: 60480201

TP. HỒ CHÍ MINH, tháng 01 năm 2016

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ TP. HCM**

-----



**PHÙNG DUY TRƯỜNG**

**NGHIÊN CỨU MẠNG PHÂN PHỐI NỘI DUNG (CDN)  
TRÊN NỀN GIAO THỨC TRUYỀN ĐA ĐƯỜNG**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ**

Chuyên ngành : Công nghệ thông tin

Mã số ngành: 60480201

**CÁN BỘ HƯỚNG DẪN KHOA HỌC: TS. LÊ TUẤN ANH**

TP. HỒ CHÍ MINH, tháng 01 năm 2016

**CÔNG TRÌNH ĐƯỢC HOÀN THÀNH TẠI  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ TP. HCM**

Cán bộ hướng dẫn khoa học : TS. Lê Tuấn Anh

Luận văn Thạc sĩ được bảo vệ tại Trường Đại học Công nghệ TP. HCM  
ngày 20 tháng 03 năm 2016

Thành phần Hội đồng đánh giá Luận văn Thạc sĩ gồm:  
*(Ghi rõ họ, tên, học hàm, học vị của Hội đồng chấm bảo vệ Luận văn Thạc sĩ)*

<b>TT</b>	<b>Họ và tên</b>	<b>Chức danh Hội đồng</b>
1	PGS. TSKH. Nguyễn Xuân Huy	Chủ tịch
2	PGS. TS. Vũ Đức Lung	Phản biện 1
3	TS. Vũ Thanh Hiền	Phản biện 2
4	TS. Hồ Đắc Nghĩa	Ủy viên
5	TS. Cao Tùng Anh	Ủy viên, Thư ký

Xác nhận của Chủ tịch Hội đồng đánh giá Luận sau khi Luận văn đã được  
sửa chữa (nếu có).

**Chủ tịch Hội đồng đánh giá LV**

TRƯỜNG ĐH CÔNG NGHỆ TP. HCM  
PHÒNG QLKH – ĐTSĐH

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM  
Độc lập – Tự do – Hạnh phúc

*TP. HCM, ngày 10 tháng 01 năm 2016*

## **NHIỆM VỤ LUẬN VĂN THẠC SĨ**

Họ tên học viên: Phùng Duy Trường

Giới tính: Nam

Ngày, tháng, năm sinh: 17/01/1977

Nơi sinh: Thành phố Hồ Chí Minh

Chuyên ngành: Công nghệ thông tin

MSHV: 1441860030

### **I- Tên đề tài:**

Nghiên cứu mạng phân phối nội dung (CDN) trên nền giao thức truyền đa đường

### **II- Nhiệm vụ và nội dung:**

Thực nghiệm hệ thống mạng phân phối nội dung (CDN) sử dụng giao thức truyền đa đường Multipath TCP

### **III- Ngày giao nhiệm vụ: 20/8/2015**

### **IV- Ngày hoàn thành nhiệm vụ: 15/01/2016**

### **V- Cán bộ hướng dẫn: TS. Lê Tuấn Anh**

**CÁN BỘ HƯỚNG DẪN**

(Họ tên và chữ ký)

**KHOA QUẢN LÝ CHUYÊN NGÀNH**

(Họ tên và chữ ký)

## **LỜI CAM ĐOAN**

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các số liệu, kết quả nêu trong Luận văn là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tôi xin cam đoan rằng mọi sự giúp đỡ cho việc thực hiện Luận văn này đã được cảm ơn và các thông tin trích dẫn trong Luận văn đã được chỉ rõ nguồn gốc.

**Học viên thực hiện Luận văn**

Phùng Duy Trường

## LỜI CẢM ƠN

Trước hết, tôi xin gửi lời cảm ơn sâu sắc đến TS. Lê Tuấn Anh, Trưởng khoa Công nghệ thông tin Đại học Thủ Dầu Một, thầy đã tận tình hướng dẫn, giúp đỡ tôi trong suốt quá trình thực hiện luận văn.

Tôi xin cảm ơn quý thầy cô của Đại học Công nghệ TP.HCM đã tận tình giảng dạy, trang bị cho tôi những kiến thức quý báu trong những năm học của lớp cao học vừa qua.

Tôi xin chân thành cảm ơn Ban giám đốc, các anh chị đồng nghiệp của Viện Y tế công cộng Thành phố Hồ Chí Minh đã tạo điều kiện thuận lợi để tôi đi học và thực hiện luận văn này.

Sau cùng, tôi xin chân thành cảm ơn gia đình đặc biệt là vợ tôi đã giúp đỡ, động viên và sát cánh cùng tôi trong suốt quá trình học tập và thực hiện luận văn này.

TP.HCM, ngày 15 tháng 01 năm 2016

Phùng Duy Trường

## TÓM TẮT

Trong luận văn này em nghiên cứu các vấn đề sau:

- Kiến trúc và kỹ thuật điều khiển tắc nghẽn trong giao thức truyền đa đường (Multipath TCP – MPTCP).
- Kiến trúc và kỹ thuật định hướng yêu cầu sử dụng trong mạng phân phối nội dung (Content Delivery Networks – CDN).
- Thực nghiệm mạng CDN trên nền giao thức MPTCP. Sử dụng công cụ Iperf để đo thông lượng mạng CDN MPTCP. Từ đó, so sánh với kết quả thông lượng mạng CDN sử dụng TCP đơn đường.
- Đánh giá ưu điểm, nhược điểm và hướng phát triển của luận văn.

## **ABSTRACT**

The goal of this research:

- Architecture and technical congestion control in Multipath TCP.
- Architecture and request routing mechanisms in Content Delivery Networks (CDN).
- Implementing Multipath TCP in CDN and evaluate its performance by using Iperf tool. Then, compare the performance of our implementation with regular TCP on CDN web servers.
- Conclusion and development the research.



## MỤC LỤC

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN .....	1
1.1. Tổng quan vấn đề cần nghiên cứu .....	1
1.2. Lý do chọn đề tài .....	4
1.3. Bố cục của luận văn .....	5
CHƯƠNG 2: ĐIỀU KHIỂN TẮC NGHẼN TRONG ĐA ĐƯỜNG.....	7
2.1. Tổng quan giao thức Multipath TCP .....	7
2.1.1. Các khái niệm: .....	7
2.1.2. Truyền dữ liệu trong MPTCP: .....	9
2.1.3. Các cơ chế đa đường: .....	13
2.2. Kỹ thuật điều khiển tắc nghẽn trong Multipath TCP .....	13
CHƯƠNG 3: Kiến trúc và kỹ thuật sử dụng trong mạng phân phối nội dung .....	15
3.1. Kiến trúc của mạng phân phối nội dung – CDN .....	16
3.2. Kỹ thuật định tuyến yêu cầu và kỹ thuật lưu giữ nội dung trong mạng phân phối nội dung – CDN .....	23
3.2.1. Cơ chế định tuyến yêu cầu .....	23
3.2.2. Kỹ thuật lưu trữ nội dung .....	24
CHƯƠNG 4: Ứng dụng giao thức truyền đa đường vào mạng phân phối nội dung.	25
4.1. Mô hình cài đặt thực nghiệm CDN .....	25
4.1.1. Cài đặt BIND và GeoIP MaxMind .....	26
4.1.2. Cấu hình BIND.....	27
4.1.3. Mô hình CDN .....	30
4.1.4. Đo băng thông tại Site 1 và Site 3 trong mô hình CDN .....	32
4.1.5. Đo băng thông tại Site 2 và Site 4 trong mô hình CDN .....	33
4.2. Thực nghiệm CDN trên nền MPTCP.....	34
4.2.1. Mô hình kịch bản 1 .....	35
4.2.2. Cài đặt Multipath TCP .....	38
4.2.3. Cấu hình Multipath TCP .....	39

4.2.4. Đo băng thông tại Site 1 và Site 3 trong mô hình kịch bản 1 .....	41
4.2.5. Đo băng thông tại Site 2 và Site 4 trong mô hình kịch bản 1 .....	42
4.2.6. Mô hình kịch bản 2.....	44
4.3. Đánh giá thông lượng mạng CDN trên MPTCP .....	44
4.3.1. So sánh băng thông giữa mô hình CDN và mCDN kịch bản 1 tại Site 1, Site 3 .....	44
4.3.2. So sánh băng thông giữa mô hình CDN và mCDN kịch bản 1 tại Site 2, Site 4 .....	46
4.3.3. So sánh băng thông tại hai máy trạm tại Site 1, 3 của kịch bản 2 .....	48
4.3.4. So sánh băng thông tại hai máy trạm tại Site 2, 4 của kịch bản 2 .....	49
KẾT LUẬN .....	52
HƯỚNG PHÁT TRIỂN.....	53
DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	54

## DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

<b>Viết tắt</b>	<b>Tiếng Anh</b>	<b>Tiếng Việt</b>
CDN	Content Delivery Network	Mạng phân phối nội dung
ISP	Internet Service Provider	Nhà cung cấp dịch vụ Internet
TCP	Transmission Control Protocol	Giao thức điều khiển truyền vận
3G	Third-generation technology	Công nghệ truyền thông thế hệ thứ ba
MPTCP	Multipath Transmission Control Protocol	Giao thức điều khiển vận chuyển đa đường
IETF	Internet Engineering Task Force	Tổ chức xúc tiến các tiêu chuẩn Internet
RFC	Request for Comments	Đề nghị duyệt thảo và bình luận
API	Application Programming Interface	Giao diện lập trình ứng dụng
IPTV	Internet Protocol Television	Truyền hình giao thức Internet
VNNIC	Vietnam Internet Network Information Center	Trung tâm Internet Việt Nam
TFRC	TCP Friendly Rate Control	Điều khiển tốc độ thân thiện với giao thức điều khiển giao vận TCP
MPTFRC	Multipath TCP Friendly Rate Control	Điều khiển tốc độ thân thiện với giao thức điều khiển giao vận đa đường

<b>Viết tắt</b>	<b>Tiếng Anh</b>	<b>Tiếng Việt</b>
CTCP	Compound TCP	Loại TCP Compound
HTTP	HyperText Transfer Protocol	Giao thức truyền tải siêu văn bản
IP	Internet Protocol	Giao thức liên mạng
RTT	Round-trip delay time / Round-trip time	Thời gian trễ trọn vòng hay thời gian trọn vòng
DNS	Domain Name System	Hệ thống tên miền
NAT	Network Address Translation	Biên dịch địa chỉ mạng

**DANH MỤC CÁC BẢNG**

Bảng 2-1. Lựa chọn kết nối MPTCP .....	10
Bảng 2-2. Bảng Data Sequence Signal .....	11
Bảng 4-1. Kết quả đo băng thông giữa Site 1 và Site 3 trong mô hình CDN.....	322
Bảng 4-2. Kết quả đo băng thông giữa Site 2 và Site 4 trong mô hình CDN.....	33
Bảng 4-3. Kết quả đo băng thông giữa Site 1 và Site 3 trong mô hình mCDN .....	422
Bảng 4-4. Kết quả đo băng thông giữa Site 2 và Site 4 trong kịch bản 1 .....	44
Bảng 4-5. So sánh băng thông giữa Site 1 và Site 3 của hai mô hình CDN và mCDN kịch bản 1 .....	444
Bảng 4-6. So sánh băng thông giữa Site 2 và Site 4 của hai mô hình CDN và mCDN kịch bản 1 .....	468
Bảng 4-7. Bảng thông của hai máy trạm tại Site 1 và Site 3 của kịch bản 2 .....	48
Bảng 4-8. Bảng thông của hai máy trạm tại Site 2 và Site 4 của kịch bản 2.....	49

## **DANH MỤC CÁC BIỂU ĐỒ, ĐỒ THỊ, SƠ ĐỒ, HÌNH ẢNH**

Hình 1.1 Thống kê và dự đoán lưu lượng Video của hãng Cisco .....	1
Hình 1.2 (Trái) Mô hình cung cấp nội dung truyền thống; (Phải) Mô hình mạng phân phối nội dung (CDN).....	2
Hình 1.3 Mô hình sử dụng FSOB .....	4
Hình 2.1 Mô hình sử dụng MPTCP .....	7
Hình 2.2 So sánh mô hình TCP và MPTCP.....	8
Hình 2.3 Phân phối subflow trong mô hình MPTCP.....	8
Hình 2.4 Giao thức MPTCP chia tầng Transport .....	9
Hình 2.5 Các bước thiết lập kết nối MPTCP .....	10
Hình 2.6 Các bước trong quá trình mở luồng con .....	12
Hình 2.7 Các bước trong quá trình đóng kết nối MPTCP .....	13
Hình 3.1 Mô hình giải pháp CDN chuẩn .....	15
Hình 3.2 Các thành phần cơ bản trong kiến trúc hệ thống CDN .....	16
Hình 3.3 Quá trình phân phối nội dung .....	18
Hình 3.4 Quá trình phân phát nội dung .....	18
Hình 3.5 Cấu trúc hệ thống định tuyến yêu cầu .....	19
Hình 3.6 Phân phối nội dung trong một CDN và giữa các CDN ngang cấp.....	20
Hình 3.7 Hệ thống CDN sử dụng cơ chế cân bằng tải trên nhiều máy chủ.....	22
Hình 4.1 Nội dung của tệp rndc.key .....	288
Hình 4.2 Nội dung của tệp named.conf.....	28
Hình 4.3 Nội dung tệp phân giải tên miền thuận và nghịch .....	29
Hình 4.4 Mô hình thực nghiệm CDN.....	30
Hình 4.5 Kết quả đo băng thông tại Site 1 và Site 3 trong kịch bản 1 .....	42
Hình 4.6 Kết quả đo băng thông tại Site 2 và Site 4 trong kịch bản 1 .....	43
Hình 4.7 Mô hình thực nghiệm mCDN kịch bản 2.....	44
Hình 4.8 Bảng thông giữa Site 1, 3 của mô hình CDN và mCDN kịch bản 1 .....	46

Hình 4.9 Bảng thông giữa Site 2, 4 của mô hình CDN và mCDN kịch bản 1 .....	47
Hình 4.10 So sánh bảng thông giữa hai máy trạm MPTCP của kịch bản 2 .....	48
Hình 4.11 So sánh bảng thông giữa hai máy trạm tại Site 2,4 của kịch bản 2 .....	49

## CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

### 1.1. Tổng quan vấn đề cần nghiên cứu

Sự xuất hiện của Web như là một công cụ phổ biến dùng để chia sẻ nội dung và cung cấp các loại dịch vụ đã đẩy nhanh tốc độ phát triển của Internet. Đồng thời, số lượng người dùng truy cập vào nội dung số và các loại dịch vụ trên web đang phát triển theo cấp số nhân. Kết quả là nhiều trang web tạm thời không truy cập được từ phía người dùng do xảy ra hiện tượng hiện tắc nghẽn tại phía các máy chủ. Điều này đã đặt ra nhu cầu phải tăng băng thông Internet và tăng số lượng máy chủ cung cấp nội dung và ứng dụng để đáp ứng nhanh các yêu cầu từ phía người dùng.

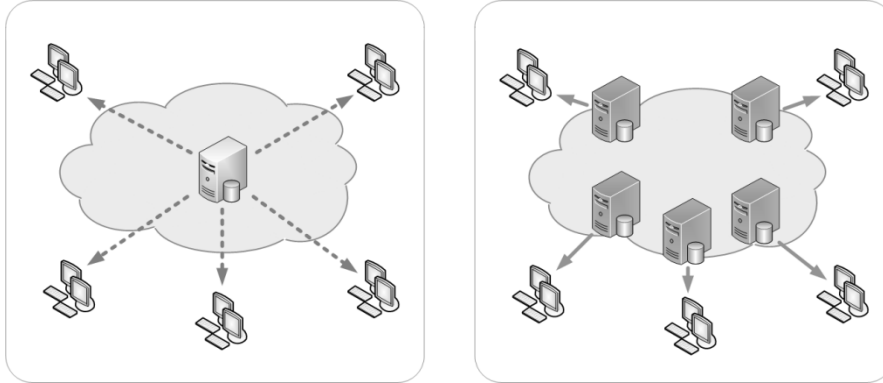
Consumer Internet Video 2014–2019							
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	CAGR 2014–2019
<b>By Network (PB per Month)</b>							
Fixed	20,485	25,452	32,981	43,226	56,771	74,319	29%
Mobile	1,139	2,014	3,475	5,842	9,407	14,999	67%
<b>By Category (PB per Month)</b>							
Video	18,437	22,940	30,242	40,907	55,931	76,771	33%
Internet video to TV	3,188	4,526	6,214	8,160	10,248	12,548	32%

**Hình 1.1** Thống kê và dự đoán lưu lượng Video của hãng Cisco (Nguồn: Cisco Visual Networking Index, 2015)

Mạng phân phối nội dung (CDN) ra đời đã khắc phục những hạn chế nói trên bằng cách cung cấp cơ sở hạ tầng, kỹ thuật phân phối nội dung và dịch vụ có khả năng mở rộng. Đây là một hệ thống các máy chủ được đặt ở nhiều nơi khác nhau trên thế giới và chứa những bản sao của nội dung trang thông tin điện tử (Website) từ máy chủ gốc. Khi người dùng truy cập thì hệ thống CDN sẽ xác định máy chủ gần với người dùng nhất và nội dung sẽ được phân phát tới người dùng nhanh nhất. Các ứng dụng của CDN có thể tìm thấy trong cộng đồng: các trường học, công ty



quảng cáo trên Internet, trung tâm dữ liệu, các nhà cung cấp dịch vụ Internet (ISP), công ty khai thác mạng di động,...



**Hình 1.2** (Trái) Mô hình cung cấp nội dung truyền thống; (Phải) Mô hình mạng phân phối nội dung (CDN) (Nguồn: [https://en.wikipedia.org/wiki/Content\\_delivery\\_network](https://en.wikipedia.org/wiki/Content_delivery_network))

Hệ thống CDN chỉ giải quyết vấn đề giảm thời gian chờ đợi tại phía người dùng và giảm tình trạng tắc nghẽn tại phía máy chủ CDN nhưng không làm băng thông của mạng do sử dụng giao thức TCP đơn đường. Tuy nhiên, các ứng dụng ngày nay ngày càng đòi hỏi nhiều băng thông của mạng như: chia sẻ phim/ảnh, xem phim trực tuyến, thoại có hình (Skype, Facebook Messenger, ...). Đồng thời, các thiết bị di động (máy tính xách tay, ipad, ...) ngày nay có ít nhất là hai kết nối mạng: mạng wifi/mạng dây, mạng 3G. Để tăng thông lượng của mạng CDN thì cần sử dụng tất cả các kết nối cùng một lúc. Kết quả là một biến thể của giao thức TCP ra đời là giao thức truyền đa đường (Multipath TCP – MPTCP) [2]. IETF cũng đã chuẩn hóa giao thức MPTCP trong tài liệu RFC 6824 [6].

Kiến trúc MPTCP [2] là giao thức mở rộng các đặc điểm từ giao thức TCP, cho phép một kết nối phân chia thành nhiều đường (path) và dữ liệu được truyền trên các đường này đồng thời. Multipath TCP hoạt động giống như TCP và mở rộng thêm các API nhằm cung cấp thêm chức năng điều khiển cho các ứng dụng của nó.

Việc áp dụng MPTCP vào hệ thống CDN không những làm tăng băng thông của mạng, giảm tắc nghẽn tại phía các máy chủ CDN. Mặt khác, mỗi máy chủ CDN có thêm một kết nối mạng dự phòng tới người dùng.

Có thể nói đã có rất nhiều nhà khoa học đã và đang nghiên cứu và đưa ra các giải pháp giảm tắc nghẽn trên Internet nói chung và hệ thống CDN nói riêng. Sau đây là một số công trình nghiên cứu gần đây:

Luận văn “Nghiên cứu giải pháp mạng phân phối nội dung (CDN) và đề xuất áp dụng vào việc quản lý phân phối nội dung cho dịch vụ giá trị gia tăng trên MYTV của VNPT” đã cho thấy cơ chế hoạt động của CDN, kỹ thuật sử dụng trong CDN, kiến trúc giải pháp IPTV. Tác giả đã đề xuất giải pháp CDN cho dịch vụ giá trị gia tăng trên MyTV của VNPT (Nguyễn Huy Trường, 2012). Tuy nhiên, luận văn này chỉ thực nghiệm CDN trên nền giao thức TCP đơn đường.

Luận văn “Nghiên cứu các giải pháp giảm tắc nghẽn mạng Internet” đã đi sâu tìm hiểu tình hình phát triển mạng Internet Việt Nam, các nguyên nhân dẫn đến tắc nghẽn mạng. Tác giả đã đề xuất giải pháp giảm tắc nghẽn Internet Quốc tế bằng việc thiết lập trung tâm trung chuyển Internet Quốc tế của Việt Nam do VNNIC quản lý (Trần Thị Lý, 2013).

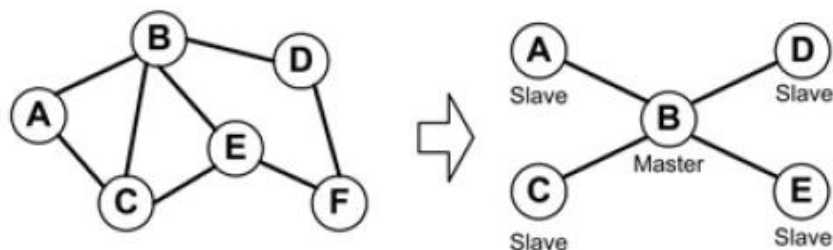
Trong luận văn “Điều khiển tắc nghẽn trong giao thức truyền đa đường cho ứng dụng Multimedia”, tác giả đã đề xuất một thuật toán mở rộng của TFRC đơn đường vào trong giao thức truyền đa đường và đặt tên là MPTFRC. Giao thức MPTFRC bao gồm xác định trọng số động nhằm điều chỉnh thông lượng gửi dữ liệu giữa các đường trong nhiều điều kiện mạng khác nhau. Trọng số động của MPTFRC sẽ điều chỉnh lưu lượng tỉ lệ nghịch với mức độ tắc nghẽn của mạng (Lê Phong Dũ, 2013).

Trong luận văn “Điều khiển tắc nghẽn đa đường trong hệ thống mạng tốc độ cao và/hay độ trễ lớn”, tác giả đã thiết kế lại CTCP thành giao thức đa đường

(MCompound) hoạt động trong mạng có tốc độ cao và/ hay độ trễ lớn (Hà Thị Bích Phương, 2014).

Luận văn “Multipath Fast TCP cho mạng tốc độ cao và/ hay độ trễ lớn”, tác giả đã đưa ra thuật toán mở rộng của FAST TCP là Multipath FAST (MPFAST). MPFAST có khả năng ngăn chặn việc giảm hiệu suất trong mạng không dây nơi khả năng mất gói xảy ra ngẫu nhiên do lỗi sóng truyền cao hơn do lỗi tắc nghẽn mạng (Trần Thị Bảo Yến, 2014).

Manfredi S.; Oliviero F.; Romano S.P. [5] đã giới thiệu thuật toán Fictitiously starred optimised balancing (FSOB) cho hệ thống CDN. FSOB khai thác kỹ thuật chuyển hướng đa chiều của giao thức HTTP để phân phối tối ưu các yêu cầu của người dùng tới các máy chủ trong CDN. Phân phối tải nhằm mục đích cân bằng mức độ chiếm dụng các hàng đợi tại mỗi máy chủ bằng cách định kỳ trao đổi thông tin cục bộ đã được tính toán tại mỗi nút. Như vậy, trong hệ thống CDN sẽ có một máy chủ đảm nhận vai trò cân bằng tải đều các yêu cầu từ người dùng tới các máy chủ CDN khác trong hệ thống.



**Hình 1.3** Mô hình sử dụng FSOB [5]

## 1.2. Lý do chọn đề tài

Các công trình nghiên cứu khoa học nêu trên các tác giả chưa nghiên cứu việc sử dụng giao thức truyền đa đường vào hệ thống CDN. MPTCP có thể trở thành một giải pháp để khắc phục vấn đề băng thông của mạng, giảm tắc nghẽn mạng tại phía máy chủ CDN và dự phòng đường kết nối mạng tại mỗi máy chủ trong CDN.

Vì thế, em chọn hướng nghiên cứu thực nghiệm mạng phân phối nội dung (CDN) trên nền giao thức truyền đa đường.

### **1.3. Bố cục của luận văn**

#### **CHƯƠNG 1: Tổng quan**

Chương này trình bày tổng quan về đề tài, các nghiên cứu liên quan đến đề tài trong thời gian gần đây trong và ngoài nước, nêu những vấn đề còn tồn tại, chỉ ra những vấn đề mà đề tài luận văn quan tâm.

1.1 Tổng quan vấn đề cần nghiên cứu

1.2 Lý do chọn đề tài

1.3 Bố cục của luận văn

#### **CHƯƠNG 2: Điều khiển tắc nghẽn trong đa đường**

Chương này trình bày tổng quan về giao thức truyền đa đường Multipath TCP.

2.1 Tổng quan giao thức Multipath TCP

2.2 Kỹ thuật điều khiển tắc nghẽn trong Muiltpath TCP.

#### **CHƯƠNG 3: Kiến trúc và kỹ thuật sử dụng trong mạng phân phối nội dung**

Chương này mô tả lý thuyết về mạng phân phối nội dung (CDN), mô hình, cách thức hoạt động, các kỹ thuật được sử dụng trong CDN.

3.1 Kiến trúc của mạng phân phối nội dung - CDN

- Content Delivery Infrastructure
- Request Routing Infrastructure
- Distribution Infrastructure
- Accounting Infrastructure

Kỹ thuật được sử dụng trong mạng phân phối nội dung – CDN

- Caching Proxies
- Load Balancing
- Computer Cluster
- Flash Crowd Events

- DNS

3.2 Kỹ thuật định tuyến yêu cầu và kỹ thuật lưu giữ nội dung trong mạng phân phối nội dung – CDN

3.2.1 Cơ chế định tuyến yêu cầu

- DNS based
- URL Rewriting

3.2.2 Kỹ thuật lưu trữ nội dung

#### **CHƯƠNG 4: Ứng dụng giao thức truyền đa đường Multipath TCP vào mạng phân phối nội dung – CDN**

Chương này tiến hành cài đặt thực nghiệm CDN trên nền MPTCP, qua đó đánh giá hiệu quả của việc áp dụng MPTCP vào mạng CDN.

4.1 Mô hình cài đặt thực nghiệm CDN

4.2 Thực nghiệm CDN trên nền MPTCP

4.3 Đánh giá thông lượng mạng CDN trên MPTCP

#### **KẾT LUẬN**

#### **HƯỚNG PHÁT TRIỂN**

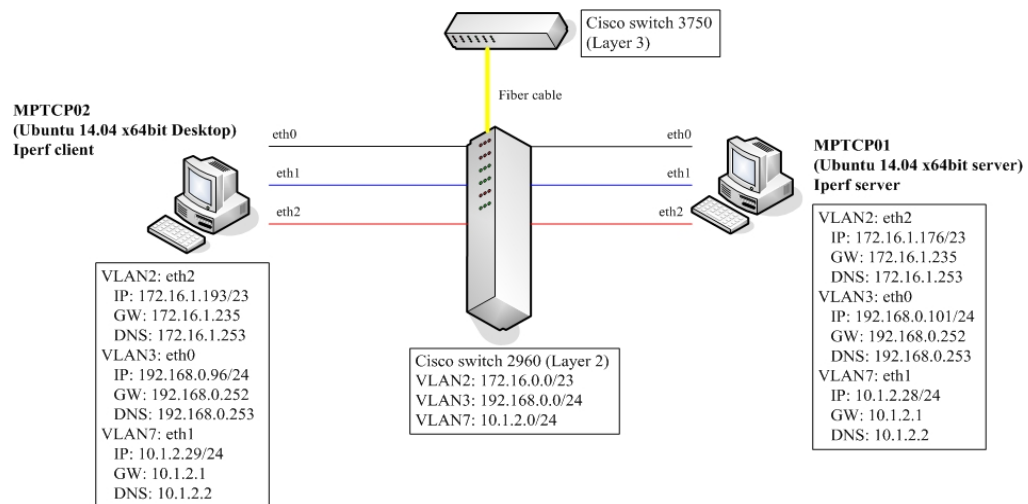
#### **DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO**

## CHƯƠNG 2: ĐIỀU KHIỂN TÁC NGHĨN TRONG ĐA ĐƯỜNG

### 2.1. Tổng quan giao thức Multipath TCP

#### 2.1.1. Các khái niệm:

Bắt nguồn từ ý tưởng muốn hỗ trợ người dùng sử dụng thiết bị có nhiều giao tiếp mạng có thể tận dụng triệt để tài nguyên mạng có sẵn, Ford và nhóm nghiên cứu của mình đã đề xuất MPTCP [2]. IETF cũng đã chuẩn hóa giao thức MPTCP trong tài liệu RFC 6824 [6].



Hình 2.1 Mô hình sử dụng MPTCP

#### a. Regular/ Single path TCP:

Phiên bản tiêu chuẩn của giao thức TCP, hoạt động giữa một cặp địa chỉ IP và Port.

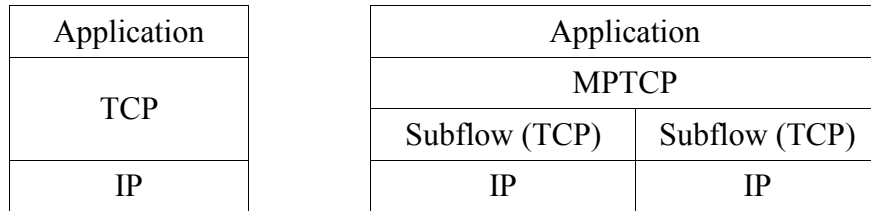
#### b. Multihomed:

Là những máy chủ có nhiều giao diện vật lý (ví dụ 3G, wifi,..), qua đó nó được gán nhiều địa chỉ IP. Khác với máy chủ single-homed là máy chủ chỉ có một giao diện vật lý duy nhất.

#### c. Multipath TCP:

Giao thức MPTCP là mở rộng của giao thức TCP, cho phép các thiết bị có thể truyền dữ liệu cùng lúc trên nhiều đường khác nhau nhằm đạt các mục đích:

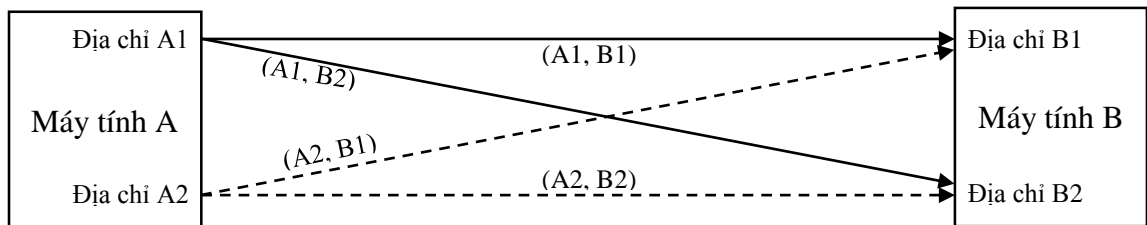
- i) Nâng cao thông lượng truyền
- ii) Đảm bảo chia sẻ công bằng đối với các luồng TCP hiện có
- iii) Có khả năng cân bằng tắc nghẽn: chuyển dữ liệu từ đường có tắc nghẽn nhiều sang đường có tắc nghẽn ít hơn.



**Hình 2.2** So sánh mô hình TCP và MPTCP [2]

**d. Subflow (luồng con):**

Với giao thức TCP, chỉ tồn tại một đường truyền duy nhất để trao đổi dữ liệu giữa hai cặp đầu cuối. Với giao thức MPTCP, kết nối mạng giữa hai cặp đầu cuối có thể tồn tại cùng lúc nhiều đường truyền. Mỗi đường truyền này được gán 1 địa chỉ IP khác nhau tại mỗi đầu, những gói tin có cùng địa chỉ IP nguồn và đích có nghĩa cùng chung subflow. Một kết nối MPTCP bao gồm nhiều subflow. MPTCP đóng vai trò như một kết nối điều khiển các subflow trong việc vận chuyển gói tin đồng thời.



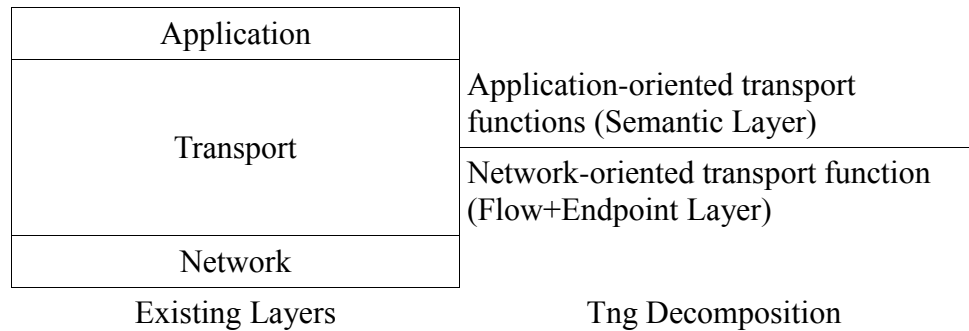
**Hình 2.3** Phân phối subflow trong mô hình MPTCP [6]

Mỗi subflow tương ứng với một kết nối TCP, có số thứ tự riêng do MPTCP cấp, đồng thời cũng tạo kết nối bằng phương pháp bắt tay 3 bước, đồng thời đóng kết nối bằng phương pháp bắt tay 4 bước.

**e. Mức kết nối (connection level):**

Tại hình 2.4, ta nhận thấy thức MPTCP đã thay đổi cấu trúc giao thức TCP ở tầng Transport. Nó chia tầng transport thành 2 thành phần: lớp Semantic và lớp Flow/ Endpoint. Lớp Semantic đóng vai trò điều khiển định hướng dữ liệu đến lớp

Flow/ Endpoint để phân phối gói tin tới các subflow phù hợp nhất. Ở mức kết nối của MPTCP, dữ liệu được sắp xếp lại và sẵn sàng để chuyển đến các khe (socket) ứng dụng. Mức kết nối, còn được gọi là mức dữ liệu (data level), một lớp trừu tượng nằm giữa tầng Transport và tầng Application.



**Hình 2.4** Giao thức MPTCP chia tầng Transport [2]

#### f. Path:

Là đường đi của các gói tin được xác định bởi các bước nhảy giữa các bộ định tuyến trước khi đến đích. Hình 2.3 mô tả việc chuyển các gói dữ liệu từ các subflow đến path.

#### 2.1.2. Truyền dữ liệu trong MPTCP:

Hoạt động của giao thức MPTCP được thiết lập trong các trường thuộc TCP header. Một giao thức TCP chuẩn có hỗ trợ giao thức MPTCP được xác định thông qua lựa chọn MP\_CAPABLE, khi tính năng này được bật, MPTCP đã sẵn sàng.

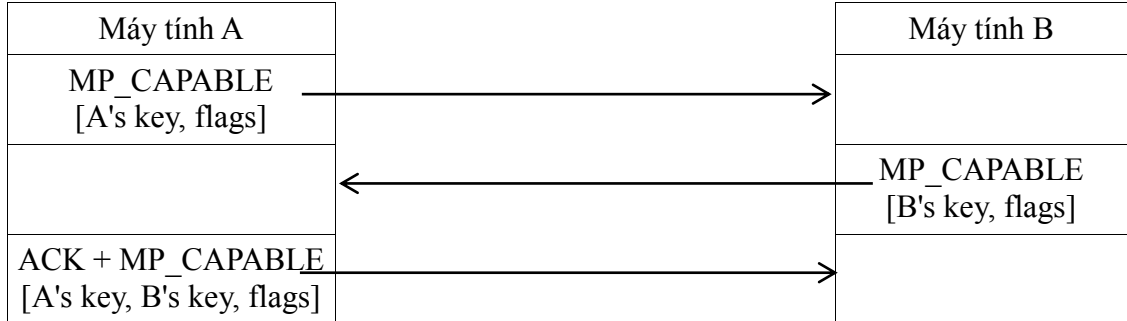
MPTCP sẽ lấy dữ liệu đầu vào từ ứng dụng, sau đó chia nhỏ dữ liệu thành nhiều subflow, việc truyền dữ liệu trên các subflow tương tự như khi thực thi với TCP chuẩn.

#### a. Thiết lập kết nối:

MPTCP thiết lập một kết nối TCP bằng cách gửi gói tin SYN có MP\_CAPABLE được bật về phía đầu nhận. Bên nhận cũng sẽ phản hồi gói tin với cờ SYN/ ACK với giá trị MP\_CAPABLE. Ngược lại, nếu thiết bị đầu cuối không hỗ



trợ MPTCP, hoặc middle-box tước lựa chọn MPTCP thì cấp thiết bị đầu cuối sẽ thực hiện kết nối TCP bình thường.



**Hình 2.5** Các bước thiết lập kết nối MPTCP [6]

Để tiếp tục việc kết nối, máy chủ sẽ trao đổi khóa và thuật toán mã hóa với máy trạm. Các khóa này tạo hai token nhằm xác định một kết nối duy nhất trên máy chủ. Nhiệm vụ của token này là trao đổi khóa và lựa chọn thuật toán cho các thiết bị đầu cuối để xác định kết nối và chứng thực khi 1 subflow mới được thêm vào.

Dưới đây là những lựa chọn khi mở kết nối:

**Bảng 2-1.** Lựa chọn kết nối MPTCP [6]

Giá trị	Ký hiệu	Mô tả
0x0	MP_CAPABLE	Có hỗ trợ Multipath Multipath Capable
0x1	MP_JOIN	Tham gia kết nối Join Connection
0x2	DATA_SEQUENCE_SIGNAL	Thông tin Data ACK và Data Sequence Mapping
0x3	ADD_ADDR	Thêm địa chỉ Add Address
0x4	REMOVE_ADDR	Gỡ bỏ địa chỉ
0x5	MP_PRIO	Mức độ ưu tiên của subflow
0x6	MP_FAIL	Kết nối multipath thất bại
0x7	MP_FASTCLOSE	Đóng nhanh kết nối

Khi lấy dữ liệu đầu vào từ ứng dụng để chia nhỏ cho nhiều subflow, MPTCP cần tập trung những thông tin điều khiển trong bảng Data Sequence Signal.

**Bảng 2-2.** Bảng Data Sequence Signal [6]

0 1 2 3 4 5 6 7	8 9 0 1 2 3 4 5	6 7 8 9	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
Kind	Length	Subtype	(reserved)  F m M  a A
Data ACK (4 or 8 octets, depending on flags)			
Data sequence number (4 or 8 octets, depending on flags)			
Subflow Sequence Number (4 octets)			
Data-Level Length (2 octets)		Checksum (2 octets)	

Data ACK: số hiệu của segment tiếp theo mà trạm nguồn đang chờ để nhận.

Data sequence number: số hiệu byte đầu tiên của segment.

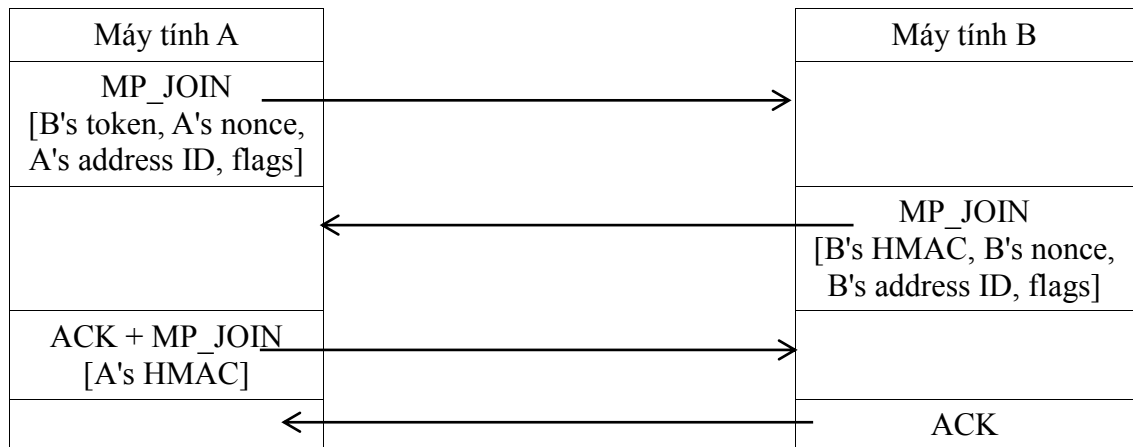
Subflow Sequence number: số thứ tự subflow mà MPTCP sẽ truyền gói tin trên đó.

Checksum: mã kiểm soát lỗi cho toàn bộ segment (header + data).

#### **b. Mở luồng con:**

Khi đã mở kết nối MPTCP bằng cách trao đổi tính năng MP\_CAPABLE trong gói tin, lúc này các subflow có thể được thêm vào kết nối. Thiết bị đầu cuối nắm rõ tình hình địa chỉ IP, do đó, có thể thêm subflow vào các cặp địa chỉ IP chưa sử dụng.

Luồng con được mở bằng cách trao đổi các gói tin với cờ SYN/ ACK và lựa chọn MP\_JOIN. Lựa chọn MP\_JOIN này hiện diện trong cờ SYN, SYN/ ACK, ACK trong quá trình bắt tay 3 bước. Lựa chọn MP\_JOIN đầu tiên trong gói tin có cờ SYN được bật, bao gồm cả Token, 1 số ngẫu nhiên và địa chỉ ID, những tham số này còn có thể dùng cho những subflow khác. Các đầu cuối có thể sử dụng khóa và thuật toán nó lựa chọn trong suốt quá trình khởi tạo kết nối, và chứng thực lẫn nhau. Sau khi thiết lập một kết nối mới, đầu cuối được yêu cầu có thể phát ra thông báo subflow đã sẵn sàng với lựa chọn ADD\_ADDR. Và đầu cuối còn lại sẽ quyết định mở 1 subflow mới đến địa chỉ được thông báo.



**Hình 2.6** Các bước trong quá trình mở luồng con [6]

### c. Đóng kết nối:

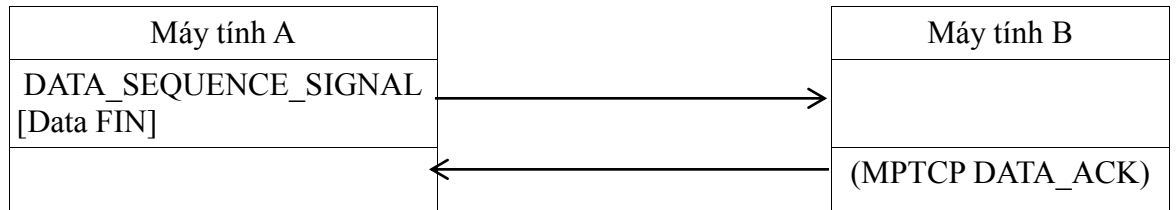
Vì các kết nối giữa các subflow độc lập với nhau, nên cờ FIN và RST không thể sử dụng để kết thúc hoàn toàn một kết nối MPTCP. Nó chỉ được dùng để đóng 1 subflow duy nhất. Bắt tay 4 bước được kích hoạt bởi cờ FIN sẽ đóng kết nối của 1 subflow, cờ RST được dùng để hủy bỏ các hoạt động trên subflow trong các trường hợp lỗi đường truyền.

Trong MPTCP ở mức dữ liệu, MP\_FASTCLOSE tương đương với RST ở mức subflow, cờ DATA\_FIN được dùng để đóng một kết nối được nằm trong lựa chọn DATA\_SEQUENCE\_SIGNAL.

Có hai cách để đóng một kết nối MPTCP ở mức dữ liệu:

Khi đầu cuối muốn đóng kết nối, nó sẽ gửi gói tin RST đến tất cả các subflow, ngoại trừ 1 subflow để trao đổi các phản hồi trước khi đóng hoàn toàn kết nối. Trên subflow còn lại này, gói tin ACK sẽ được phản hồi có chứa lựa chọn MP\_FASTCLOSE. Kết nối sau đó kết thúc sau khi gói tin RST được gửi trên subflow còn lại này.

Một đầu cuối sẽ gửi lựa chọn DATA\_SEQUENCE\_SIGNAL với cờ DATA\_FIN = 1. Mỗi subflow sẽ được đóng gói FIN chứa trong lựa chọn DATA\_SEQUENCE\_SIGNAL để đảm bảo rằng toàn bộ dữ liệu đã được nhận.



**Hình 2.7** Các bước trong quá trình đóng kết nối MPTCP [6]

### 2.1.3. Các cơ chế đa đường:

Đối với giao thức MPTCP, mục đích chính là truyền dữ liệu đồng thời trên nhiều đường khác nhau. Do đó, MPTCP cần các cơ chế để thực hiện tốt nhiệm vụ này, bao gồm:

#### a. Sử dụng nhiều địa chỉ IP:

Đây là một trong các phương pháp hiện đang được đưa ra trong thiết kế của giao thức MPTCP. Nếu máy có nhiều địa chỉ IP, các cặp địa chỉ khác nhau từ những cặp địa chỉ này sẽ tạo nên các đường dẫn khác nhau.

#### b. Sử dụng giá trị lựa chọn đường dẫn (path selector value):

Một đầu cuối gắn vào các gói tin truyền đi một nhãn chứa giá trị lựa chọn đường dẫn. Các node trong mạng đọc được các nhãn này và sử dụng nó để xác định đường dẫn, từ đó các host sẽ gửi gói tin theo các đường dẫn đã chọn.

#### c. Sử dụng next – hop:

Trong cấu hình mạng, các next – hop có thể truyền các gói tin, một host có thể quyết định gửi các gói tin qua next – hop này hoặc next – hop khác.

## 2.2. Kỹ thuật điều khiển tắc nghẽn trong Multipath TCP

Với nỗ lực khai thác các đường truyền khác nhau một cách hiệu quả, rất nhiều thuật toán multipath TCP đã được đề xuất và thể hiện khả năng truyền dữ liệu hiệu quả trên mạng. Tuy nhiên, những thuật toán này được nhận định là hoặc hoạt động không hiệu quả trong môi trường tốc độ cao và/ hay độ trễ lớn, hoặc không chính xác trong việc ước tính thông tin về nghẽn mạng. Những giải thuật này được xếp

vào loại kỹ thuật loss-based hoặc delay-based, tùy theo loại TCP tương ứng mà chúng phát triển. Với kỹ thuật loss-based, phía gửi sẽ tăng tốc độ gửi đến khi mất gói tin do bộ đệm tại điểm tắc nghẽn đã đầy. Như đã đề cập trước đây, hiện tượng mất gói là dấu hiệu cho thấy xảy ra nghẽn mạng. Để ước tính nhanh hơn thông tin về nghẽn mạng, kỹ thuật delay-based dựa trên dấu hiệu tăng trong RTT. Do đó, kỹ thuật delay-based có thể phát hiện và phản ứng sớm hơn với hiện tượng nghẽn mạng so với kỹ thuật loss-based. Dù vậy, khi các luồng loss-based cạnh tranh với các luồng delay-based trên cùng một đường truyền thì thông lượng của các luồng delay-based bị giảm nghiêm trọng. Sau đây là phần tóm tắt sơ lược một số thuật toán điều khiển tắc nghẽn đa đường đã được đề xuất trong thời gian gần đây.

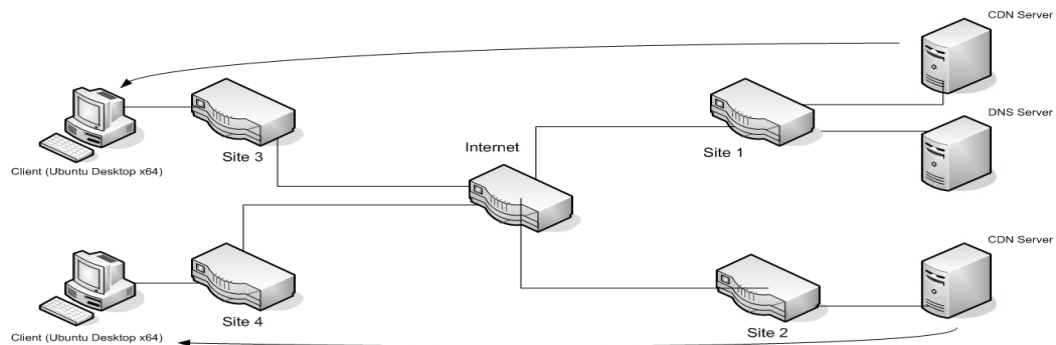
Thiết kế của MPTCP với cải tiến Opportunistic Linked Increase Algorithm (OLIA) [4] có thể giải quyết được hai vấn đề mà thật toán cũ là Linked Increase Algorithm (LIA) gặp phải. Đó là việc không thể tăng thông lượng của người dùng đã nâng cấp lên MPTCP mà không làm giảm thông lượng của những người dùng bình thường khác hoặc làm tăng chi phí điều khiển tắc nghẽn. Tuy nhiên, do MPTCP được mở rộng từ TCP chuẩn – giao thức sẽ tự trở thành một nút cổ chai khi hoạt động trong mạng tốc độ cao- độ trễ lớn. Do đó, MPTCP kém hiệu quả khi truyền dữ liệu trên môi trường mạng đó.

Tiếp theo là MPCubic [3] được phát triển cho mạng tốc độ cao-độ trễ lớn nên hoạt động hiệu quả trên mạng này. Nhưng do được thiết kế từ TCP Cubic nên được xếp vào loại kỹ thuật loss-based và thừa hưởng tính chất háo băng thông của kỹ thuật này.

Một loại kỹ thuật delay-based được đề xuất gần đây là MPFAST [7]. Giải thuật này thể hiện khả năng ước tính thông tin về nghẽn tốt và hoạt động hiệu quả trong mạng tốc độ cao-độ trễ lớn. Tuy vậy, mang tính chất của loại kỹ thuật delay-based làm nó không cạnh tranh được với các luồng loss-based khác khi cùng truyền dữ liệu trên một đường truyền.

### CHƯƠNG 3: Kiến trúc và kỹ thuật sử dụng trong mạng phân phối nội dung

CDN là viết tắt của Content Delivery Network, là mạng lưới gồm nhiều máy chủ lưu trữ đặt tại nhiều vị trí địa lý khác nhau, cùng làm việc chung để phân phối nội dung, truyền tải hình ảnh, CSS, Javascript, Video clip, Real-time media streaming, File download đến người dùng cuối. Cơ chế hoạt động của CDN giúp cho khách hàng truy cập nhanh vào dữ liệu máy chủ web gần họ nhất thay vì phải truy cập vào dữ liệu máy chủ web tại trung tâm dữ liệu. (Nguồn: <https://cdn.com.vn/>)



**Hình 3.1** Mô hình giải pháp CDN chuẩn

CDN cho phép các doanh nghiệp, các nhà cung cấp dịch vụ nội dung điều khiển nội dung của họ và quản lý nó. Các mạng CDN cho phép các doanh nghiệp:

- Cải thiện chất lượng mạng và chất lượng dịch vụ thậm chí ngay cả khi lưu lượng tổng tăng lên.
- Sử dụng truyền thông đa phương tiện tốc độ cao như video để tăng cường năng lực người dùng cuối mà không bị tắc nghẽn ở các mạng.
- Đảm bảo cung cấp nội dung dữ liệu mới nhất cho người dùng cuối trong các môi trường phát triển nhanh.
- Nâng cao năng lực của cơ sở hạ tầng sẵn có, điều khiển mạng tương lai, giảm chi phí băng thông.
- Giảm phí tổn băng thông tổng mà không làm ảnh hưởng đến chất lượng dịch vụ tới người dùng cuối.

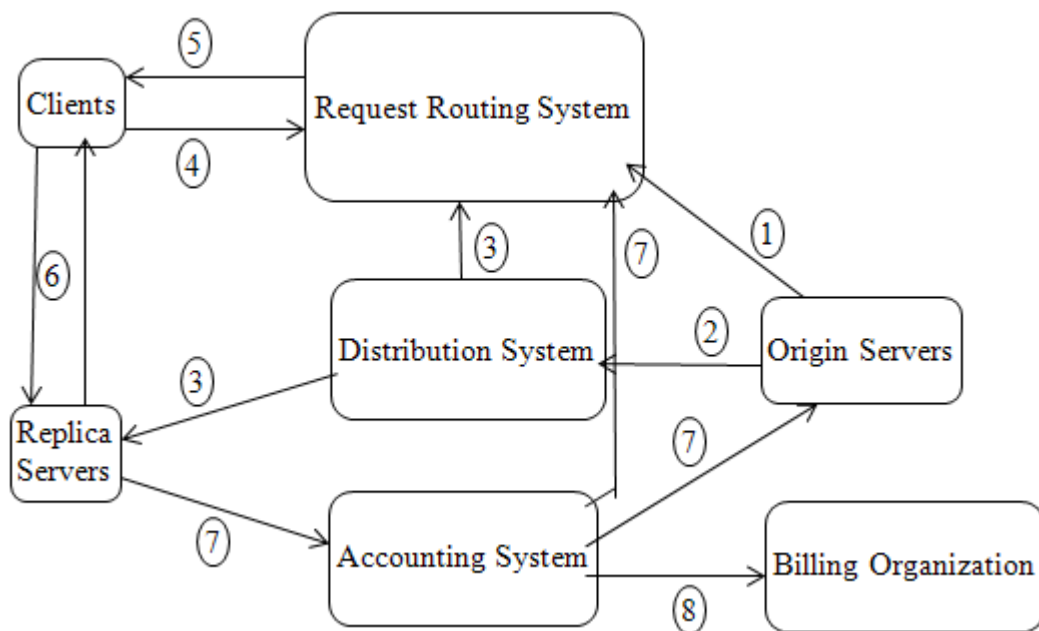
- Đo đạc các phân bố nội dung giúp căn chỉnh chi phí mang tốt hơn với các mục tiêu kinh doanh.

- Phân phối các ứng dụng phân tán trên mạng sẵn có mà không phải chịu chi phí tiền vốn lớn.

- Bắt kịp các dạng dữ liệu Internet hiện tại và tương lai.

### 3.1. Kiến trúc của mạng phân phối nội dung – CDN

Các thành phần cơ bản của giải pháp CDN:



**Hình 3.2** Các thành phần cơ bản trong kiến trúc hệ thống CDN [1]

Kiến trúc tổng thể của CDN được thể hiện trong hình 3.2. Nó được cấu tạo bởi 7 thành phần: Client, Replica Server, Origin server, billing organization, request routing system, distribution, system và accounting system. Mỗi quan hệ cơ bản giữa các thành phần được thể hiện theo đường đánh số trong hình 3.2 và được mô tả như sau:

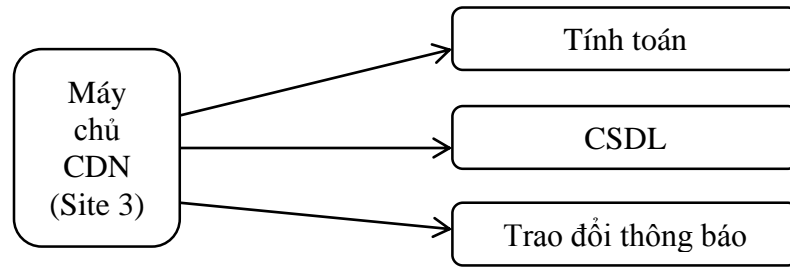
1. Origin Server (Máy chủ gốc) cung cấp một không gian địa chỉ của các tài liệu được phân tán và phân phối trong CDN cho Request Routing System.
2. Origin Server cung cấp nội dung cần được phân tán và phân phối cho Distribution System.

3. Distribution di chuyển nội dung tới Replica Servers. Hệ thống này còn ảnh hưởng tới Request Routing System thông qua các phản hồi để giúp đỡ việc xử lý lựa chọn Replica Server cho các yêu cầu của người dùng.
4. Người dùng yêu cầu những tài liệu mà Origin có thể cung cấp. Dù cách nào đi chăng nữa, thì yêu cầu của người dùng vẫn được chuyển hướng đến Request Routing System.
5. Hệ thống Request Rounting định tuyến yêu cầu của người dùng tới Replica server thích hợp trong CDN.
6. Replica server được lựa chọn sẽ phân phối nội dung được yêu cầu cho người dùng. Thêm vào đó, replica server cũng gửi thông tin giám sát của nội dung được phân phối tới Accounting System.
7. Accounting System sẽ tập hợp và phân loại các loại thông tin giám sát thành các dạng thống kê, bản ghi thông tin nội dung để cho Origin Server và Billing Orgnization sử dụng. Số liệu thống kê thường được phản hồi cho Request Routing System.
8. Billing Organization sử dụng những bản ghi chi tiết nội dung để giải quyết những xung đột phức tạp của mỗi thành phần trong việc phân tán nội dung và xử lý phân phối.

- ***Hệ thống phân phối nội dung (Content Delivery Infrastructure):***

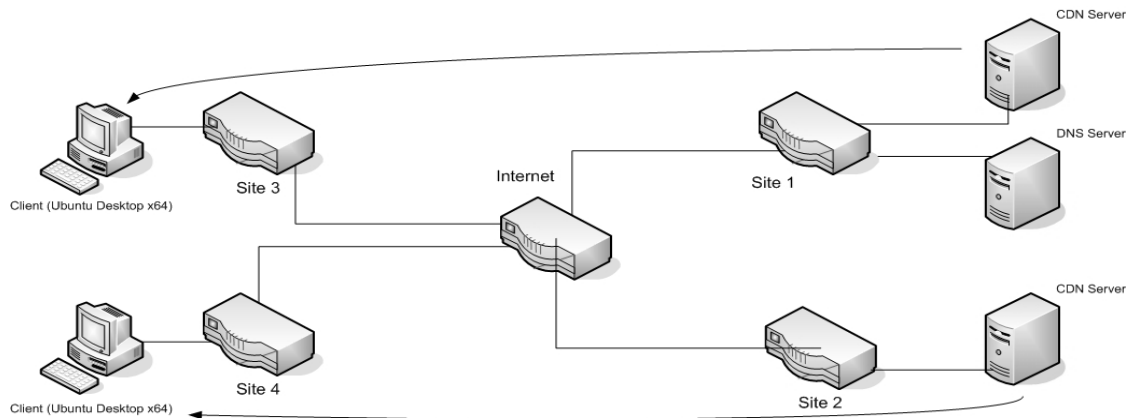
Hệ thống phân phối bao gồm một tập các phần tử mạng thực hiện chung một quá trình phân phối nội dung của các nhà cung cấp nội dung từ máy chủ gốc tới một hoặc nhiều máy chủ sao lưu (Hình 3.3) và phân phát nội dung từ các máy chủ sao lưu tới các người dùng trong một mạng CDN (Hình 3.4).





**Hình 3.3** Quá trình phân phối nội dung

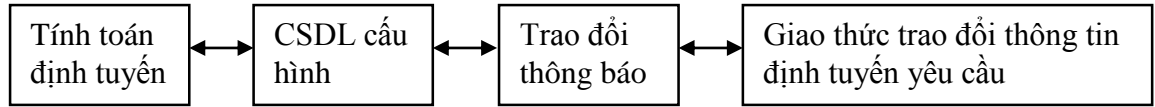
Quá trình phân phối có thể xảy ra cả khi máy chủ sao lưu không nhận được yêu cầu từ các người dùng, quá trình này được gọi là tìm nạp trước, hoặc có thể xảy ra khi máy chủ sao lưu nhận được yêu cầu của người dùng mà không lưu giữ nội dung được yêu cầu đó, gọi là tìm nạp theo yêu cầu.



**Hình 3.4** Quá trình phân phát nội dung

- **Định tuyến yêu cầu của người sử dụng (Request Routing Infrastructure):**

Cấu trúc của hệ thống định tuyến yêu cầu được chỉ ra trong Hình 3.5. Nó bao gồm các thành phần: Trao đổi cấu hình nội dung CTE (Content Topology Exchang), cơ sở dữ liệu cấu hình nội dung CTD (Content Topology Database) và tính toán định tuyến (route computation).



**Hình 3.5** Cấu trúc hệ thống định tuyến yêu cầu [1]

Bước 1: Tính toán định tuyến: Tính toán để lựa chọn server sao lưu tốt nhất cho các client dựa trên các thông tin được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu cấu hình nội dung, thuật toán tính toán định tuyến và các cách được định sẵn.

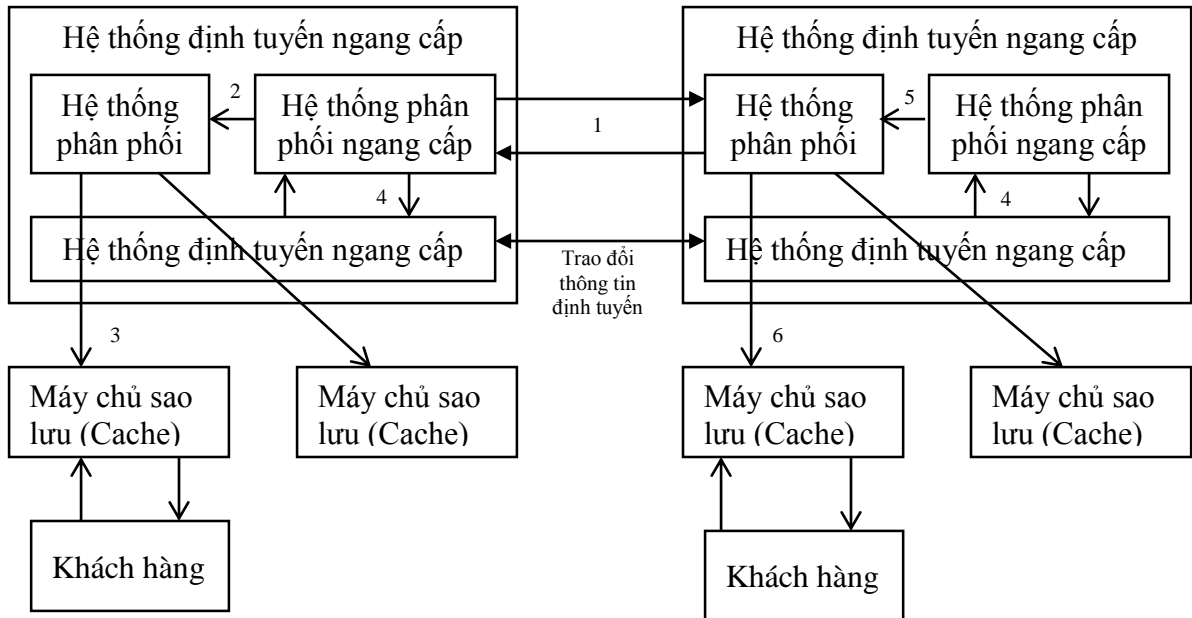
Bước 2: Cơ sở dữ liệu cấu hình nội dung: Dữ liệu cấu hình bao gồm thông tin thông báo chi tiết nhận được từ các CDN lân cận và các thông số liên quan.

Bước 3: Trao đổi thông báo: Khối chức năng này chịu trách nhiệm về việc thực thi giao thức trao đổi thông tin định tuyến yêu cầu.

Bước 4: Giao thức trao đổi thông tin định tuyến yêu cầu: Được sử dụng để trao đổi các thông báo nội dung và thông báo vùng nội dung.

Thông thường, các kỹ thuật định tuyến yêu cầu có thể có các loại sau: định tuyến yêu cầu dựa vào hệ thống tên miền (DNS), định tuyến yêu cầu lớp truyền tải và định tuyến yêu cầu lớp ứng dụng. Quá trình định hướng các yêu cầu của người dùng tới các máy chủ sao lưu được gọi là định tuyến yêu cầu, định tuyến nội dung, hay đổi hướng nội dung.

- **Phân phối nội dung (Distribution Infrastructure):**



**Hình 3.6** Phân phối nội dung trong một CDN và giữa các CDN ngang cấp [1]

Hình 3.6 mô tả các bước phân phối nội dung trong một mạng CDN và phân phối giữa các mạng CDN ngang cấp. Sau đây là các bước thực hiện phân phối:

Bước 1: Server gốc cho phép các CDN ngang cấp phân phối nội dung của nó và đặt nội dung vào hệ thống phân phối ngang cấp của một trong các CDN. Tồn tại hai cách đặt nội dung:

- Đẩy nội dung xuống trước: Nội dung sẽ được sử dụng trong các CDN được đẩy xuống một cách tích cực.
- Kéo nội dung theo yêu cầu: Nội dung được kéo theo yêu cầu từ hệ điều hành khi có một bộ đệm bị lỗi tại máy chủ sao lưu tại cùng thời gian đối tượng được yêu cầu.

Bước 4: Hệ thống phân phối ngang cấp di chuyển nội dung giữa các CDN ngang cấp. Nó cung cấp thông tin về các vị trí nơi mà nội dung có mặt tới hệ thống định tuyến ngang cấp. Hệ thống định tuyến ngang cấp thông báo thông tin này tới các mạng CDN ngang cấp.

Bước 2, 5: Hệ thống phân phối ngang cấp truyền nội dung tới hệ thống phân phối.

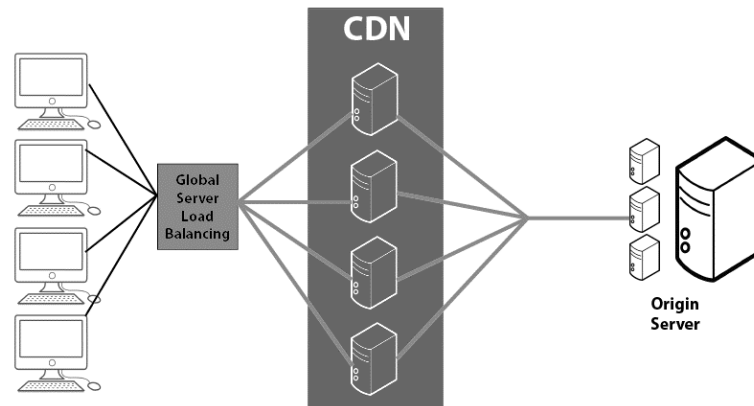
Bước 3, 6: Hệ thống phân phối sẽ phân phối nội dung giữa các máy chủ sao lưu trong cùng một mạng CDN. Có hai phương pháp để phân phối nội dung tới các máy chủ sao lưu đó là: Sử dụng mạng dành riêng hoặc sử dụng mạng internet công cộng.

- **Hệ thống tính cước (Accounting Infrastructure):**

Hệ thống tính cước đóng vai trò như thước đo và thực hiện ghi chép lại các thông tin về phân phối nội dung cũng như các hoạt động vận chuyển nội dung. Các thông tin này là nền tảng cho việc chuyển lợi nhuận, nội dung cũng như các quyền lợi qua lại giữa hai bên là nhà cung cấp dịch vụ mạng và nhà cung cấp nội dung và cũng được sử dụng để làm hóa đơn cho khách hàng. Hệ thống tính cước chia ra làm nhiều hệ thống con phân phối trên toàn thế giới.

**Kỹ thuật được sử dụng trong mạng phân phối nội dung – CDN:**

- **Bộ nhớ đệm (Caching Proxies):** Đây là một hình thức phân tán nội dung, đưa nội dung đến các máy chủ sao lưu gần người dùng nhằm mục đích giảm băng thông lưu chuyển trên mạng và đáp ứng yêu cầu của người dùng một cách nhanh chóng.
- **Cân bằng tải (Load Balancing):** Trong quá trình hoạt động, không phải lúc nào các máy chủ sao lưu trong CDN cũng hoạt động bình thường, nhiều khi số người dùng truy cập đến một máy chủ quá nhiều, quá giới hạn cho phép sẽ làm cho máy chủ bị quá tải. Bởi vậy mà kỹ thuật cân bằng tải sẽ được sử dụng nhằm giảm tải cho máy chủ. Một số kỹ thuật phổ biến nhằm giảm tải: nâng cấp phần cứng, đường truyền, mở rộng nút bị quá tải bằng cách chia thành các nút nhỏ hơn.



**Hình 3.7** Hệ thống CDN sử dụng cơ chế cân bằng tải trên nhiều máy chủ

(Nguồn: [https://www.rackspace.com/knowledge\\_center/article/what-is-a-cdn](https://www.rackspace.com/knowledge_center/article/what-is-a-cdn))

- **Computer Cluster:** là tập hợp nhiều máy tính có chung cấu hình phần cứng và hệ điều hành được liên kết với nhau qua mạng cục bộ tạo thành một máy tính luận lý duy nhất để thực hiện chung một xử lý, tính toán nào đó. Mỗi máy tính được gọi là Node (Nguồn: [https://en.wikipedia.org/wiki/Computer\\_cluster](https://en.wikipedia.org/wiki/Computer_cluster)). Hệ thống CDN cluster có thể được tạo thành bằng cách sử dụng các thiết bị chuyển mạch mạng lớp 4-7 để chia tải qua nhiều máy chủ hoặc máy chủ proxy trong hệ thống CDN.
- **Flash Crowd Events:** là sự xuất hiện đột ngột số lượng lớn lưu lượng truy xuất đến một trang thông tin điện tử. Kết quả là người dùng không truy cập tài nguyên trong hệ thống CDN do hệ thống CDN đã bị tê liệt. Thế hệ CDN mới đã khắc phục điều này.

Gọi  $r_{t_i}$  là tốc độ yêu cầu trung bình mỗi phút vượt quá khoảng thời gian  $t_i$ . Một tên miền đang diễn ra Flash crowd nếu  $r_{t_i} > 2^i * r_{t_0}, \forall i \in [0, k]$  và  $\max_i r_{t_i} > m \cap \max_i r_{t_i} > n * r_{avg}$  trong đó hằng số  $m$  là tốc độ yêu cầu nhỏ nhất mỗi phút,  $n$  là tốc độ duy trì liên tục lớn nhất hơn là tốc độ trung bình của dịch vụ.

- **DNS:** dựa trên kỹ thuật định tuyến theo yêu cầu. Kỹ thuật này giúp cho việc lựa chọn máy chủ sao lưu một cách hợp lý, lựa chọn máy chủ có khả năng cung cấp nội dung ở vị trí gần người dùng nhất trong mạng. Việc định tuyến yêu cầu của người

dùng đến máy chủ sao lưu gần nhất sẽ giúp giảm lưu lượng băng thông trên toàn mạng, tăng khả năng đáp ứng yêu cầu từ người dùng.

### **3.2. Kỹ thuật định tuyến yêu cầu và kỹ thuật lưu giữ nội dung trong mạng phân phối nội dung – CDN**

Hệ thống định tuyến yêu cầu được sử dụng để lựa chọn máy chủ sao lưu phù hợp mà có giữ bản sao nội dung được yêu cầu và định hướng người dùng tới máy chủ sao lưu đó. Khoảng cách giữa người dùng và máy chủ sao lưu và tải của máy chủ sao lưu là hai tiêu chuẩn quan trọng được sử dụng để lựa chọn máy chủ sao lưu phù hợp. Các khoảng thời gian quay vòng và số các chặng là hai thông số xác định khoảng cách. Tuy nhiên cả hai thông số này đều không hiệu quả và chính xác để chỉ ra khoảng cách giữa người dùng và máy chủ sao lưu bởi vì thông số thứ nhất có thể thay đổi nhiều, còn thông số thứ hai thì không tính đến tình trạng lưu lượng mạng.

#### **3.2.1. Cơ chế định tuyến yêu cầu**

- **DNS based:** là định tuyến bằng cách sử dụng bản ghi NS. Máy chủ DNS có thể sử dụng các bản ghi NS để chuyển tiếp yêu cầu đến máy chủ định tuyến yêu cầu DNS khác. Quá trình này cho phép nhiều máy chủ DNS tham gia vào quá trình phân giải tên miền. Chẳng hạn như khi phía người dùng yêu cầu phân giải tên miền `www.cdn.com`, nó sẽ hỏi DNS của ISP, nếu như DNS của ISP không lưu thông tin về tên miền trên thì nó sẽ hỏi máy chủ DNS có quyền với `cdn.com`. Máy chủ có quyền với tên miền này có thể là máy chủ NS định tuyến yêu cầu. Khi đó DNS có quyền sẽ trả lại một tập các bản ghi A chứa thông tin về tên miền và IP tương ứng của chúng hoặc định hướng tới một DNS khác có quyền chuyển giao, phân giải đối với tên miền `cdn.com`.

Một bộ định tuyến yêu cầu dựa trên DNS chuyên dụng sẽ:

1. Nhận các yêu cầu phân giải tên miền.
2. Xác định vị trí của người dùng dựa trên địa chỉ IP của máy trạm (hoặc các điều kiện ràng buộc khác).

3. Trả về địa chỉ của máy chủ CDN gần đó.

- **URL Rewriting:** Kỹ thuật này cho phép nhà cung cấp nội dung điều khiển trực tiếp các quyết định định tuyến yêu cầu. Về cơ bản, nhà cung cấp nội dung có thể trao đổi trực tiếp với máy chủ sao lưu tốt nhất của người dùng. Các quyết định về lựa chọn máy chủ sao lưu tốt nhất được tạo ra dựa trên mỗi đối tượng hoặc phụ thuộc vào một số tham số và phải đảm bảo rằng công việc chỉnh sửa nội dung được thực hiện theo cách phù hợp với RFC 3238.

### 3.2.2. Kỹ thuật lưu trữ nội dung

- **Sao lưu điều khiển theo đợt:** máy chủ sao lưu được cập nhật khởi tạo giao tiếp với máy chủ gốc. Giao tiếp này được thiết lập tại các khoảng thời gian dựa vào các phiên giao dịch được xếp hàng. Khi một phiên liên lạc được thiết lập, các tập dữ liệu được lưu sang máy chủ sao lưu khởi tạo. Dựa trên giao thức được sử dụng để truyền tập dữ liệu. FPT và RDIST là các giao thức hay được sử dụng nhất.
- **Sao lưu theo yêu cầu:** máy chủ sao lưu phải có nội dung khi cần đáp ứng nhu cầu của người dùng. Khi người dùng yêu cầu một tài nguyên số mà không có trong tập dữ liệu của máy chủ sao lưu phải cố gắng giải quyết yêu cầu đó bằng cách lấy được tài nguyên số từ máy chủ gốc, điều hướng về người dùng yêu cầu. Dựa vào giao thức: FPT, Gopher, HTTP và ICP được sử dụng phổ biến nhất.
- **Sao lưu đồng bộ:** Các máy chủ sao lưu tương tác được với nhau là nhờ sử dụng các chiến lược đồng bộ và các giao thức sao lưu chuyên dụng để cập nhật các tập dữ liệu bản sao. Các chiến lược đồng bộ dữ liệu chặt chẽ được thiết lập trên máy chủ gốc từ vài phút tới vài giờ.

## **CHƯƠNG 4: Ứng dụng giao thức truyền đa đường vào mạng phân phối nội dung – CDN**

Như chúng ta đã biết, tổ chức quản lý IP quốc tế đã phân chia tài nguyên địa chỉ IP theo vị trí địa lý của từng quốc gia. Trong mỗi quốc gia lại phân chia theo từng khu vực nhỏ: quận, tỉnh, thành phố. Tại mỗi nước chỉ có những tài nguyên về địa chỉ IP nhất định. Công ty MaxMind thành lập năm 2002, đã thống kê tất cả địa chỉ IP của từng quốc gia trên thế giới và tập hợp chúng vào một cơ sở dữ liệu có tên là GeoIP (Nguồn: <https://www.maxmind.com>).

Bind (Berkeley Internet Name Domain) là một chương trình phân giải tên miền trên nền các hệ thống AIX/BSD/HP-UX/Unix/Linux/VMS... Các chức năng của DNS sẽ do bind quyết định, gồm phân giải tên miền thành IP và ngược lại. Hiện nay có rất nhiều các phần mềm hỗ trợ cho việc triển khai dịch vụ DNS với tính năng mạnh mẽ hơn BIND, nhưng nhờ sự ổn định của mình thì BIND vẫn được chọn làm nền tảng chính để triển khai dịch vụ DNS cho hệ thống CDN.

Phần mềm Iperf là một công cụ phổ biến, tạo ra các luồng dữ liệu TCP, UDP để đo thông lượng của mạng (Nguồn: <https://en.wikipedia.org/wiki/Iperf>).

Trong luận văn này, em gọi:

- CDN: hệ thống CDN chuẩn (đơn đường)
- mCDN: hệ thống CDN trên nền giao thức truyền đa đường
- Băng thông của mỗi đường truyền giữa các bộ định tuyến là 5 Mbps
- Băng thông của mỗi đường truyền từ bộ định tuyến đến thiết bị đầu cuối là 3 Mbps
- Sử dụng phần mềm Iperf đo băng thông TCP, MPTCP trong 10 giây

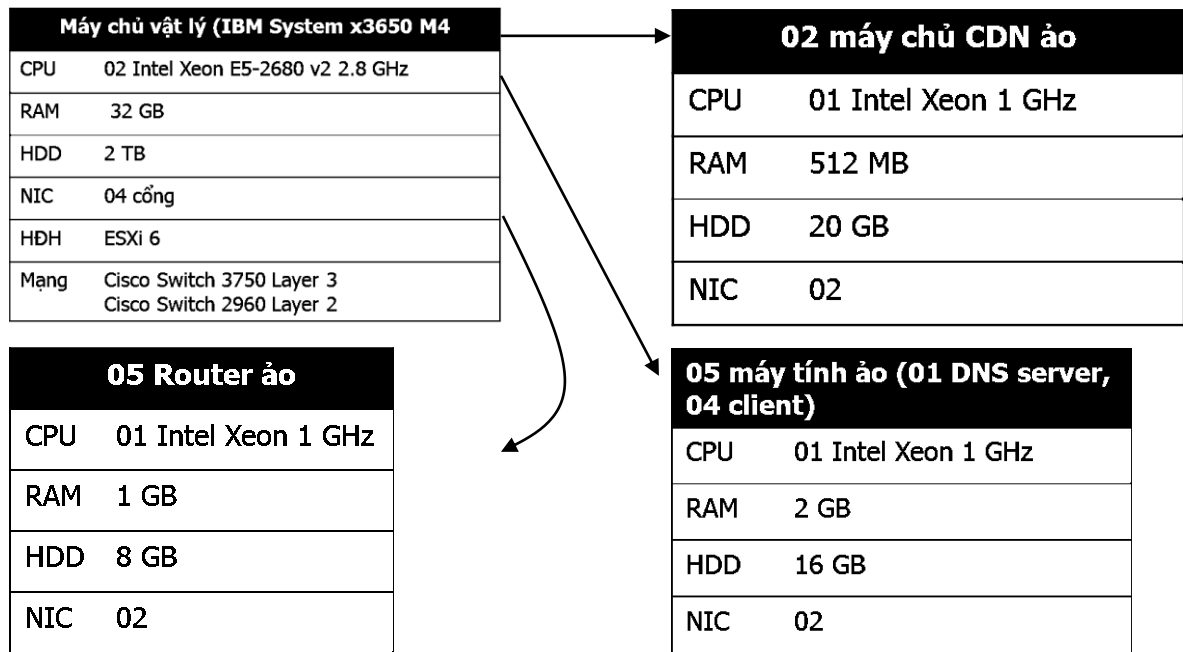
### **4.1. Mô hình cài đặt thực nghiệm CDN**

Mô hình này sử dụng kỹ thuật định tuyến yêu cầu theo vị trí địa lý của địa chỉ IP dựa vào dịch vụ DNS. Giả sử chúng ta có một trang thông tin điện tử với tên miền là



www.cdn.com. Trang thông tin điện tử này có 2 máy chủ phục vụ đặt tại Site 1 và Site 2. Hai Site này có vị trí địa lý khác nhau. Các truy cập xuất phát từ Châu Mỹ, Châu Âu, ... sẽ được định tuyến đến máy chủ đặt tại Site 1. Các truy cập xuất phát từ Châu Á sẽ được định tuyến đến máy chủ đặt tại Site 2. Việc định tuyến này hoàn toàn trong suốt đối với người dùng khi tên miền dùng để truy cập vẫn là [www.cdn.com](http://www.cdn.com)

Các thiết bị sử dụng trong thực nghiệm:



#### 4.1.1. Cài đặt BIND và GeoIP MaxMind:

- Đăng nhập vào Ubuntu Server 14.04 LTS với quyền root: `sudo bash`
- Tải về phần mềm BIND và lưu vào thư mục `/usr/src/`

```
cd /usr/src/
wget https://ftp.isc.org/isc/bind9/9.10.3/bind-9.10.3.tar.gz
```
- Tải về phần mềm GeoIP MaxMind C API và lưu vào `/usr/src/`

```
wget http://geolite.maxmind.com/download/geoip/api/c/GeoIP.tar.gz
```
- Giải nén 2 phần mềm vừa tải về:

```
tar -xzf bind-9.10.3.tar.gz
tar -xzf GeoIP.tar.gz
```

- Cài phần mềm GCC: apt-get install gcc
- Cài phần mềm MAKE: apt-get install make
- Cài phần mềm ZLIB: apt-get install zlib1g-dev
- Cài phần mềm GeoIP MaxMind vào thư mục /usr/local/geoip:
 

```
cd /usr/src/GeoIP-1.4.8
./configure --prefix=/usr/local/geoip
make && make install
```
- Cài thư viện OpenSSL: apt-get install libssl-dev
- Cài phần mềm BIND vào thư mục /usr/local/bind và tích hợp vào GeoIP MaxMind:
 

```
cd /usr/src/bind-9.10.3
CFLAGS="-I/usr/local/geoip/include" LDFLAGS="-L/usr/local/geoip/lib -lGeoIP" ./configure --prefix=/usr/local/bind --with-geoip=/usr/local/geoip
make && make install
```

#### 4.1.2. Cấu hình BIND:

- Tải về cơ sở dữ liệu GeoIP và lưu vào thư mục /usr/local/geoip/share/GeoIP:
 

```
wget http://geolite.maxmind.com/download/geoip/database/GeoLiteCountry/GeoIP.dat.gz -O /usr/local/geoip/share/GeoIP/GeoIP.dat.gz
```
- Giải nén cơ sở dữ liệu GeoIP: gunzip /usr/local/geoip/share/GeoIP/GeoIP.dat.gz  
 Hoặc tải về danh sách ACL chứa tất cả địa chỉ IPv4 và IPv6 của tất cả quốc gia trên thế giới và lưu vào thư mục /etc:
 

```
wget http://geoip.site/download/MaxMind/GeoIP.acl
```
- Tạo tệp rndc.key trong thư mục /usr/local/bind/etc:
 

```
/usr/local/bind/sbin/rndc-confgen > /usr/local/bind/etc/rndc.key
```
- Tạo tệp named.conf trong thư mục /usr/local/bind/etc:
 

```
/usr/local/bind/sbin/rndc-confgen > /usr/local/bind/etc/named.conf
```
- Chỉnh sửa tệp rndc.key có nội dung như sau:

```

GNU nano 2.2.6 File: /usr/local/bind/etc/rndc.key
key "rndc-key" {
    algorithm hmac-md5;
    secret "B0QnWi/EqWcwHoQsrGzvXA=";
};

```

Hình 4.1 Nội dung của tệp rndc.key

- Chỉnh sửa tệp named.conf có nội dung như sau:

```

GNU nano 2.2.6 File: /usr/local/bind/etc/named.conf
# Use with the following in named.conf, adjusting the allow list as needed:
include "/usr/local/bind/etc/rndc.key";
include "/etc/GeoIP.acl";
controls {
    inet 127.0.0.1 port 953
        allow { 127.0.0.1; } keys { "rndc-key"; };
};
options {
    directory "/var/named"; // the default
    pid-file "/var/run/named.pid";
    dump-file "/var/named/data/cache_dump.db";
    statistics-file "/var/named/data/named_stats.txt";
    memstatistics-file "/var/named/data/named_mem_stats.txt";
    allow-transfer {"none"};
    recursion yes;
    geoip-directory "/usr/local/geoip/share/GeoIP";
};
logging {
    channel default_debug {
        file "data/named.run";
        severity dynamic;
    };
};
view "america" {
    match-clients { US; CA; DE; };
    zone "cdn.com" {
        type master;
        file "/var/named/us.cdn.com";
    };
    zone "0.168.192.in-addr.arpa" {
        type master;
        file "/var/named/reve.us.cdn.com";
    };
    zone "1.1.10.in-addr.arpa" {
        type master;
        file "/var/named/reve10.us.cdn.com";
    };
};
view "asia" {
    match-clients { JP; IN; CN; HK; ID; KH; MY; VN; };
    zone "cdn.com" {
        type master;
        file "/var/named/vn.cdn.com";
    };
    zone "10.168.192.in-addr.arpa" {
        type master;
        file "/var/named/reve.vn.cdn.com";
    };
    zone "2.1.10.in-addr.arpa" {
        type master;
        file "/var/named/reve2.vn.cdn.com";
    };
};
};

```

Hình 4.2 Nội dung của tệp named.conf

- Tạo tệp phân giải tên miền thuận và nghịch trong thư mục /var/named/:

Tệp us.cdn.com, reve.us.cdn.com, reve10.us.cdn.com, vn.cdn.com, reve.vn.cdn.com, reve2.vn.cdn.com:

```

GNU nano 2.2.6 File: /var/named/us.cdn.com
$TTL 86400
@ IN SOA ns1.cdn.com. root.cdn.com. (
    2015123024
    43200
    3600
    3600000
    2592000 )
@ IN NS ns1.cdn.com.
ns1 IN A 192.168.0.250
ns1 IN A 10.1.1.250
@ IN A 192.168.0.10
www IN A 192.168.0.10
www IN A 10.1.1.10
joomla3 IN A 192.168.0.10
joomla3 IN A 10.1.1.10
ftp IN A 192.168.0.2
ftp IN A 10.1.1.2
mptcp02 IN A 192.168.0.2
mptcp02 IN A 10.1.1.2

GNU nano 2.2.6 File: /var/named/reve.us.cdn.com
$TTL 86400
@ IN SOA ns1.cdn.com. root.cdn.com. (
    2015122412
    43200
    3600
    3600000
    2592000 )
@ IN NS ns1.cdn.com.
ns1 IN A 192.168.0.250
250 IN PTR ns1.cdn.com. ; 192.168.0.250 DNS Server in US
10 IN PTR www.cdn.com. ; 192.168.0.10 Web Server in US
10 IN PTR joomla3.cdn.com. ; 192.168.0.10 Web Server in US
2 IN PTR ftp.cdn.com. ; 192.168.0.2 MPTCP Server in US
2 IN PTR mptcp02.cdn.com. ; 192.168.0.2 MPTCP Server in US

GNU nano 2.2.6 File: /var/named/reve10.us.cdn.com
$TTL 86400
@ IN SOA ns1.cdn.com. root.cdn.com. (
    2015123030
    43200
    3600
    3600000
    2592000 )
@ IN NS ns1.cdn.com.
ns1 IN A 10.1.1.250
250 IN PTR ns1.cdn.com. ; 10.1.1.250 DNS Server in US
2 IN PTR ftp.cdn.com. ; 10.1.1.2 MPTCP Server in US
2 IN PTR mptcp02.cdn.com. ; 10.1.1.2 MPTCP Server in US

GNU nano 2.2.6 File: /var/named/vn.cdn.com
$TTL 86400
@ IN SOA ns1.cdn.com. root.cdn.com. (
    2015123034
    43200
    3600
    3600000
    2592000 )
@ IN NS ns1.cdn.com.
ns1 IN A 192.168.0.250
ns1 IN A 10.1.1.250
@ IN A 192.168.10.10
www IN A 192.168.10.10
www IN A 10.1.2.10
ftp IN A 192.168.10.2
ftp IN A 10.1.2.2
mptcp02 IN A 192.168.10.2
mptcp02 IN A 10.1.2.2

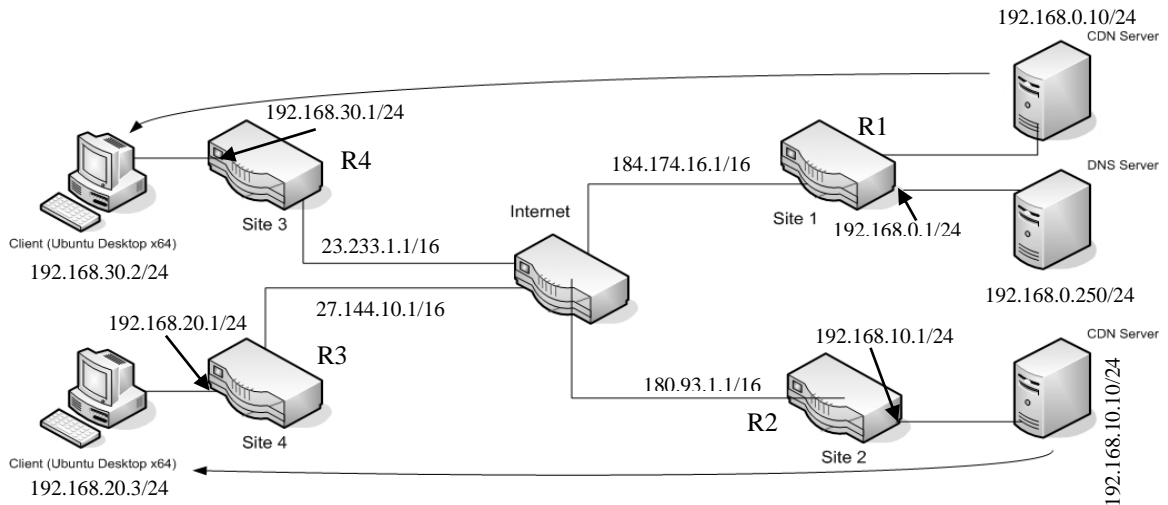
GNU nano 2.2.6 File: /var/named/reve.vn.cdn.com
$TTL 86400
@ IN SOA ns1.cdn.com. root.cdn.com. (
    2015123038
    43200
    3600
    3600000
    2592000 )
@ IN NS ns1.cdn.com.
ns1 IN A 192.168.0.250
ns1 IN A 10.1.1.250
10 IN PTR www.cdn.com. ; 192.168.10.10 Web Server in UN
2 IN PTR ftp.cdn.com. ; 192.168.10.2 MPTCP in UN
2 IN PTR mptcp02.cdn.com. ; 192.168.10.2 MPTCP in UN

GNU nano 2.2.6 File: /var/named/reve2.vn.cdn.com
$TTL 86400
@ IN SOA ns1.cdn.com. root.cdn.com. (
    2015123041
    43200
    3600
    3600000
    2592000 )
@ IN NS ns1.cdn.com.
ns1 IN A 192.168.0.250
ns1 IN A 10.1.1.250
10 IN PTR www.cdn.com. ; 10.1.2.10 Web Server in UN
2 IN PTR ftp.cdn.com. ; 10.1.2.2 MPTCP in UN
2 IN PTR mptcp02.cdn.com. ; 10.1.2.2 MPTCP in UN

```

Hình 4.3 Nội dung tệp phân giải tên miền thuận và nghịch

### 4.1.3. Mô hình CDN



**Hình 4.4** Mô hình thực nghiệm CDN

#### Site 1:

- Bộ định tuyến HP VSR1000 router (R1) có địa chỉ IP là: 184.174.16.1/16 (WAN), 192.168.0.1/24 (LAN). Sử dụng giao thức định tuyến OSPF.
- Máy chủ phân giải tên miền (DNS Server): chạy hệ điều hành Ubuntu Server 14.04 LTS 64 bit, BIND + GeoIP MaxMind, có cấu hình phần cứng:  
CPU: Intel 1 GHz; Bộ nhớ RAM: 2GB; Ổ cứng: 16GB; Card mạng: 01  
Gán thông số card mạng eth0:  
IP: 192.168.0.250  
Subnet mask: 255.255.255.0  
Gateway: 192.168.0.1  
DNS Server: 192.168.0.250
- Máy chủ CDN: chạy hệ điều hành Debian 8.1 Jessie 64 bit, Joomla 3, có cấu hình phần cứng:  
CPU: Intel 1 GHz; Bộ nhớ RAM: 512MB; Ổ cứng: 20GB; Card mạng: 01  
Gán thông số card mạng eth0:

IP: 192.168.0.10

Subnet mask: 255.255.255.0

Gateway: 192.168.0.1

DNS Server: 192.168.0.250

Site 2:

- Bộ định tuyến HP VSR1000 router (R2) có địa chỉ IP là: 180.93.1.1/16 (WAN), 192.168.10.1/24 (LAN). Sử dụng giao thức định tuyến OSPF.

- Máy chủ CDN: chạy hệ điều hành Debian 8.1 Jessie 64 bit, Joomla 3, có cấu hình phần cứng:

CPU: Intel 1 GHZ; Bộ nhớ RAM: 512MB; Ổ cứng: 20GB; Card mạng: 01

Gán thông số card mạng eth0:

IP: 192.168.10.10

Subnet mask: 255.255.255.0

Gateway: 192.168.10.1

DNS Server: 192.168.10.1

Site 3:

- Bộ định tuyến HP VSR1000 router (R4) có địa chỉ IP là: 23.233.1.1/16 (WAN), 192.168.30.1/24 (LAN). Sử dụng giao thức định tuyến OSPF.

- Máy trạm: chạy hệ điều hành Ubuntu Desktop 14.04 LTS 64 bit, có cấu hình phần cứng:

CPU: Intel 1 GHZ; Bộ nhớ RAM: 2GB; Ổ cứng: 16GB; Card mạng: 01

Gán thông số card mạng eth0:

IP: 192.168.30.2

Subnet mask: 255.255.255.0

Gateway: 192.168.30.1

DNS Server: 192.168.30.1

Site 4:

- Bộ định tuyến HP VSR1000 router (R3) có địa chỉ IP là: 27.144.10.1/16 (WAN), 192.168.20.1/24 (LAN). Sử dụng giao thức định tuyến OSPF.
- Máy trạm: chạy hệ điều hành Ubuntu Desktop 14.04 LTS 64 bit, có cấu hình phần cứng:

CPU: Intel 1 GHZ; Bộ nhớ RAM: 2GB; Ổ cứng: 16GB; Card mạng: 01

Gán thông số card mạng eth0:

IP: 192.168.20.3

Subnet mask: 255.255.255.0

Gateway: 192.168.20.1

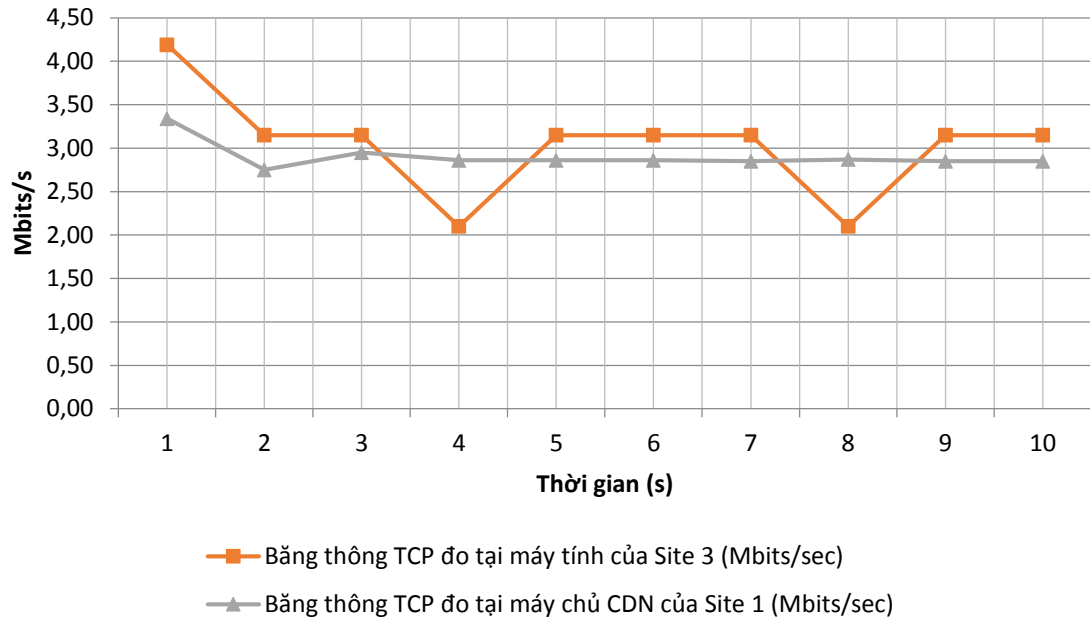
DNS Server: 192.168.20.1

#### 4.1.4. Đo băng thông tại Site 1 và Site 3 trong mô hình CDN:

**Bảng 4-1.** Kết quả đo băng thông giữa Site 1 và Site 3 trong mô hình CDN

Thời gian (giây)	Băng thông TCP đo tại máy tính của Site 3 (Mbits/sec)	Băng thông TCP đo tại máy chủ CDN của Site 1 (Mbits/sec)
1	4,19	3,34
2	3,15	2,75
3	3,15	2,95
4	2,10	2,86
5	3,15	2,86
6	3,15	2,86
7	3,15	2,85
8	2,10	2,87
9	3,15	2,85
10	3,15	2,85

## Kết quả đo băng thông bằng Iperf



**Hình 4.2** Kết quả đo băng thông tại Site 1 và Site 3 trong mô hình CDN

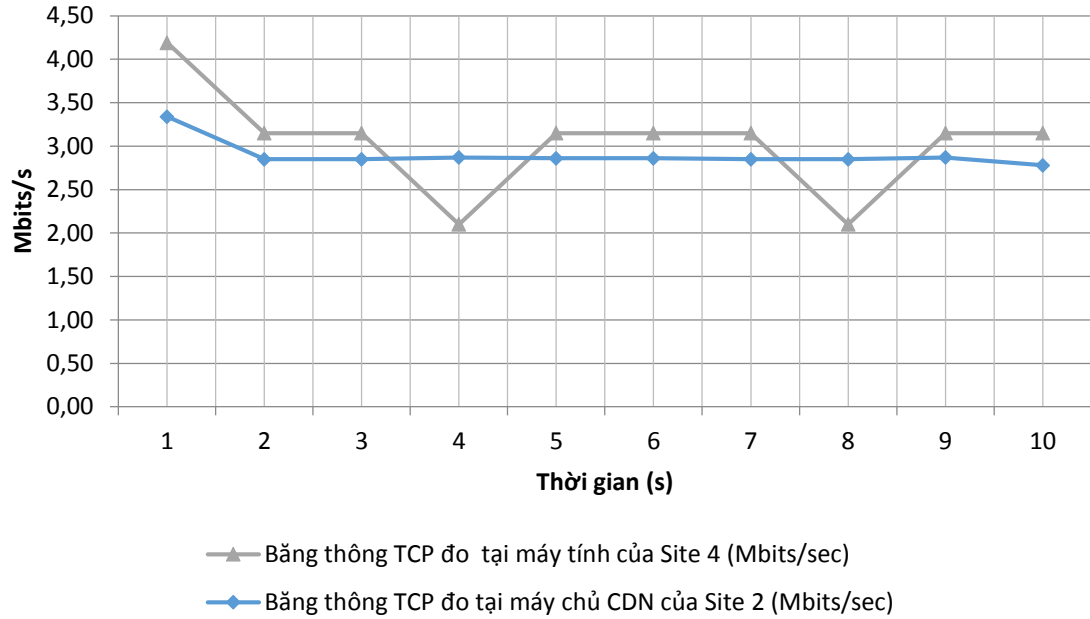
### 4.1.5. Đo băng thông tại Site 2 và Site 4 trong mô hình CDN:

**Bảng 4-2.** Kết quả đo băng thông giữa Site 2 và Site 4 trong mô hình CDN

Thời gian (giây)	Băng thông TCP đo tại máy tính của Site 4 (Mbits/sec)	Băng thông TCP đo tại máy chủ CDN của Site 2 (Mbits/sec)
1	4,19	3,34
2	3,15	2,85
3	3,15	2,85
4	2,10	2,87
5	3,15	2,86
6	3,15	2,86
7	3,15	2,85
8	2,10	2,85
9	3,15	2,87
10	3,15	2,78



## Kết quả đo băng thông bằng Iperf



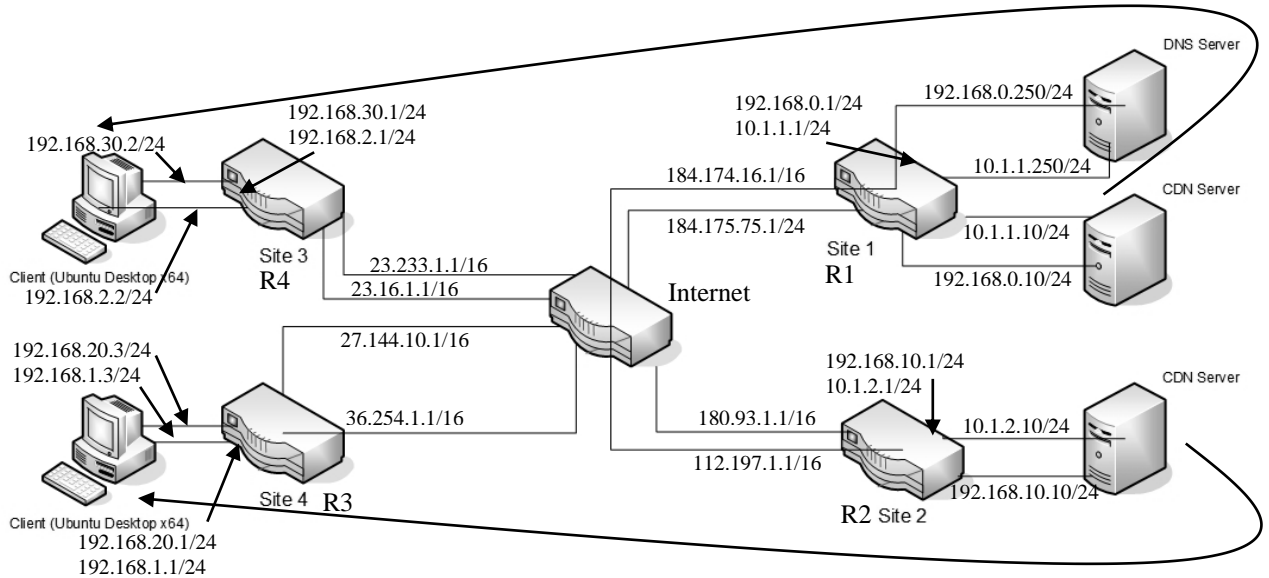
**Hình 4.3** Kết quả đo băng thông tại Site 2 và Site 4 trong mô hình CDN

### 4.2. Thực nghiệm CDN trên nền MPTCP

Kịch bản thực nghiệm:

- **Kịch bản 1:** mCDN có hai máy trạm sử dụng MPTCP.
- **Kịch bản 2:** mCDN có ba máy trạm sử dụng MPTCP đặt tại Site 3, 4

### 4.2.1. Mô hình kịch bản 1:



**Hình 4.4** Mô hình thực nghiệm mCDN

#### Site 1:

- Bộ định tuyến HP VSR1000 router (R1) có địa chỉ IP là: 184.174.16.1/16 (WAN 1), 184.175.75.1/24 (WAN 2), 192.168.0.1/24 (LAN 1), 10.1.1.1/24 (LAN 2). Sử dụng giao thức định tuyến OSPF.
- Máy chủ phân giải tên miền (DNS Server): chạy hệ điều hành Ubuntu Server 14.04 LTS 64 bit, BIND + GeoIP MaxMind, có cấu hình phần cứng:

CPU: Intel 1 GHz; Bộ nhớ RAM: 2GB; Ổ cứng: 16GB; Card mạng: 02

Gán thông số card mạng eth0:

IP: 192.168.0.250

Subnet mask: 255.255.255.0

Gateway: 192.168.0.1

DNS Server: 192.168.0.250

Gán thông số card mạng eth1:

IP: 10.1.1.250

Subnet mask: 255.255.255.0

Gateway: 10.1.1.1

DNS Server: 10.1.1.250

- Máy chủ CDN: chạy hệ điều hành Debian 8.1 Jessie 64 bit, Joomla 3, giao thức truyền đa đường phiên bản 0.9. Máy chủ có cấu hình phần cứng:  
CPU: Intel 1 GHZ; Bộ nhớ RAM: 512MB; Ổ cứng: 20GB; Card mạng: 02

Gán thông số card mạng eth0:

IP: 192.168.0.10

Subnet mask: 255.255.255.0

Gateway: 192.168.0.1

DNS Server: 192.168.0.250

Gán thông số card mạng eth1:

IP: 10.1.1.10

Subnet mask: 255.255.255.0

Gateway: 10.1.1.1

DNS Server: 10.1.1.250

#### Site 2:

- Bộ định tuyến HP VSR1000 router (R2) có địa chỉ IP là: 180.93.1.1/16 (WAN 1), 112.197.1.1/16 (WAN 2), 192.168.10.1/24 (LAN 1), 10.1.2.1/24 (LAN 2). Sử dụng giao thức định tuyến OSPF.
- Máy chủ CDN: chạy hệ điều hành Debian 8.1 Jessie 64 bit, Joomla 3, giao thức truyền đa đường phiên bản 0.9. Máy chủ có cấu hình phần cứng:  
CPU: Intel 1 GHZ; Bộ nhớ RAM: 512MB; Ổ cứng: 20GB; Card mạng: 02

Gán thông số card mạng eth0:

IP: 192.168.10.10

Subnet mask: 255.255.255.0

Gateway: 192.168.10.1

DNS Server: 192.168.10.1

Gán thông số card mạng eth1:

IP: 10.1.2.10

Subnet mask: 255.255.255.0

Gateway: 10.1.2.1

DNS Server: 10.1.2.1

Site 3:

- Bộ định tuyến HP VSR1000 router (R4) có địa chỉ IP là: 23.233.1.1/16 (WAN 1), 23.16.1.1/16 (WAN 2), 192.168.30.1/24 (LAN 1), 192.168.2.1/24 (LAN 2). Sử dụng giao thức định tuyến OSPF.
- Máy trạm: chạy hệ điều hành Ubuntu Desktop 14.04 LTS 64 bit, có cấu hình phần cứng:

CPU: Intel 1 GHZ; Bộ nhớ RAM: 2GB; Ổ cứng: 16GB; Card mạng: 02

Gán thông số card mạng eth0:

IP: 192.168.30.2

Subnet mask: 255.255.255.0

Gateway: 192.168.30.1

DNS Server: 192.168.30.1

Gán thông số card mạng eth1:

IP: 192.168.2.2

Subnet mask: 255.255.255.0

Gateway: 192.168.2.1

DNS Server: 192.168.2.1

Site 4:

- Bộ định tuyến HP VSR1000 router (R3) có địa chỉ IP là: 27.144.10.1/16 (WAN 1), 36.254.1.1/16 (WAN 2), 192.168.20.1/24 (LAN 1), 192.168.1.1/24 (LAN 2). Sử dụng giao thức định tuyến OSPF.

- Máy trạm: chạy hệ điều hành Ubuntu Desktop 14.04 LTS 64 bit, có cấu hình phần cứng:

CPU: Intel 1 GHZ; Bộ nhớ RAM: 2GB; Ổ cứng: 16GB; Card mạng: 02

Gán thông số card mạng eth0:

IP: 192.168.20.3

Subnet mask: 255.255.255.0

Gateway: 192.168.20.1

DNS Server: 192.168.20.1

Gán thông số card mạng eth1:

IP: 192.168.1.3

Subnet mask: 255.255.255.0

Gateway: 192.168.1.1

DNS Server: 192.168.1.1

#### **4.2.2. Cài đặt Multipath TCP:**

Bằng việc sử dụng lại máy chủ phân giải tên miền đã tạo tại mục 4.1.1, máy chủ Joomla 3 đã tạo tại mục 4.1.3, máy tính của người dùng tại Site 3 và Site 4.

Tiến hành cài đặt giao thức truyền đa đường phiên bản 0.9 vào máy tính của người dùng tại Site 3 và Site 4, máy chủ CDN Joomla 3 đặt tại Site 1, Site 2 theo hướng dẫn tại trang <http://multipath-tcp.org> như sau:

- Tải về khóa GPG:  
wget -q -O - <http://multipath-tcp.org/mptcp.gpg.key> | sudo apt-key add -
- Thêm địa chỉ kho phần mềm vào tệp `/etc/apt/sources.list.d/mptcp.list`  
deb <http://multipath-tcp.org/repos/apt/debian> trusty main
- Cài đặt MPTCP:  
sudo apt-get update  
sudo apt-get install linux-mptcp
- Kiểm tra giao thức truyền đa đường: `dmesg | grep MPTCP`

- Cài đặt iproute-extension:  
     apt-get update  
     apt-get dist-upgrade
- Cài phần mềm Iperf: apt-get install iperf

### 4.2.3. Cấu hình Multipath TCP:

#### - Cấu hình bảng định tuyến đa đường cho hai máy chủ mCDN tại Site 1, Site 2:

##### Máy chủ CDN tại Site 1:

Thông số card mạng eth0:

IP: 192.168.0.10

Subnet mask: 255.255.255.0

Gateway: 192.168.0.1

Thông số card mạng eth1:

IP: 10.1.1.10

Subnet mask: 255.255.255.0

Gateway: 10.1.1.1

Tạo bảng định tuyến đa đường:

```
ip rule add from 192.168.0.10 table eth0
```

```
ip rule add from 10.1.1.10 table eth1
```

```
ip route add 192.168.0.0/24 dev eth0 scope link table eth0
```

```
ip route add default via 192.168.0.1 dev eth0 table eth0
```

```
ip route add 10.1.1.0/24 dev eth1 scope link table eth1
```

```
ip route add default via 10.1.1.1 dev eth1 table eth1
```

```
ip route add default scope global nexthop via 192.168.0.1 dev eth0
```

##### Máy chủ CDN tại Site 2:

Thông số card mạng eth0:

IP: 192.168.10.10

Subnet mask: 255.255.255.0

Gateway: 192.168.10.1

Thông số card mạng eth1:

IP: 10.1.2.10

Subnet mask: 255.255.255.0

Gateway: 10.1.2.1

Tạo bảng định tuyến đa đường:

```
ip rule add from 192.168.10.10 table eth0
```

```
ip rule add from 10.1.2.10 table eth1
```

```
ip route add 192.168.10.0/24 dev eth0 scope link table eth0
```

```
ip route add default via 192.168.10.1 dev eth0 table eth0
```

```
ip route add 10.1.2.0/24 dev eth1 scope link table eth1
```

```
ip route add default via 10.1.2.1 dev eth1 table eth1
```

```
ip route add default scope global nexthop via 192.168.10.1 dev eth0
```

**- Cấu hình bảng định tuyến đa đường cho hai máy tính tại Site 3, Site 4:**

Máy tính của người dùng dùng tại Site 3:

Thông số mạng:

card mạng eth0:

IP: 192.168.30.2

Subnet mask: 255.255.255.0

Gateway: 192.168.30.1

card mạng eth1:

IP: 192.168.2.2

Subnet mask: 255.255.255.0

Gateway: 192.168.2.1

Tạo bảng định tuyến đa đường:

```
ip rule add from 192.168.30.2 table eth0
```

```
ip rule add from 192.168.2.2 table eth1
```

```

ip route add 192.168.30.0/24 dev eth0 scope link table eth0
ip route add default via 192.168.30.1 dev eth0 table eth0
ip route add 192.168.2.0/24 dev eth1 scope link table eth1
ip route add default via 192.168.2.1 dev eth1 table eth1
ip route add default scope global nexthop via 192.168.30.1 dev eth0

```

#### Máy tính của người dùng tại Site 4:

Thông số mạng:

card mạng eth0:

IP: 192.168.20.3

Subnet mask: 255.255.255.0

Gateway: 192.168.20.1

card mạng eth1:

IP: 192.168.1.3

Subnet mask: 255.255.255.0

Gateway: 192.168.1.1

Tạo bảng định tuyến đa đường:

```

ip rule add from 192.168.20.3 table eth0
ip rule add from 192.168.1.3 table eth1
ip route add 192.168.20.0/24 dev eth0 scope link table eth0
ip route add default via 192.168.20.1 dev eth0 table eth0
ip route add 192.168.1.0/24 dev eth1 scope link table eth1
ip route add default via 192.168.1.1 dev eth1 table eth1
ip route add default scope global nexthop via 192.168.20.1 dev eth0

```

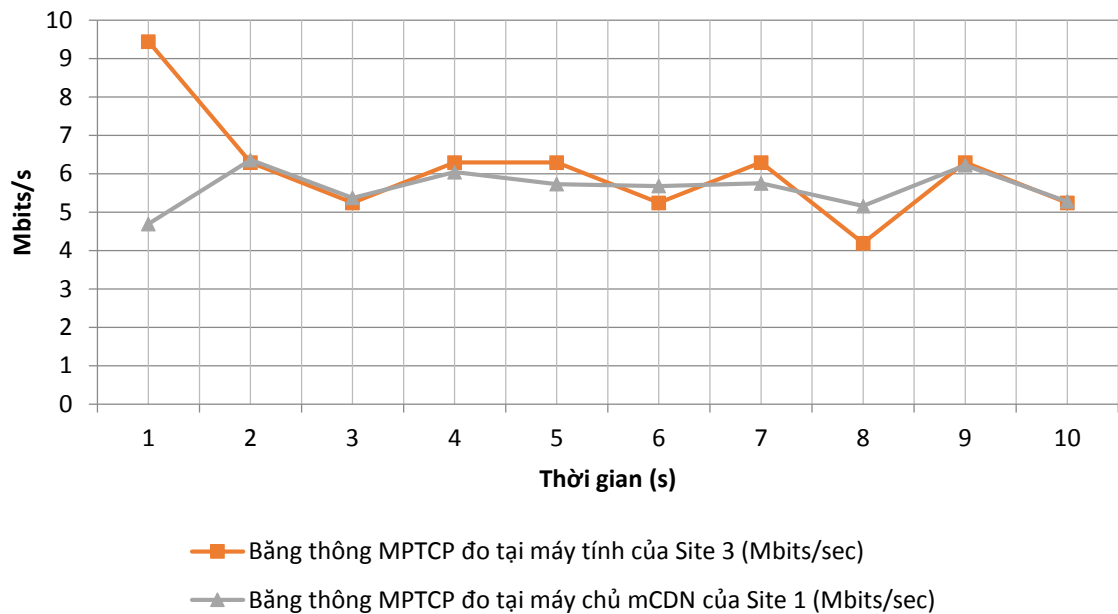
#### **4.2.4. Đo băng thông tại Site 1 và Site 3 trong mô hình kịch bản 1:**



**Bảng 4-3.** Kết quả đo băng thông giữa Site 1 và Site 3 trong kịch bản 1

Thời gian (giây)	Băng thông MPTCP đo tại máy tính của Site 3 (Mbits/sec)	Băng thông MPTCP đo tại máy chủ mCDN của Site 1 (Mbits/sec)
1	9,44	4,69
2	6,29	6,36
3	5,24	5,37
4	6,29	6,04
5	6,29	5,73
6	5,24	5,68
7	6,29	5,75
8	4,19	5,16
9	6,29	6,22
10	5,24	5,28

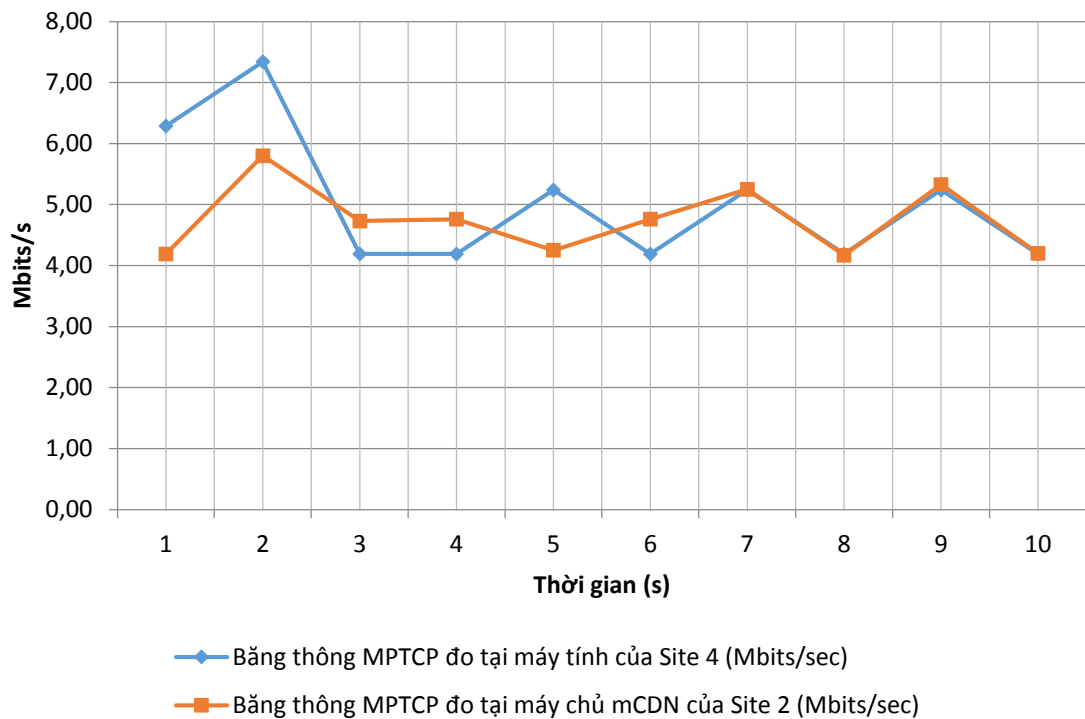
### Kết quả đo băng thông bằng Iperf

**Hình 4.5** Kết quả đo băng thông tại Site 1 và Site 3 trong kịch bản 1

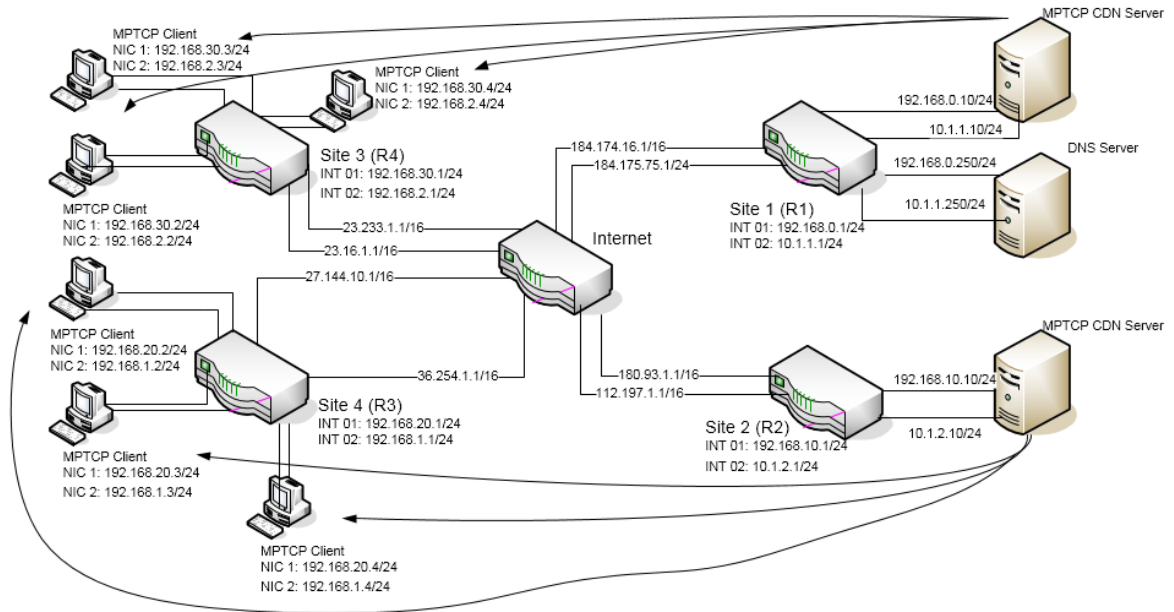
#### 4.2.5. Đo băng thông tại Site 2 và Site 4 trong mô hình kịch bản 1:

**Bảng 4-4.** Kết quả đo băng thông giữa Site 2 và Site 4 trong kịch bản 1

Thời gian (giây)	Băng thông MPTCP đo tại máy tính của Site 4 (Mbits/sec)	Băng thông MPTCP đo tại máy chủ mCDN của Site 2 (Mbits/sec)
1	6,29	4,19
2	7,34	5,80
3	4,19	4,73
4	4,19	4,76
5	5,24	4,25
6	4,19	4,76
7	5,24	5,25
8	4,19	4,17
9	5,24	5,33
10	4,19	4,20

**Kết quả đo băng thông bằng Iperf****Hình 4.6** Kết quả đo băng thông tại Site 2 và Site 4 trong kịch bản 1

**4.2.6. Mô hình kịch bản 2:**



**Hình 4.7** Mô hình thực nghiệm mCDN kịch bản 2

Trong mô hình này có ba máy trạm MPTCP đặt tại Site 3 và ba máy trạm MPTCP đặt tại Site 4.

**4.3. Đánh giá thông lượng mạng CDN trên MPTCP**

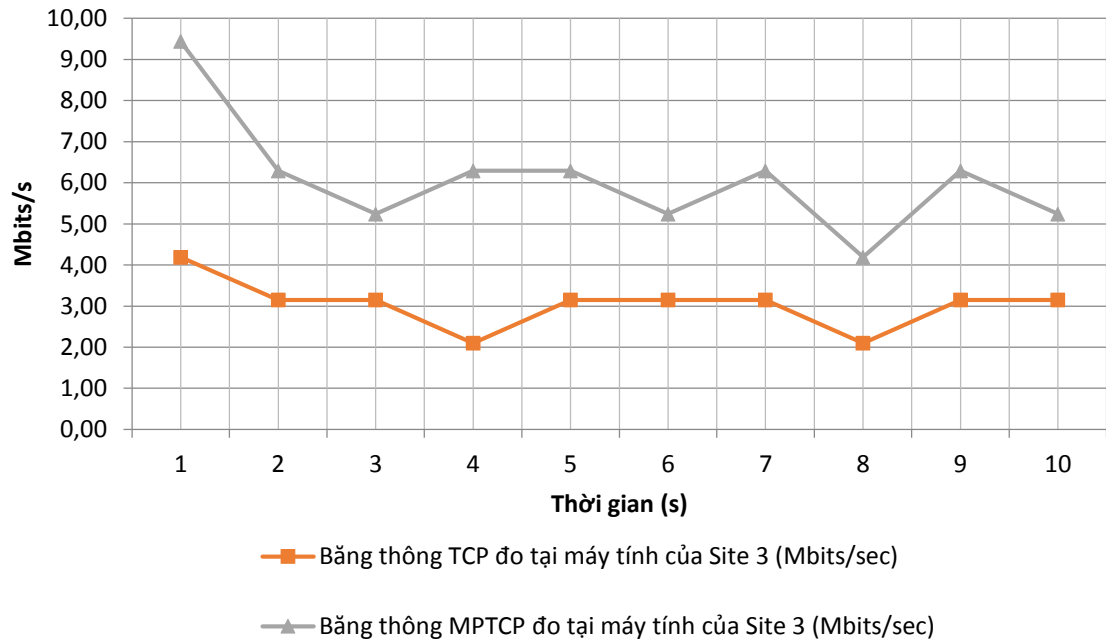
**4.3.1. So sánh băng thông giữa mô hình CDN và mCDN kịch bản 1 tại Site 1, Site 3:**

**Bảng 4-5.** So sánh băng thông giữa Site 1 và Site 3 của hai mô hình CDN và mCDN kịch bản 1

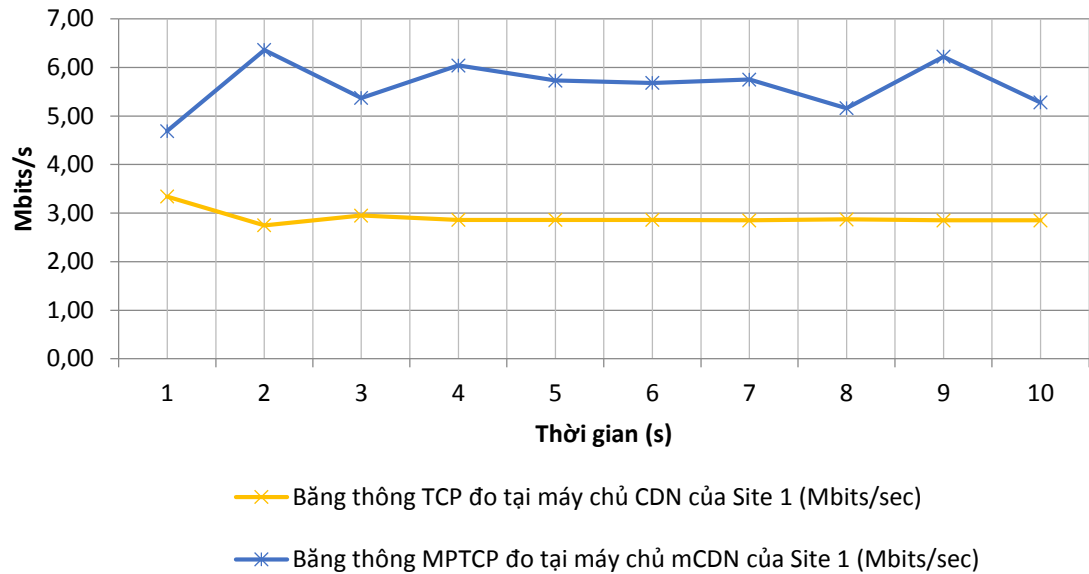
Thời gian (giây)	Băng thông TCP đo tại máy tính của Site 3 (Mbits/sec)	Băng thông MPTCP đo tại máy tính của Site 3 (Mbits/sec)	Băng thông TCP đo tại máy chủ CDN của Site 1 (Mbits/sec)	Băng thông MPTCP đo tại máy chủ mCDN của Site 1 (Mbits/sec)
1	4,19	9,44	3,34	4,69
2	3,15	6,29	2,75	6,36
3	3,15	5,24	2,95	5,37
4	2,10	6,29	2,86	6,04
5	3,15	6,29	2,86	5,73
6	3,15	5,24	2,86	5,68

Thời gian (giây)	Băng thông TCP đo tại máy tính của Site 3 (Mbits/sec)	Băng thông MPTCP đo tại máy tính của Site 3 (Mbits/sec)	Băng thông TCP đo tại máy chủ CDN của Site 1 (Mbits/sec)	Băng thông MPTCP đo tại máy chủ mCDN của Site 1 (Mbits/sec)
7	3,15	6,29	2,85	5,75
8	2,10	4,19	2,87	5,16
9	3,15	6,29	2,85	6,22
10	3,15	5,24	2,85	5,28

So sánh băng thông TCP và MPTCP tại Site 3



So sánh băng thông TCP và MPTCP tại Site 1



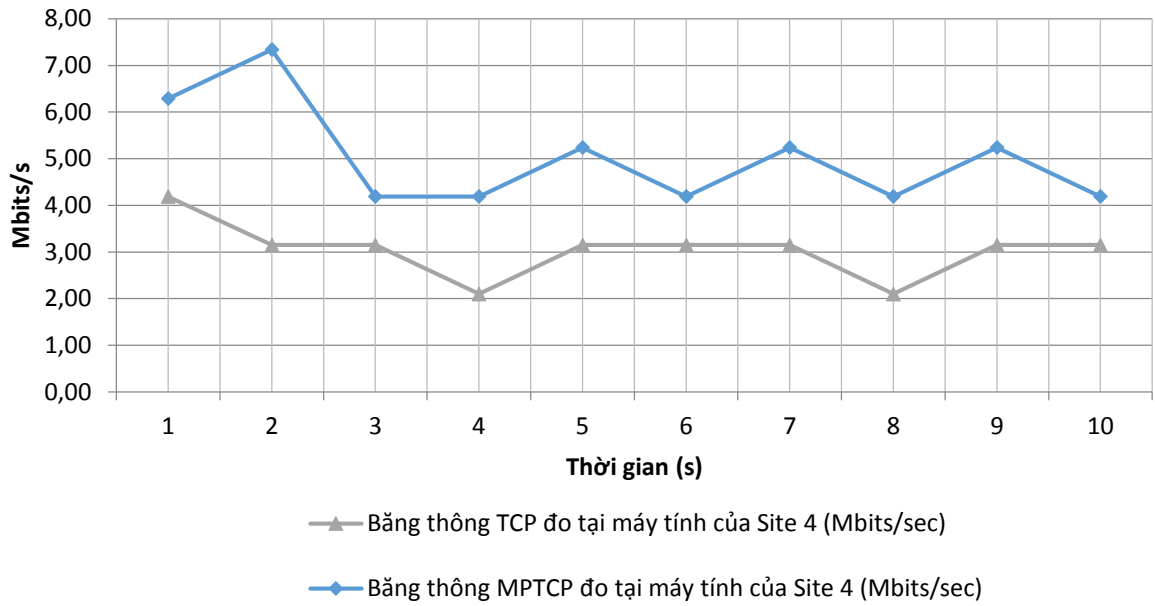
Hình 4.8 Băng thông giữa Site 1 và Site 3 của mô hình CDN và mCDN kịch bản 1

#### 4.3.2. So sánh băng thông giữa mô hình CDN và mCDN kịch bản 1 tại Site 2, Site 4:

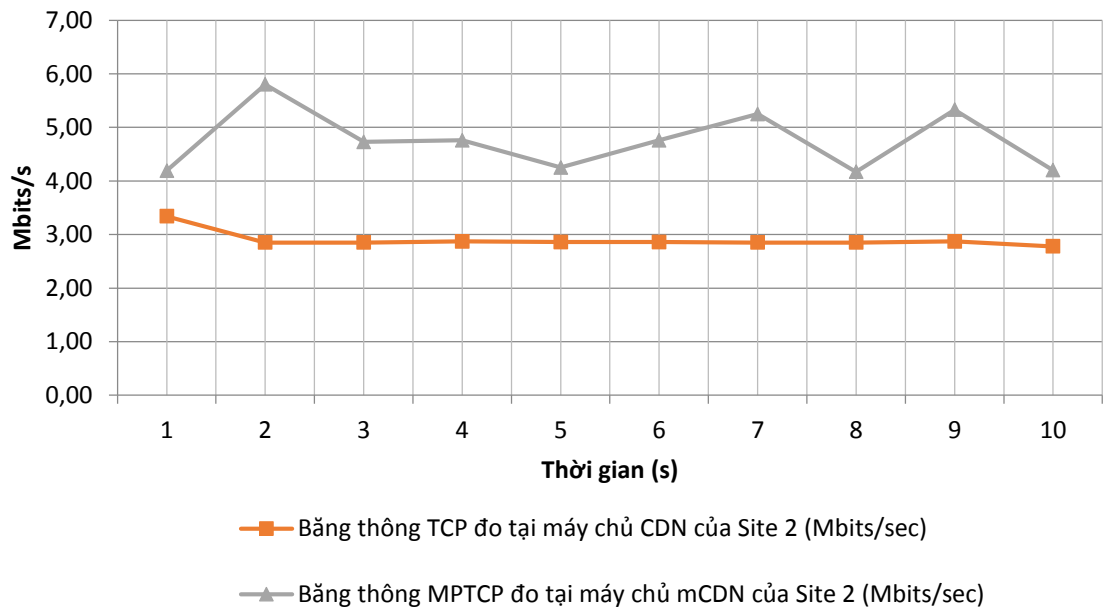
**Bảng 4-6.** So sánh băng thông giữa Site 2 và Site 4 của hai mô hình CDN và mCDN kịch bản 1

Thời gian (giây)	Băng thông TCP đo tại máy tính của Site 4 (Mbits/sec)	Băng thông MPTCP đo tại máy tính của Site 4 (Mbits/sec)	Băng thông TCP đo tại máy chủ CDN của Site 2 (Mbits/sec)	Băng thông MPTCP đo tại máy chủ mCDN của Site 2 (Mbits/sec)
1	4,19	6,29	3,34	4,19
2	3,15	7,34	2,85	5,80
3	3,15	4,19	2,85	4,73
4	2,10	4,19	2,87	4,76
5	3,15	5,24	2,86	4,25
6	3,15	4,19	2,86	4,76
7	3,15	5,24	2,85	5,25
8	2,10	4,19	2,85	4,17
9	3,15	5,24	2,87	5,33
10	3,15	4,19	2,78	4,20

### So sánh băng thông TCP và MPTCP tại Site 4



### So sánh băng thông TCP và MPTCP tại Site 2



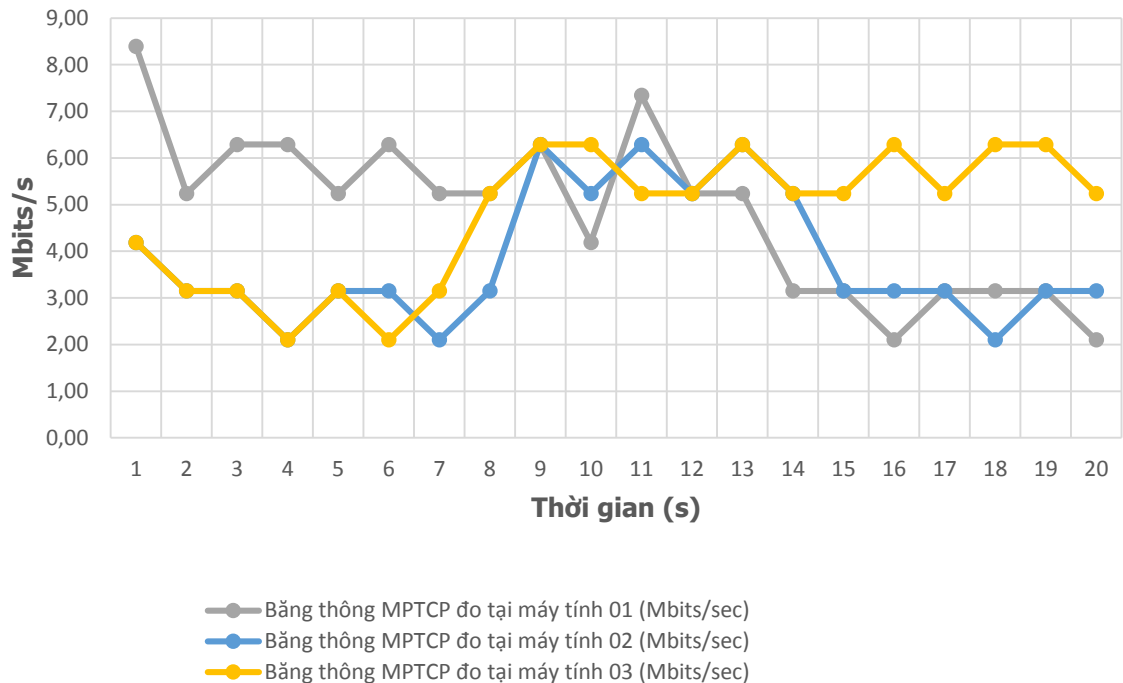
**Hình 4.9** Băng thông giữa Site 2 và Site 4 của mô hình CDN và mCDN kịch bản 1  
 Từ hình 4.8, 4.9:

- Thông lượng mạng của MPTCP cao gấp đôi thông lượng mạng của TCP khi đo tại máy chủ CDN.
- Thông lượng mạng của MPTCP cao hơn thông lượng mạng của TCP khi đo tại máy tính của người dùng
- Tại máy chủ CDN: thông lượng của MPTCP là  $\geq 4$  Mbits/s, thông lượng của TCP là 3 Mbits/s
- Tại máy tính của người dùng: thông lượng của MPTCP là  $\geq 4$  Mbits/s, thông lượng của TCP là  $\sim 3$  Mbits/s

#### 4.3.3. So sánh băng thông tại ba máy trạm tại Site 3 của kịch bản 2:

**Bảng 4-7.** Bảng thông của ba máy trạm tại Site 3 của kịch bản 2

<b>Thời gian (giây)</b>	<b>Băng thông MPTCP đo tại máy tính 01 (Mbits/sec)</b>	<b>Băng thông MPTCP đo tại máy tính 02 (Mbits/sec)</b>	<b>Băng thông MPTCP đo tại máy tính 03 (Mbits/sec)</b>
<b>1</b>	8,39	4,19	4,19
<b>2</b>	5,24	3,15	3,15
<b>3</b>	6,29	3,15	3,15
<b>4</b>	6,29	2,10	2,10
<b>5</b>	5,24	3,15	3,15
<b>6</b>	6,29	3,15	2,10
<b>7</b>	5,24	2,10	3,15
<b>8</b>	5,24	3,15	5,24
<b>9</b>	6,29	6,29	6,29
<b>10</b>	4,19	5,24	6,29
<b>11</b>	7,34	6,29	5,24
<b>12</b>	5,24	5,24	5,24
<b>13</b>	5,24	6,29	6,29
<b>14</b>	3,15	5,24	5,24
<b>15</b>	3,15	3,15	5,24
<b>16</b>	2,10	3,15	6,29
<b>17</b>	3,15	3,15	5,24
<b>18</b>	3,15	2,10	6,29
<b>19</b>	3,15	3,15	6,29
<b>20</b>	2,10	3,15	5,24

**Bảng thông MPTCP của 3 máy trạm tại Site 3****Hình 4.10** So sánh băng thông giữa ba máy trạm MPTCP tại Site 3 của kịch bản 2

- Máy tính thứ nhất có băng thông trung bình 4.77 Mbps.
- Máy tính thứ hai có băng thông trung bình 3.71.
- Máy tính thứ ba có băng thông trung bình 4.76 Mbps.
- Không có máy trạm nào chiếm dụng hết băng thông của đường kết nối tới máy chủ mCDN tại Site 1.

#### 4.3.4. So sánh băng thông tại ba máy trạm tại Site 4 của kịch bản 2:

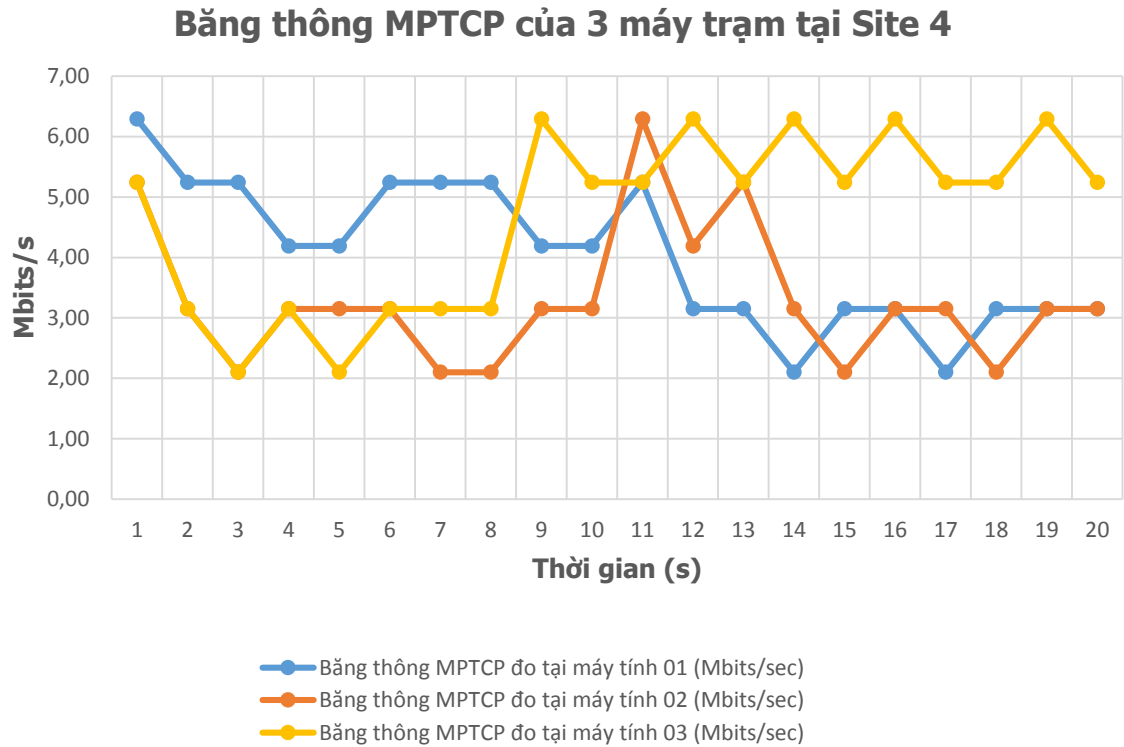
Khi công cụ Iperf chạy trên máy trạm thứ nhất đến giây thứ 12 thì công cụ Iperf trên máy trạm thứ hai bắt đầu chạy giây thứ 1.

**Bảng 4-8.** Bảng thông của ba máy trạm tại Site 4 của kịch bản 2

Thời gian (giây)	Băng thông MPTCP đo tại máy tính 01 (Mbps/sec)	Băng thông MPTCP đo tại máy tính 02 (Mbps/sec)	Băng thông MPTCP đo tại máy tính 03 (Mbps/sec)
1	6,29	5,24	5,24
2	5,24	3,15	3,15



<b>Thời gian (giây)</b>	<b>Băng thông MPTCP đo tại máy tính 01 (Mbits/sec)</b>	<b>Băng thông MPTCP đo tại máy tính 02 (Mbits/sec)</b>	<b>Băng thông MPTCP đo tại máy tính 03 (Mbits/sec)</b>
<b>3</b>	5,24	2,10	2,1
<b>4</b>	4,19	3,15	3,15
<b>5</b>	4,19	3,15	2,1
<b>6</b>	5,24	3,15	3,15
<b>7</b>	5,24	2,10	3,15
<b>8</b>	5,24	2,10	3,15
<b>9</b>	4,19	3,15	6,29
<b>10</b>	4,19	3,15	5,24
<b>11</b>	5,24	6,29	5,24
<b>12</b>	3,15	4,19	6,29
<b>13</b>	3,15	5,24	5,24
<b>14</b>	2,10	3,15	6,29
<b>15</b>	3,15	2,10	5,24
<b>16</b>	3,15	3,15	6,29
<b>17</b>	2,10	3,15	5,24
<b>18</b>	3,15	2,10	5,24
<b>19</b>	3,15	3,15	6,29
<b>20</b>	3,15	3,15	5,24



**Hình 4.11** So sánh băng thông giữa ba máy trạm tại Site 4 của kịch bản 2

- Máy tính thứ nhất có băng thông trung bình 3.97 Mbps
- Máy tính thứ hai có băng thông trung bình 3.26 Mbps
- Máy tính thứ ba có băng thông trung bình 4.67 Mbps
- Giao thức MPTCP phân phối băng thông tương đối đồng đều giữa ba máy trạm

## KẾT LUẬN

Từ nghiên cứu kỹ thuật điều khiển tắc nghẽn trong MPTCP và kỹ thuật định hướng yêu cầu dựa trên DNS, em đã:

- Xây dựng được mô hình thực nghiệm CDN trên nền giao thức MPTCP
- Từ các kết quả đo thông lượng mạng chứng minh việc sử dụng giao thức MPTCP sẽ làm tăng thông lượng mạng của CDN, làm giảm tình trạng tắc nghẽn tại mỗi máy chủ CDN, dự phòng đường kết nối cho mỗi máy chủ CDN.
- Thực nghiệm này chứng minh giao thức MPTCP hoạt động được trên mạng CDN.

Tuy nhiên, luận văn này còn một số hạn chế:

- Chưa thực nghiệm CDN MPTCP trên môi trường thật vì giao thức MPTCP khi đi qua các thiết bị tường lửa, NAT, máy chủ Proxy (gọi chung là Middlebox) sẽ bị xóa TCP Option 30 và quay về sử dụng giao thức TCP đơn đường. Để thực nghiệm được MPTCP trên môi trường thật thì em phải kiểm soát được: đường kết nối, các thiết bị sử dụng (rất khó làm được).
- Chưa thực nghiệm đầy đủ mạng CDN trên môi trường thật (còn thiếu máy chủ Caching, máy chủ phân phối...) do thiếu kinh phí và các thiết bị.
- Chưa sử dụng nhiều kỹ thuật định hướng yêu cầu của CDN: Global Server Load Balancing (GSLB), Transport Layer Request Routing, HTTP redirection, URL rewriting ...

## HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Luận văn sẽ tiếp tục nghiên cứu:

- Thực nghiệm CDN (mô hình đầy đủ) sử dụng giao thức MPTCP trên môi trường thật có các thiết bị NAT, tường lửa, Web Proxy...
- Cải tiến các thiết bị tường lửa, NAT, Web Proxy .... cho phép giao thức MPTCP đi qua.
- Sử dụng nhiều kỹ thuật định hướng yêu cầu khác trong CDN như: Global Server Load Balancing (GSLB), Transport Layer Request Routing, HTTP redirection, URL rewriting ...

## DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Rajkumar Buyya, Mukaddim Pathan, Athena Vakali (Eds.) (2008). *Content Delivery Networks*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, German.
2. A. Ford, C. Raiciu, M. Handley, S. Barre, J. Iyengar (2011), “Architecture guidelines for Multipath TCP Development”, IETF RFC 6182.
3. L.T. Anh, C.S. Hong, S. Lee, (2011), “MPCubic: An extended cubic TCP for multiple paths over high bandwidth-delay product networks”, in Proc. of ICTC Conference, September 28-30, 2011, Seoul.
4. Khalili, N. Gast, M. Popovic, U. Upadhyay, and J.-Y. Le Boudec (2012), “MPTCP is not pareto-optimal: performance issues and a possible solution”, in Proc. of the 8th international conference on Emerging networking experiments and technologies, CoNEXT’12, December 10–13, 2012, Nice, France.
5. S. Manfredi, F. Oliviero, S.P. Romano (2012), “Optimised balancing algorithm for content delivery networks”. *IET Commun.*, 6 (7), 733–739.
6. A. Ford, C. Raiciu, M. Handley, O. Bonaventure (2013), “TCP extensions for multipath operation with multiple addresses”, IETF RFC 6824.
7. B.P. Ha, B.Y. Tran, L.T. Anh, Cong Hung Tran (2014), “Multipath FAST TCP for Large Bandwidth-Delay Product Networks”, in Proc. of The International Conference on Green and Human Information Technology (ICGHIT’14), HCMC, Vietnam, February 2014.