



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0026276

(51)⁷ H04L 12/721

(13) B

(21) 1-2016-03196

(22) 12/05/2015

(86) PCT/US2015/030426 12/05/2015

(87) WO2015/175567 19/11/2015

(30) 61/992,063 12/05/2014 US

(45) 25/11/2020 392

(43) 27/02/2017 347A

(73) HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (CN)

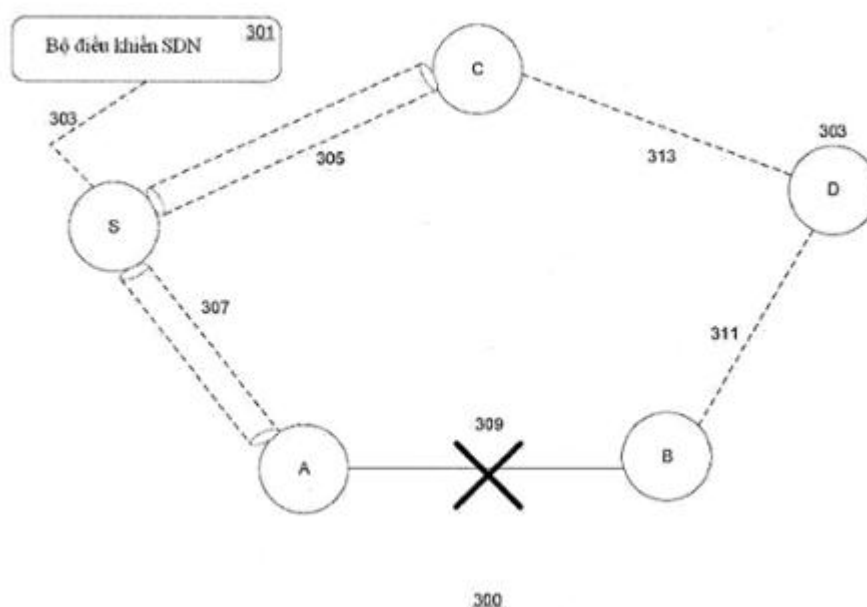
Huawei Administration Building, Bantian, Longgang, Shenzhen, Guangdong 518129, China

(72) LUO, Min (US); CHU, Cing-Yu (TW); XI, Kang (US); CHAO, Hung-Hsiang Jonathan (US); CHOU, Wu (US).

(74) Công ty Luật TNHH Phạm và Liên danh (PHAM & ASSOCIATES)

(54) THIẾT BỊ MẠNG, PHƯƠNG PHÁP ĐỊNH TUYẾN LẠI DỮ LIỆU VÀ VẬT LƯU TRỮ MÁY TÍNH ĐỌC ĐƯỢC

(57) Sáng chế đề xuất thiết bị mạng và phương pháp định tuyến lại dữ liệu do sự cố liên kết trong mạng lai, trong đó cấu trúc mạng lai là mạng IP (Internet Protocol- giao thức Internet) được tích hợp một phần vào và tăng cường bằng số lượng tương đối nhỏ các thiết bị mạng được có chức năng SDN-OF (Software - Defined Networking - Open Flow, Kết nối mạng được phần mềm định nghĩa - Luồng mở) để tạo mạng có thể nhanh chóng phục hồi sau sự cố mạng và đạt cân bằng tải hậu phục hồi trong khi giảm tối đa chi phí và độ phức tạp. Nhờ kết hợp các bộ chuyển mạch có chức năng SDN-OF với các nút IP đã biết như các bộ định tuyến, kiến trúc mạng mới và các phương pháp được mô tả ở đây cho phép phục hồi sự cố mạng dữ liệu nhận biết cân bằng tải và siêu nhanh.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế gắn với các mạng lai. Cụ thể là, nó tạo các cơ cấu để tích hợp một phần các thiết bị mạng được phần mềm định nghĩa (Software Defined Networking, SDN) trong các hạ tầng cơ sở mạng giao thức Internet (Internet Protocol, IP) đã biết để đạt được các lợi ích tiềm năng của SDN để tạo thuận tiện phục hồi sự cố nhanh chóng và cân bằng tải hậu khôi phục trong các mạng IP truyền thống đang chiếm ưu thế hiện nay.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Việc phát triển và tích hợp liên tục của máy tính kết nối mạng đã dẫn đến các mạng được máy tính hóa trở thành trục chính của truyền thông hiện đại. Tuy nhiên, mặc dù phát triển mạnh, ngay cả các mạng tính toán quy mô nhỏ và lớn vẫn gặp phải vấn đề bị gián đoạn dịch vụ và các sự cố (do, chẳng hạn, hỏng cáp do sơ suất, các lỗi thẻ giao diện, các lỗi phần mềm, và cấu hình sai, v.v.). Các mạng máy tính truyền thống về cơ bản sử dụng mô hình nối mạng và các giao thức truyền thông được định nghĩa bởi bộ giao thức Internet thường được biết là TCP/IP.

Các mạng truyền thông này, còn được biết là các mạng IP, thường gắn với cấu hình liên kết gồm nhiều nút, như thiết bị truyền thông dữ liệu (data communication equipment, DCE) như là các bộ chuyển mạch và các bộ định tuyến; hoặc thiết bị đầu cuối dữ liệu (data terminal equipment, DTE) như máy tính, máy chủ, các thiết bị di động. Ở các mạng cụ thể, cả các DCE và các DTE có thể được đánh địa chỉ riêng rẽ trong mạng và được liên kết bằng các liên kết truyền thông. Dữ liệu được truyền xuyên suốt mạng nhờ được định tuyến qua một hoặc nhiều liên kết cho đến khi

nó đến nút tại địa chỉ đích. Các sự cố mạng xảy ra khi nút hoặc liên kết được nối mạng không đáp ứng hoặc không thể xử lý và/hoặc chuyển tiếp dữ liệu đến nút tiếp theo dọc theo tuyến.

Các mạng IP truyền thống sử dụng các phương pháp để hỗ trợ khôi phục từ các sự cố mạng. Không may mắn, các phương pháp khôi phục truyền thống (như tính toán đường đi ngắn nhất, định tuyến lại nhanh IP, v.v.) về cơ bản không thể bao quát đủ đến tất cả các nút có thể bị ảnh hưởng hoặc các liên kết trong mạng. Các phương pháp phức tạp hơn có thể bao quát đủ, nhưng đôi lại có thể gây ra những bất tiện như gián đoạn và phức tạp theo chiều hướng ngăn cấm. Ngoài ra, việc hội tụ về các tài nguyên dự trữ có thể gặp vấn đề hoặc tiêu tốn thời gian, và tệ hơn nữa các loại giải pháp này có thể chỉ đạt đến các giải pháp tối ưu cục bộ có thể dẫn đến các tắc nghẽn mới trong mạng, trong khi còn ngăn không cho sử dụng một số tài nguyên do bản chất phân tán của chúng.

Giải pháp SDN là cách tiếp cận đến mạng dữ liệu/máy tính mà tách các chức năng chính của hạ tầng cơ sở mạng máy tính truyền thống. Theo các giải pháp SDN, cơ chế để ra quyết định định tuyến lưu lượng mạng (mặt phẳng điều khiển) được tách ra khỏi các hệ thống để thực hiện chuyển tiếp lưu lượng thực đến các đích mong muốn (mặt phẳng dữ liệu). Việc tách mặt phẳng điều khiển khỏi mặt phẳng dữ liệu cho phép tập trung hóa logic điều khiển trên cơ sở xem xét tổng thể trạng thái mạng và các thống kê lưu lượng cuối cùng dẫn đến việc tận dụng tài nguyên được cải thiện, quản trị chính sách hiệu quả và quản lý linh hoạt với chi phí giảm đáng kể.

Theo nhiều cách triển khai SDN, các thiết bị mạng vẫn thực hiện các chức năng trên mặt phẳng dữ liệu, nhưng các chức năng về truyền thống được thực hiện trên mặt phẳng điều khiển được tách ra và trừu tượng hóa đến lớp/mặt phẳng tập trung về mặt logic. OpenFlow (OF – luồng mở) là giao thức chuẩn hóa được sử dụng bởi bộ điều khiển mạng ngoài (chủ

yếu là máy chủ) để truyền thông với thiết bị mạng (chủ yếu là bộ chuyển mạch mạng) trong các mạng SDN. Giao thức OF cho phép bộ điều khiển định nghĩa cách thức các gói được chuyển tiếp ở mỗi thiết bị mạng SDN, và thiết bị mạng (như các bộ chuyển mạch) báo cáo đến bộ điều khiển trạng thái của nó và/hoặc các thông kê lưu lượng. Trong khi ngày càng trở nên phổ biến, việc khai triển các thiết bị SDN (chẳng hạn, các bộ chuyển mạch SDN) về cơ bản là quá trình dần dần, do chi phí và công cần để thay thế các thiết bị mạng IP nội hạt bằng các thiết bị mạng có chức năng SDN. Ngoài ra, việc thay thế quy mô lớn các phần hiện tại của hạ tầng cơ sở sẽ có thể dẫn đến gián đoạn dịch vụ nghiêm trọng nếu thực hiện ngay lập tức.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Như là giải pháp cho loại vấn đề nêu trên, sáng chế đề xuất các phương pháp mới và các hệ thống cho cấu hình mạng trong đó mạng IP được tích hợp một phần và được tăng cường bằng các thiết bị mạng có chức năng SDN-OF (hoặc truyền thông chuyển mạch - bộ điều khiển khác) để tạo mạng khả chuyển có thể phục hồi nhanh chóng từ các sự cố mạng ở các liên kết đơn hoặc các nút, và đạt được cân bằng tải sau phục hồi trong khi giảm thiểu chi phí và độ phức tạp. Nhờ thay thế số lượng hữu hạn các nút IP truyền thống (như các bộ định tuyến) bằng các bộ chuyển mạch có chức năng SDN-Openflow, sáng chế bộc lộ kiến trúc mạng mới và các phương pháp cho phép phục hồi sự cố cực nhanh và nhận thức cân bằng tải mạng dữ liệu.

Theo khía cạnh của sáng chế, thiết bị được đề xuất quản lý các thiết bị SDN-OF (như các bộ chuyển mạch có chức năng SDN-OF) được tích hợp vào mạng IP. Theo một phương án thực hiện, thiết bị mạng được mô tả bao gồm bộ nhớ và bộ xử lý. Bộ nhớ lưu trữ các lệnh được lập trình vận hành được, khi được thực thi, để khởi tạo bộ điều khiển mạng của

mạng lai bao gồm các thực thể mạng, các thực thể mạng bao gồm các nút mạng được ghép nối lan truyền bởi các liên kết. Bộ xử lý được tạo cấu hình để thực thi các lệnh được lập trình được lưu trữ trong bộ nhớ để tính toán các cấu hình định tuyến lưu lượng cho mạng lai, để phân tán các cấu hình định tuyến lưu lượng đến các nút mạng, để xác định trạng thái mạng hiện tại của mạng lai; và để xác định các tải lưu lượng hiện tại trong mạng lai.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện sáng chế, các nút mạng có thể bao gồm tổ hợp của các thiết bị mạng IP và các thiết bị mạng có chức năng SDN. Các gói dữ liệu được nhằm được gửi tới nút mạng đích từ nút mạng thứ nhất (nút dò) – qua thực thể mạng có sự cố của các thực thể mạng - được chuyển tiếp bởi nút mạng thứ nhất đến nút mạng được chỉ định của các nút mạng dựa trên các cấu hình định tuyến lưu lượng. Theo các phương án thực hiện khác nữa, nút mạng được chỉ định có thể còn được tạo cấu hình để định tuyến lại các gói dữ liệu đến nút mạng đích dọc theo các tuyến vòng qua thực thể mạng có sự cố trong khi cân bằng tải lưu lượng trong mạng lai dựa trên các cấu hình định tuyến lưu lượng.

Theo khía cạnh khác của sáng chế, phương pháp thực hiện định tuyến gói trong mạng lai được đề xuất. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, phương pháp có thể được thực hiện bởi: xác định, trong nút mạng thứ nhất, nhóm phụ các nút mạng mạng lai, mạng lai bao gồm các nút mạng được ghép nối lan truyền bởi các liên kết; tính toán các cấu hình định tuyến lưu lượng trong nút mạng thứ nhất; và phân tán các cấu hình định tuyến lưu lượng đến nhóm phụ các nút mạng, trong đó nhóm phụ các nút mạng được kích hoạt chức năng SDN-OF.

Theo khía cạnh khác nữa của sáng chế, phương pháp được đề xuất để định tuyến lại dữ liệu do sự cố liên kết trong mạng lai. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, các bước được thực hiện ở phương pháp này có thể gồm: nhận, ở thiết bị nối mạng có chức năng SDN được chọn, các

gói dữ liệu nhằm được định tuyến qua thực thể mạng có sự cố; tham chiếu cấu hình định tuyến lưu lượng ở thiết bị nối mạng có chức năng SDN được chọn để xác định thiết bị nối mạng trung gian giữa thiết bị nối mạng có chức năng SDN được chọn và nút đích mong muốn; và chuyển tiếp các gói dữ liệu từ thiết bị nối mạng có chức năng SDN được chọn đến nút đích mong muốn nếu thiết bị nối mạng có chức năng SDN được chọn được ghép nối trực tiếp với nút đích mong muốn và đến thiết bị nối mạng trung gian theo cách khác.

Theo một hoặc nhiều cách thức triển khai, các gói dữ liệu có thể được chuyển tiếp tự động từ thiết bị nối mạng thứ nhất tương ứng với thực thể mạng có sự cố qua đường hầm IP được thiết lập giữa thiết bị nối mạng có chức năng SDN được chọn và thiết bị nối mạng thứ nhất. Theo các cách thức triển khai khác nữa, thực thể mạng có sự cố có thể bao gồm liên kết gặp sự cố, nút mạng gặp sự cố, hoặc cả hai. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, cấu hình định tuyến lưu lượng có thể được tính toán bằng bộ điều khiển mạng và được phân tán tới thiết bị nối mạng có chức năng SDN được chọn.

Mô tả vắn tắt hình vẽ

Các hình vẽ đi kèm, được đưa vào và tạo thành một phần của bản mô tả, minh họa các phương án thực hiện và, cùng với phần mô tả, dùng để giải thích các nguyên lý sáng chế:

Fig.1 là hình vẽ mô tả minh họa cấu hình mạng lấy làm ví dụ, theo các phương án thực hiện khác nhau của sáng chế;

Fig.2 là hình vẽ mô tả sơ đồ khối của cấu hình mạng lấy làm ví dụ, theo các phương án thực hiện khác nhau của sáng chế;

Fig.3 là hình vẽ mô tả sơ đồ khối của ngữ cảnh lấy làm ví dụ, theo các phương án thực hiện khác nhau của sáng chế;

Fig.4 là hình vẽ mô tả lưu đồ của quá trình tích hợp một phần các thiết

bị có chức năng SDN-OF trong mạng IP, theo các phương án thực hiện khác nhau của sáng chế.

Fig.5 là hình vẽ mô tả lưu đồ của quá trình thực hiện phục hồi sự cố trong mạng lai, theo các phương án thực hiện khác nhau của sáng chế.

Fig.6 là hình vẽ mô tả thiết bị tính toán lấy làm ví dụ, theo các phương án thực hiện khác nhau của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phần viện dẫn sẽ được thực hiện chi tiết đến một số phương án thực hiện. Trong khi đối tượng sẽ được mô tả cùng với các phương án thực hiện khác, cần hiểu rằng chúng không được nhằm hạn chế sáng chế ở các phương án thực hiện này. Ngược lại, sáng chế được nhằm bao trùm thay thế, cải biến, và tương đương, có thể được bao gồm trong nguyên lý và phạm vi của sáng chế như được định nghĩa bởi các điểm yêu cầu bảo hộ.

Các phần của phần mô tả chi tiết sau được trình bày và đề cập liên quan đến quá trình. Mặc dù các hoạt động và chuỗi của nó được bộc lộ trong hình vẽ ở đây (chẳng hạn, các hình vẽ Fig.4 và Fig.5) mô tả các hoạt động của quá trình này, các hoạt động này và sắp xếp tuần tự lấy làm ví dụ. Các phương án thực hiện sẽ được điều chỉnh phù hợp để thực hiện các hoạt động khác nhau hoặc các biến thể của các hoạt động được nêu trong lưu đồ của hình vẽ ở đây, và ở chuỗi khác ngoài chuỗi được mô tả và nêu ở đây.

Như được sử dụng trong bản mô tả, các thuật ngữ thành phần, môđun, hệ thống, và tương tự được nhằm để viện dẫn đến thực thể liên quan máy tính, cụ thể là, phần cứng, phần sụn, tổ hợp của phần cứng và phần mềm, phần mềm, hoặc phần mềm khi thực thi. Chẳng hạn, thành phần có thể, nhưng không bị giới hạn ở, quá trình chạy trên bộ xử lý, mạch tích hợp, đối tượng, đoạn khả thi, luồng thực thi, chương trình, và/hoặc máy tính. Nhờ minh họa, cả ứng dụng và/hoặc môđun chạy trên thiết bị tính toán và

thiết bị tính toán có thể là thành phần. Một hoặc nhiều thành phần có thể cư trú trong quá trình và/hoặc luồng thực thi, và thành phần có thể được cục bộ hóa trên một máy tính và/hoặc phân tán giữa hai hoặc nhiều máy tính. Ngoài ra, các thành phần này có thể được thực thi từ các phương tiện máy tính đọc được khác nhau có các cấu trúc dữ liệu khác nhau được lưu trên đó. Các thành phần có thể truyền thông nhờ các quá trình cục bộ và/hoặc từ xa như theo tín hiệu hiệu có một hoặc nhiều gói dữ liệu (chẳng hạn, dữ liệu từ một thành phần tương tác với thành phần khác trong hệ thống cục bộ, hệ thống phân tán, và/hoặc trên mạng như mạng Internet với các hệ thống khác nhờ tín hiệu).

Các kỹ thuật khác được mô tả ở đây có thể được sử dụng cho các hệ thống truyền thông dữ liệu các nhau và các giao thức, gồm SDN, OF, và IP, v.v.. Các thuật ngữ “hệ thống” và “mạng” có thể được sử dụng quay lại ở đây. Thực thể mạng có thể gồm nút mạng (chẳng hạn, bộ định tuyến IP hoặc bộ chuyển mạch) hoặc liên kết giữa hai nút. Các thuật ngữ “nút” và “nút mạng” có thể còn được sử dụng qua lại ở đây. Thiết bị kích hoạt SDN-OF có thể gồm (nhưng không bị giới hạn ở) thiết bị mạng được chỉ định như bộ chuyển mạch SDN-OF, bộ định tuyến SDN-OF, hoặc tổ hợp bộ định tuyến/chuyển mạch SDN-OF, hoặc có thể gồm các thiết bị mạng IP (như các bộ định tuyến) đã được lập trình với các mô đun với chức năng SDN-OF (như mô đun ứng dụng kích hoạt SDN-OF).

Như nêu trên, các giải pháp khác nhau được đề xuất tích hợp các thiết bị SDN-OF (như các bộ chuyển mạch có chức năng SDN-OF) vào mạng IP. Theo một phương án thực hiện, giải pháp có thể được làm thích ứng từ mạng IP hiện tại, thay vì mạng mới được xây dựng từ đầu. Theo các phương án thay thế, giải pháp có thể là IP lai mới và mạng SDN, và thậm chí có thể được mở rộng sang các mạng MPLS (multi-protocol label switching, chuyển mạch nhãn đa giao thức) (hoặc công nghệ khác và các giao thức) qua tích hợp các bộ chuyển mạch SDN-OF và bộ điều khiển

mạng. Ngoài ra, các khía cạnh khác được mô tả ở đây kết nối với máy tính hoặc mạng dữ liệu được triển khai như việc bố trí các nút được kết nối bởi các liên kết. Nút là DCE, như bộ định tuyến hoặc bộ chuyển mạch.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, số tương đối nhỏ các bộ định tuyến/bộ chuyển mạch IP hiện tại trong mạng IP truyền thống được thay thế bằng các bộ chuyển mạch có chức năng SDN-OF lai hoặc thuần túy để tạo mạng SDN một phần lai. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện luân phiên, mạng SDN lai có thể lựa chọn rất ít bộ định tuyến (lập trình được) IP trong đó các ứng dụng và môđun SDN có thể được thực hiện hoặc thay thế chúng bằng các bộ chuyển mạch SDN-OF. Các mạng lai này có thể phục hồi nhanh chóng từ sự cố và đạt được cân bằng tải hậu phục hồi với độ phức tạp đã được giảm, hợp lý hơn và chấp nhận được nhờ sử dụng các công nghệ SDN-OF.

Theo khía cạnh của sáng chế, phương pháp được đề xuất để giảm thiểu số lượng các thiết bị mạng SDN cần để kích hoạt các khả năng này trong mạng IP cho trước, trong khi đảm bảo khả năng tiếp cận phục hồi sự cố và phương pháp tối ưu hóa việc đặt các bộ chuyển mạch SDN này. Theo phương án thực hiện, việc giảm tối đa số lượng các thiết bị mạng có chức năng SDN có thể được thực hiện nhờ lựa chọn nhóm phụ vùng trữ các nút mạng IP hiện tại (chẳng hạn, các bộ định tuyến) được thay thế bằng các thiết bị kích hoạt SDN-OF (chẳng hạn, các bộ chuyển mạch). Theo cách khác, nhóm phụ các nút mạng IP hiện tại có thể, nếu thích hợp, được lập trình bằng các môđun SDN-OF. Ngoài ra, việc đặt số lượng các thiết bị kích hoạt SDN-OF được chọn sẽ đảm bảo rằng mỗi đường phục hồi không đi ngang sự cố (liên kết hoặc nút), khi lỗi xuất hiện.

Theo khía cạnh của sáng chế, phương pháp được đề xuất để phục hồi khỏi sự cố một cách nhanh chóng và tiếp tục chuyển tiếp dữ liệu. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, quá trình mà nhờ khôi phục sự cố được thực hiện còn bao gồm cân bằng tải trong quá trình phục hồi. Theo

một hoặc nhiều phương án thực hiện, có thể phục hồi sự cố nhờ dò sự cố trong thực thể mạng, như nút mạng hoặc liên kết, và chuyển tiếp các gói dữ liệu đến thiết bị kích hoạt SDN-OF qua đường hầm IP. Sau đó, thiết bị kích hoạt SDN-OF tham chiếu bảng luồng được cung cấp bởi bộ điều khiển SDN-OF bên ngoài hoặc được cấu hình trước đó dựa trên định tuyến ngoại tuyến với các ma trận lưu lượng cụ thể hoặc dự báo, trước khi chuyển tiếp các gói dữ liệu trên nút trung gian ở tuyến luân phiên được đảm bảo tới đích cuối cùng và vòng qua thực thể mạng có sự cố (chẳng hạn, nút hoặc liên kết). Khi nút dò thấy sự cố, nó ngay lập tức định tuyến lại các gói bị ảnh hưởng đến thiết bị nối mạng được kích hoạt SDN-OF trung gian được cấu hình trước (như bộ chuyển mạch). Sau đó, bộ chuyển mạch SDN gửi các dòng một cách thông minh đến các nút trung gian tương ứng mà đảm bảo khả năng tới đích mong muốn mà không vòng lại nhờ sử dụng nhiều đường dựa trên các mục luồng được tính toán nêu trên trong các bảng luồng. Thiết bị mạng được kích hoạt SDN còn có thể điều chỉnh động định tuyến lại luồng để đạt cân bằng tải, dựa trên trạng thái mạng hiện tại và/hoặc tải hiện tại ở các nút mạng.

CÁC MẠNG LAI SDN-OF/IP

Fig.1 là hình vẽ mô tả sơ đồ khối 100 của cấu trúc địa tầng mạng lấy làm ví dụ theo các phương án thực hiện khác. Để nhằm mục đích minh họa, kiến trúc của mạng lai với các bộ chuyển mạch SDN được tích hợp bán phần được trình bày. Như được thể hiện, mạng lai có thể bao gồm các thực thể nối mạng gồm nhiều nút mạng (0-13), mỗi nút mạng được nối với nút mạng khác nhờ liên kết (như được biểu thị bằng đường nét liền). Theo phương án thực hiện, các nút mạng có thể được triển khai dưới dạng tổ hợp của các nút IP (các nút 0-2, 4-6, và 8-13) và các nút với chức năng SDN-OF (các nút 3, 7). Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, các nút IP có thể được triển khai dưới dạng các bộ định tuyến có chức năng

trên cả mặt phẳng dữ liệu lẫn mặt phẳng điều khiển, trong khi các nút được kích hoạt SDN-OF có thể được triển khai dưới dạng các bộ chuyển mạch SDN nhờ sử dụng giao thức OpenFlow để truyền thông với mạng tập trung hoặc bộ điều khiển SDN-OF (không được thể hiện trên hình vẽ).

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, bộ điều khiển SDN-OF có thể thu thập trạng thái mạng và/hoặc dữ liệu lưu lượng trong mạng (chẳng hạn, từ các nút trong mạng) liên tục hoặc định kỳ, để cho các thiết bị kích hoạt SDN-OF tính toán các bảng luồng hoặc định tuyến (như được định nghĩa trong giao thức OpenFlow), được phân tán đến các thiết bị kích hoạt SDN sử dụng giao thức OpenFlow. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, bộ điều khiển SDN còn có thể thực hiện cân bằng tải nhờ lựa chọn động các nút trung gian mà qua đó chuyển tiếp các gói được định hướng lại được thực hiện dựa trên trạng thái mạng hiện tại và/hoặc lưu lượng.

Fig.2 là hình vẽ mô tả sơ đồ khối 200 của cấu hình mạng lấy làm ví dụ, theo các phương án thực hiện khác nhau của sáng chế. Như được thể hiện trên Fig.2, bộ điều khiển SDN 201 thực thi và điều khiển một hoặc nhiều nút mạng (205, 207, 209, và 211) trong mạng IP lai và SDN-OF. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, một hoặc nhiều nút (205-211) có thể được triển khai với chức năng SDN-OF (chẳng hạn, như là các bộ chuyển mạch/các bộ định tuyến SDN-OF). Các thiết bị kích hoạt SDN-OF có thể thực hiện chuyển tiếp gói, trong khi trừu tượng hóa các quyết định định tuyến đến bộ điều khiển SDN-OF 201. Các quyết định định tuyến có thể được dựa trên trạng thái mạng và/hoặc dữ liệu lưu lượng được tích lũy trong các nút (205-211) và được nhận ở bộ điều khiển SDN-OF 201, hoặc dựa trên các chính sách định tuyến.

Theo một phương án thực hiện, trạng thái mạng và dữ liệu lưu lượng có thể được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu 203 được ghép nối với bộ điều khiển SDN-OF 201, và được sử dụng để tạo các bảng luồng, tương tự các

bảng định tuyến trong các bộ định tuyến IP hoặc các bộ chuyển mạch, nhưng với điều khiển mịn hơn dựa trên tất cả các thuộc tính đa lớp có thể lệch khỏi các gói hoặc qua các phương tiện khác. Việc tạo các bảng luồng/định tuyến có thể được thực hiện động, dựa trên các gói mới được nhận mà yêu cầu các quyết định định tuyến từ bộ điều khiển, và/hoặc có thể được thực hiện ở các khoảng tuần hoàn hoặc định trước dựa trên các chính sách định tuyến cụ thể. Khi được tạo, bộ điều khiển SDN-OF 201 phân tán các bảng luồng/định tuyến đến các thiết bị kích hoạt SDN-OF. Khi nút IP trải qua hỏng hóc liên kết, các gói bị ảnh hưởng được chuyển tiếp qua các giao thức đường hầm IP đến một số thiết bị kích hoạt SDN-OF, sau đó chuyển tiếp các gói dọc các tuyến luân phiên dựa trên các bảng luồng/định tuyến được nhận từ bộ điều khiển SDN-OF 201.

Fig.3 là hình vẽ mô tả minh họa khung đề xuất 300 theo một hoặc nhiều phương án thực hiện sáng chế. Như được mô tả trên Fig.3, mỗi giao diện của nút trong mạng (chẳng hạn, các nút A, B, C, và D) được tạo cấu hình để có đường hầm IP dự phòng (305, 307) để chuyển đổi dự phòng khi dò thấy sự cố liên kết. Đường hầm IP được thiết lập giữa nút dò thấy và một hoặc nhiều bộ chuyển mạch SDN-OF (S) được gọi là các bộ chuyển mạch SDN được chỉ định cho thiết bị IP đó (bộ định tuyến hoặc bộ chuyển mạch). Fig.3 là hình vẽ mô tả ngữ cảnh lấy làm ví dụ trong đó dò thấy sự cố liên kết. Như được thể hiện trên Fig.3, khi sự cố liên kết được dò thấy (chẳng hạn, giữa các nút A và B), nút A – được kết nối trực tiếp với liên kết gặp sự cố – chuyển tiếp ngay lập tức tất cả các gói đã truyền trên liên kết gặp sự cố đến bộ chuyển mạch SDN-OF S được chỉ định tương ứng qua đường hầm IP được thiết lập và được cấu hình trước đó (307).

Khi nhận lưu lượng qua hầm từ nút A, bộ chuyển mạch SDN-OF S trước hết thăm dò các gói, thực hiện tra bảng để xác định tuyến luân phiên cho các gói để đến các đích mong muốn của chúng vòng qua liên

kết gập sự cố và sẽ không khiến các gói bị định tuyến lại đến liên kết gập sự cố. Khi được xác định, bộ chuyển mạch SDN-OF chuyển tiếp gói dữ liệu đến nút đích nếu có thể, hoặc nút trung gian dọc theo tuyến luân phiên được tính toán (trong trường hợp này, nút trung gian C) trong đường hầm IP (309) được nối với nút trung gian (C). Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, tuyến đến nút trung gian được nhận diện có thể được tham chiếu trong bảng tra cứu, với tuyến được tính toán ở bộ điều khiển mạng ngoài nhờ sử dụng các thuật toán tối ưu định tuyến, như thuật toán tìm đường đi ngắn nhất. Ở nút trung gian C, các gói được chuyển tiếp đến nút đích, lại qua tuyến không bị ảnh hưởng bởi liên kết gập sự cố, như được xác định bởi bộ điều khiển mạng tập trung 301, nhờ sử dụng phỏng đoán (chẳng hạn, các thuật toán tìm đường đi ngắn nhất tăng cường cụ thể).

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, việc gán các thiết bị mạng SDN được chỉ định là độc lập với điểm đích, và do vậy độ phức tạp tạo cấu hình chuyển đổi dự phòng được giảm tối đa do các bộ định tuyến trong mạng sẽ không còn cần thiết để biết mỗi đích riêng rẽ. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, bộ chuyển mạch SDN được chỉ định có thể chứa tất cả các đích khả thi được đưa qua đường hầm từ nút bị ảnh hưởng với các nút được kích hoạt SDN-OF trung gian tương ứng. Tuyến cụ thể đã đi qua có thể được tính toán bởi bộ điều khiển mạng ngoài và được phân tán tới mỗi thiết bị trong các thiết bị mạng SDN, dựa trên các trạng thái mạng và tải lưu lượng được quan sát hoặc dự đoán.

Fig.4 là hình vẽ mô tả lưu đồ của quá trình tích hợp một phần các thiết bị được kích hoạt SDN-OF trong mạng IP, theo các phương án thực hiện khác nhau của sáng chế. Ở bước 401, nhóm phụ các nút trong mạng IP được xác định bằng chức năng SDN-OF. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, nhóm phụ các nút có thể được lựa chọn để được thay thế (hoặc được nâng cấp) với các khả năng SDN. Theo một hoặc nhiều phương án

thực hiện, số lượng nút được lựa chọn để được thay thế (hoặc được nâng cấp) được giảm tối đa, để giảm tối đa tương tự chi phí khai triển và gián đoạn dịch vụ có thể là kết quả từ việc tích hợp các khả năng SDN. Nhóm phụ các nút mạng IP có thể được lựa chọn bằng cách xác định số lượng nút nhỏ nhất mà vẫn cho phép mạng có các đặc tính cụ thể. Theo một phương án thực hiện, các đặc tính này có thể gồm, chẳng hạn, 1) đối với mỗi liên kết gồm nút không được kích hoạt bằng chức năng SDN-OF, thiết bị được kích hoạt SDN-OF trong mạng được xác định và được chỉ định; và 2) đối với mỗi thiết bị nối mạng được kích hoạt SDN-OF, ít nhất một nút trung gian không được kích hoạt bằng chức năng SDN-OF đối với mỗi nút đích có thể trong mạng.

Các nút được chọn có thể được thay thế nhờ phần cứng SDN chuyên dụng như các bộ chuyển mạch, hoặc có thể được nâng cấp luân phiên bằng cách lập trình qua việc cài đặt các môđun phần mềm có thể SDN. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, bộ điều khiển mạng có thể SDN-OF được thực thi ở nút bên ngoài so với, nhưng được ghép nối truyền thông với, các thiết bị kích hoạt SDN-OF. Bộ điều khiển mạng có khả năng SDN-OF có thể được thực thi trên máy chủ, hoặc thiết bị tính toán khác chẳng hạn. Khi thực thi, bộ điều khiển SDN nhận dữ liệu lưu lượng từ các nút (các bộ định tuyến IP) trong mạng, qua một hoặc nhiều giao thức truyền thông. Sau đó, dữ liệu lưu lượng được sử dụng để tính toán các cấu hình định tuyến lưu lượng (chẳng hạn, các bảng định tuyến) cho các thiết bị kích hoạt SDN-OF ở bước 403. Cuối cùng, ở bước 405, các cấu hình lưu lượng được phân tán đến các thiết bị kích hoạt SDN-OF. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, việc thu thập dữ liệu lưu lượng và tạo các cấu hình lưu lượng có thể được thực hiện định kỳ và thậm chí động, để đảm bảo dữ liệu lưu lượng hiện tại và/hoặc trạng thái mạng được phản ánh trong các cấu hình lưu lượng.

LỰA CHỌN NÚT

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, số lượng các thiết bị được kích hoạt SDN-OF có thể bị giới hạn ở số lượng nhỏ nhất vẫn phủ sóng phục hồi sự cố toàn diện cho mỗi nút trong mạng. Xác định số lượng nhỏ nhất các thiết bị kích hoạt SDN-OF gồm xác định: 1) cho mỗi sự cố liên kết, nút bị ảnh hưởng phải có ít nhất một thiết bị kích hoạt SDN được chỉ định độc lập với đích đến, và 2) đối với từng thiết bị được kích hoạt SDN-OF, tồn tại ít nhất một nút trung gian cho mỗi đích đến khả thi.

Giảm tối đa số lượng nút trong mạng có thể được thay thế hoặc nâng cấp với chức năng kích hoạt SDN có thể được biểu diễn như là:

$$\text{Giảm tối đa} \quad \sum_i u_i \quad (1)$$

$$\text{Tuân theo:} \quad \sum_i [b_{x,i}^e (1 - \delta_{x,i}^e)] \left[\sum_m I(1 - I\delta_{i,m}^e)(1 - \delta_{m,d}^e) \right] \geq \beta_x^e \delta_{x,d}^e \quad (2)$$

$$\sum_i b_{x,i}^e \leq \beta_x^e \quad (3)$$

$$b_{x,i}^e \leq u_i \quad (4)$$

Trong đó (1): Mục đích là giảm tối đa số lượng các bộ chuyển mạch được kích hoạt SDN-OF, với những ràng buộc sau;

(2): liên kết e , khi nút gốc x gặp sự cố, x phải có ít nhất một bộ chuyển mạch được kích hoạt SDN-OF được chỉ định tiến ra ngoài;

(3) nếu nút x thuộc liên kết e , nó phải có một bộ chuyển mạch được kích hoạt SDN-OF được chỉ định tiến ra khi liên kết e gặp sự cố;

(4) nút i phải là bộ chuyển mạch được kích hoạt SDN-OF nếu nó được chọn bởi nút bất kỳ làm bộ chuyển mạch được kích hoạt SDN-OF được chỉ định.

Bảng I tóm tắt các tham số và các ký hiệu:

Bảng 1
Ký hiệu về khả năng đạt đến

(V, E)	Mạng có nhóm nút V và nhóm liên kết E
β_x^e	Nhi phân, $\beta_x^e = 1$ nếu nút x là nút đầu của liên kết e ; 0, nếu ngược lại
$\delta_{i,j}^e$	Nhi phân, $\delta_{i,j}^e = 1$ nếu liên kết e : trên đường ngắn nhất từ nút i đến nút j ; 0 nếu ngược lại
$b_{x,i}^e$	Nhi phân, $b_{x,i}^e = 1$ nếu nút i được chọn làm nút x 's bộ chuyển mạch SDN chỉ định khi liên kết e hỏng; 0, nếu ngược lại
$N_{i,m}$	Nhi phân $N_{i,m} = 1$ nếu nút i và nút m là các hàng xóm với chỉ một bước nhảy ; 0, nếu ngược lại
u_i	Nhi phân, $u_i = 1$ nếu nút i được chọn là bộ chuyển mạch SDN; ; 0, nếu ngược lại
	$e \in E$ and $i, j, x, m \in V$

KHÔI PHỤC MẠNG

Fig.5 là hình vẽ mô tả lưu đồ lấy làm ví dụ của quá trình khôi phục mạng sau sự cố. Ở bước 501, lưu lượng từ nút bị ảnh hưởng (chẳng hạn, sự cố trong liên kết hoặc nút) được nhận ở thiết bị được kích hoạt bằng chức năng SDN-OF. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, sự cố trong liên kết hoặc nút được dò thấy trong nút dò thứ nhất (như bộ định tuyến) được nối trực tiếp với thực thể mạng có sự cố. Khi dò thấy sự cố liên kết hoặc nút lân cận, nút dò sẽ định hướng lại tất cả lưu lượng trên liên kết gặp sự cố đến các thiết bị SDN-OF được chọn qua đường hầm IP. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, các gói được phân tán qua đường hầm IP được thiết lập giữa thiết bị SDN-OF được chỉ định và nút dò thấy. Khi nhận lưu lượng qua hầm từ nút bị ảnh hưởng, bộ chuyển mạch SDN-OF trước hết dò các gói, sau đó tham chiếu dữ liệu lưu lượng định trước (chẳng hạn, qua thủ tục tra bảng) ở bước 503 để xác định tuyến luân phiên cho các gói để đến đích mong muốn vòng qua liên kết gặp sự cố. Sau đó, các gói được chuyển tiếp đến đích nếu được nối trực tiếp với thiết bị kích hoạt SDN-OF, hoặc ngược lại đến nút tiếp theo ở

tuyến luân phiên (bước 505). Sau đó nút tiếp theo chuyển tiếp các gói đến nút đích nếu có thể, hoặc đến nút tiếp theo ở tuyến cho phép các gói đến đích mà không vòng lại liên kết hoặc nút gặp sự cố.

Các bảng định tuyến có thể được cấp cho thiết bị kích hoạt SDN-OF nhờ bộ điều khiển SDN-OF mạng được ghép nối truyền thông. Do mỗi nút đã biết về các bộ chuyển SDN-OF nào mà lưu lượng trên liên kết gặp sự cố sẽ di trú đến, việc phục hồi có thể được hoàn thành nhanh chóng. Bộ điều khiển SDN-OF còn có thể thu thập tận dụng liên kết mạng lai và định trước các đường định tuyến cho liên kết trên liên kết gặp sự cố để đạt cân bằng tải tốt hơn về lưu lượng, tránh tắc nghẽn tiềm năng do phân tán lại lưu lượng. Nhờ thiết lập các đường hầm giữa các bộ định tuyến IP đã biết và các bộ chuyển mạch SDN-OF, khung làm việc đề xuất cho phép các bộ định tuyến IP thực hiện ngay lập tức chuyển đổi dự phòng khi dò thấy sự cố liên kết và định hướng lại lưu lượng đến các bộ chuyển mạch SDN-OF. Sau đó, các bộ chuyển mạch SDN-OF có thể giúp chuyển tiếp lưu lượng để vòng qua liên kết gặp sự cố dựa trên quyết định định tuyến được thực hiện bởi bộ điều khiển SDN-OF. Do bộ điều khiển SDN-OF có thể nhìn vào toàn bộ mạng để hiểu biết tình trạng mạng hiện tại, gồm các tải nút và/hoặc trạng thái của mạng, các quyết định định tuyến tối ưu có thể được thực hiện để cân bằng tải mạng hậu khôi phục.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, đường hầm IP có thể gồm các giao thức đường hầm IP cho phép các giao thức định tuyến qua các đường hầm được tạo, như GRE (Generic Routing Encapsulation, bao gói định tuyến chung). Để tạo chuyển đổi dự phòng, các giao thức định tuyến như EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol, giao thức định tuyến cổng nối trong tăng cường) có thể được sử dụng tuyến kế tiếp trong trường hợp tuyến chính gặp sự cố. Các giao thức định tuyến khác như OSPF (Open Shortest Path First, ưu tiên đường đi ngắn) không hỗ trợ dấu hiệu vẫn có thể được sử dụng nhờ áp dụng định tuyến dựa trên chính sách

để lựa chọn tuyến khi sự cố liên kết ghi nhận lỗi. Các phương án thực hiện khác còn có thể sử dụng các phương pháp như cấu hình các tuyến tĩnh với các khoảng cách lớn hơn với các địa chỉ tiền tố ít cụ thể hơn sao cho bộ định tuyến sẽ bắt đầu sử dụng đường ít cụ thể hơn khi liên kết trên đường chính gặp sự cố.

Trong khi phần mô tả nêu trên tập trung vào các sự cố liên kết đơn, nên hiểu rằng các phương án thực hiện sáng chế được điều chỉnh để được mở rộng sang các sự cố ở cả các nút, theo các phương án thực hiện khác. Đối với các sự cố một nút, các đường hầm được xác định khi tra bảng hoặc dữ liệu lưu lượng, phần tham chiếu sẽ không bao gồm nút gặp sự cố.

CÂN BẰNG TÀI

Sau khi tất cả các thiết bị SDN-OF được chỉ định được xác định theo quá trình 400 nêu trên, các nút được kích hoạt SDN-OF ngay lập tức được nhận diện chuyển tiếp các gói dữ liệu khi sự cố liên kết xuất hiện. Đối với đích cụ thể, có thể tồn tại nhiều nút trung gian linh hoạt (chẳng hạn, thiết bị mạng được kích hoạt IP và/hoặc SDN-OF), và lựa chọn nút trung gian tối ưu có thể còn giúp tránh hoặc giảm tắc nghẽn. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, bộ điều khiển mạng (SDN-OF) có thể tính toán lựa chọn các nút trung gian này định kỳ để phản ứng lại các điều kiện mạng hiện tại.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, việc lựa chọn các nút kích hoạt SDN-OF là phức thuộc đích, do vậy mỗi nút đích có nút trung gian tương ứng. Việc lựa chọn nút trung gian được thực hiện nhờ giảm tối đa sử dụng liên kết tối đa trên các liên kết sau khi phân tán lại lưu lượng theo sự cố thực thể mạng (liên kết hoặc nút). Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, bộ điều khiển mạng/SDN xác định tải của mỗi liên kết. Để thu thập thông tin này, mỗi nút IP trong mạng có thể chạy giao thức (như SNMP, OpenFlow nếu được kích hoạt) cho phép bộ điều khiển SDN-OF

thu thập thông tin tải liên kết trong mạng. Dưới những giao thức này, thông tin như băng thông khả dụng có thể được trao đổi, sao cho mỗi thiết bị SDN-OF có thể tận dụng tất cả các liên kết trong mạng và chuyển tiếp thông tin này đến bộ điều khiển SDN-OF. Điều này cho phép bộ điều khiển SDN-OF đi vào toàn bộ mạng và lựa chọn các nút kích hoạt SDN-OF trung gian thích hợp để đạt cân bằng tải dựa trên lưu lượng hiện tại và/hoặc trạng thái mạng. Theo các phương án thực hiện khác nữa, mạng lại có thể xem xét ưu tiên hóa. Theo các phương án thực hiện này, các gói dữ liệu có đuôi cơ hoặc dễ nhận dạng có độ ưu tiên cao có thể được định tuyến dọc theo các tuyến có băng thông khả dụng lớn hơn.

Nhờ xem xét từng ngữ cảnh sự cố liên kết đơn (hoặc nút), bộ điều khiển chọn nút kích hoạt SDN-OF trung gian cho mỗi nút đích sao cho việc tận dụng liên kết sau khi định hướng lại tất cả các gói bị ảnh hưởng được giảm tối đa. Theo một số phương án thực hiện, các nút trung gian được chọn có thể được lưu trữ dưới dạng quy tắc và cài đặt trong bảng các thiết bị được kích hoạt SDN-OF.

Theo một phương án thực hiện, bộ điều khiển SDN-OF thực hiện quá trình tối ưu hóa định kỳ để lựa chọn nút kích hoạt SDN-OF trung gian để phản ứng cân bằng tải làm việc hiện tại dọc theo mỗi liên kết. Các đường được tính toán bởi bộ điều khiển SDN-OF, có thể còn tới đường liên kết chỉ báo liệu liên kết có được sử dụng bởi đường cụ thể hay không. Công thức cân bằng tải có thể được biểu diễn như dưới đây, và có thể được áp dụng cho từng trường hợp sự cố đơn lẻ:

$$\begin{array}{l} \text{Giảm tối đa } y \\ \text{tuân theo} \end{array} \quad (5)$$

$$\sum_p \alpha_{d,p}^s = 1 \quad (6)$$

$$\sum_s \sum_d \sum_p \lambda_{e,d,p}^s \alpha_{d,p}^s t_d^s + l_e = y_e \quad (7)$$

$$y_e \leq Y_{ce} \quad (8)$$

Trong đó

(5): Mục đích là giảm tối đa tận dụng liên kết lớn nhất, với các ràng buộc sau;

(6): đảm bảo rằng mỗi cặp bộ định tuyến bị ảnh hưởng và đích, chỉ một đường được sử dụng để tới mỗi đích;

(7) : tải trên mỗi liên kết sau khi định hướng lại lưu lượng là tổng của tải làm việc hiện tại của mỗi liên kết và lưu lượng từ các bộ chuyển mạch SDN-OF được chỉ định đến các đích;

(8): tải làm việc của mỗi liên kết sau khi định hướng lại lưu lượng được liên kết bởi việc tận dụng liên kết lớn nhất.

Các tham số được mô tả như trong bảng dưới đây:

Bảng II
Ký hiệu cân bằng tải

l_e	Tải lưu lượng trên liên kết e không lưu lượng được định hướng lại
c_e	Dung lượng của liên kết e
$\lambda_{e,d,p}^s$	Nhiệm vụ, $\lambda_{e,d,p}^s = 1$ nếu liên kết e trên đường p từ bộ định tuyến s đến đích d ; 0, theo cách khác
t_d^s	Lưu lượng từ bộ định tuyến bị ảnh hưởng s đến đích d
$\alpha_{d,p}^s$	Nhiệm vụ, $\alpha_{d,p}^s = 1$ nếu đường p được chọn cho bộ định tuyến bị ảnh hưởng s và đích d để phân phối lưu lượng đến đích d ; 0, nếu ngược lại
l_e'	Tải lưu lượng trên liên kết e sau khi định hướng lại
γ	biên trên của việc tận dụng liên kết

Phương trình (5) đảm bảo rằng đối với mỗi thiết bị SDN-OF, chỉ một tuyến được sử dụng – và nhờ mở rộng chỉ một nút kích hoạt SDN-OF trung gian – để đến mỗi nút đích. Phương trình (6) đảm bảo rằng tải làm việc trên mỗi liên kết sau khi định hướng lại lưu lượng là tổng của tải làm việc hiện tại của mỗi liên kết và lưu lượng từ thiết bị SDN-OF được chỉ định đến các nút đích. Phương trình (7) đảm bảo rằng tải làm việc của mỗi liên kết sau khi định hướng lại lưu lượng được liên kết bởi việc tận dụng liên kết lớn nhất. Nhờ giải quyết các phương trình nêu trên để giảm tối đa tận dụng liên kết, biên trên tận dụng liên kết có thể được tính toán

khi sự cố liên kết bất kỳ xuất hiện. Ngoài ra, nút trung gian nên được sử dụng bởi thiết bị SDN để đến đích cụ thể cũng được xác định.

Trong khi các thiết bị SDN được chỉ định cho các nút được mô tả chủ yếu ở đây, phải hiểu rằng các phương án thực hiện sáng chế không bị giới hạn ở đó, và các phương án thực hiện được điều chỉnh thích hợp cho nhiều thiết bị SDN được chọn cho một hoặc nhiều nút trong mạng. Ở những trường hợp trong đó mỗi bộ định tuyến đi ngầm tất cả lưu lượng bị ảnh hưởng đến một thiết bị SDN được chỉ định khi sự cố liên kết được dò thấy, các đường hầm có thể bị quá tải, và tắc nghẽn ở các liên kết dọc theo tuyến luân phiên có thể xuất hiện. Để giảm nhẹ tắc nghẽn tiềm năng này, lưu lượng đi ngang các đường hầm sau khi có thể giảm định hướng lại nhờ đưa vào các thiết bị SDN được chọn cho mỗi bộ định tuyến IP sao cho lưu lượng bị ảnh hưởng có thể được phân chia trong số nhiều kênh. Theo các phương án thực hiện này, cách tiếp cận có thể còn được tăng cường để cho phép 2 (hoặc nhiều) bộ chuyển mạch SDN được chỉ định cho thiết bị IP bất kỳ. Có thể đạt được nhờ giải vấn đề tối ưu dưới đây:

$$\text{Giảm tối thiểu} \quad \sum_i u_i \quad (9)$$

$$\text{Tùy thuộc} \quad : b_{x,i}^e \beta_x^e \delta_{x,d}^e \leq (1 - \delta_{x,i}^e) \left[\sum_m [N_{i,m} (1 - \delta_{i,m}^e) (1 - \delta_{m,d}^e)] \right] \quad (10)$$

$$\sum_i b_{x,i}^e \leq N \beta_x^e \quad (11)$$

$$b_{x,i}^e \leq u_i \quad (12)$$

Trong đó N đại diện cho số thiết bị SDN được chỉ định được sử dụng bởi mỗi bộ định tuyến. Công thức chỉnh sửa này tương tự công thức ban đầu để xác định các thiết bị SDN được chỉ định đơn lẻ dành cho việc đưa N vào để đảm bảo rằng mỗi nút IP có thể đạt tới N thiết bị kích hoạt SDN được chỉ định khi một trong các liên kết đến nút gặp sự cố. Theo các

công thức nêu trên, số nhỏ nhất các thiết bị kích hoạt SDN có thể được tính toán, với $b_{x,i}^e$ biểu thị N thiết bị SDN được chỉ định được sử dụng bởi mỗi nút.

Khi $N \geq 2$ thiết bị SDN được chỉ định của mỗi nút (bộ định tuyến) được xác định, lưu lượng có thể còn được phân chia giữa nhiều thiết bị SDN. Theo một phương án thực hiện, thực hiện băm có trọng số dựa trên tận dụng liên kết của các đường hầm đến các thiết bị SDN được chọn sao cho lưu lượng được định hướng lại được chuyển tiếp về mỗi thiết bị SDN được chọn được tạo tỷ lệ thuận với băng thông khả dụng của các đường hầm đó. Theo một phương án thực hiện, SDN-OF định kỳ thu thập thông tin tận dụng liên kết của toàn bộ mạng từ các thiết bị IP ban đầu hoặc kích hoạt SDN-OF, với mỗi nút tính toán tận dụng liên kết của liên kết bị tắc nghẽn nhất trên các đường hầm đến các thiết bị SDN được chọn. Nhờ loại bỏ tận dụng liên kết này, băng thông khả dụng có thể được xác định cho mỗi đường hầm. Sau đó, băng thông đường khả dụng có thể được sử dụng làm trọng lượng cho mỗi đường hầm, và lưu lượng đến các đích khác sau đó được băm thành các thiết bị SDN được chọn khác nhau dựa trên trọng lượng được xác định.

THIẾT BỊ TÍNH TOÁN LẤY LÀM VÍ DỤ

Như được thể hiện trên Fig.6, theo các phương án thực hiện hệ thống lấy làm ví dụ 600 có thể được triển khai gồm môi trường hệ thống tính toán đa năng. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, một hoặc nhiều nút kích hoạt SDN-OF trung gian, các nút đích, và/hoặc môi trường tính toán mà trên đó bộ điều khiển SDN-OF mạng được thực thi có thể được triển khai dưới dạng biến thể cấu hình của hệ thống lấy làm ví dụ 600. Trong cấu hình cơ bản nhất, hệ thống tính toán 600 gồm ít nhất một khối xử lý 601 và bộ nhớ, và đường truyền địa chỉ/dữ liệu 609 (hoặc giao diện

khác) để truyền thông thông tin. Tùy thuộc vào cấu hình chính xác và loại môi trường hệ thống tính toán, bộ nhớ có thể khả biến (như RAM 602), bất biến (như ROM 603, bộ nhớ nhanh, v.v.) hoặc một số tổ hợp của hai.

Hệ thống máy tính 600 có thể còn bao gồm hệ thống phụ đồ họa tùy chọn 605 để trình bày thông tin cho người dùng máy tính, chẳng hạn, nhờ hiển thị thông tin trên thiết bị hiển thị 610 được gắn, được kết nối bằng cáp video 611. Theo các phương án thực hiện sáng chế, hệ thống phụ đồ họa 705 có thể còn được ghép nối trực tiếp với thiết bị hiển thị 610 qua cáp video 611. Theo các phương án thực hiện khác, thiết bị hiển thị 610 có thể được tính hợp vào hệ thống tính toán (chẳng hạn, máy tính xách tay hoặc bảng hiển thị netbook) và sẽ không yêu cầu cáp video 611.

Ngoài ra, hệ thống tính toán 600 có thể còn có các đầu hiệu/chức năng bổ sung. Chẳng hạn, hệ thống tính toán 600 có thể còn gồm bộ nhớ bổ sung (tháo được và/hoặc không tháo được) gồm, nhưng không bị giới hạn ở, băng từ hoặc đĩa quang hoặc băng. Bộ nhớ bổ sung này được minh họa trên Fig.6 by thiết bị lưu trữ dữ liệu 607. Phương tiện lưu trữ máy tính gồm khả biến và bất biến, phương tiện tháo được và không tháo được được triển khai ở phương pháp hoặc công nghệ bất kỳ để lưu trữ thông tin như các lệnh máy tính đọc được, cấu trúc dữ liệu, môđun chương trình hoặc dữ liệu khác. RAM 602, ROM 603, và thiết bị lưu trữ dữ liệu 607 đều là ví dụ phương tiện lưu trữ máy tính.

Hệ thống máy tính 600 còn bao gồm thiết bị nhập chữ cái tùy chọn 607, thiết bị điều khiển con trỏ tùy chọn hoặc định hướng 607, và một hoặc nhiều giao diện truyền thông tín hiệu (các thiết bị nhập/xuất, chẳng hạn, thẻ giao diện mạng) 609. Thiết bị nhập chữ-số 607 tùy chọn có thể truyền thông thông tin và các lựa chọn lệnh đến bộ xử lý trung tâm 601. Thiết bị định hướng hoặc điều khiển con trỏ 607 tùy chọn được ghép nối với đường truyền 609 để truyền thông thông tin người dùng nhập vào và các lựa chọn lệnh đến bộ xử lý trung tâm 601. Giao diện truyền thông tín hiệu

(thiết bị nhập/xuất) 609, còn được ghép nối với đường truyền 609, có thể là cổng nối tiếp. Giao diện truyền thông 609 có thể còn gồm các cơ cấu truyền thông không dây. Nhờ sử dụng giao diện truyền thông 609, hệ thống máy tính 600 có thể được ghép nối truyền thông với các hệ thống máy tính khác trên mạng truyền thông như mạng Internet hoặc intranet (chẳng hạn, mạng cục bộ), hoặc có thể nhận dữ liệu (chẳng hạn, tín hiệu vô tuyến số).

Với các giải pháp được mô tả ở đây, cấu hình định tuyến lại lưu lượng trong các bộ chuyển mạch SDN-OF có thể được thực hiện định kỳ dựa trên trạng thái toàn mạng được cập nhật và/hoặc tải lưu lượng, trong khi tối ưu hóa cân bằng tải hậu phục hồi. Các kết quả tính toán sau đó được tận dụng bởi bộ điều khiển SDN-OF để tạo các mục nhập dòng cho các bộ chuyển mạch SDN-OF. Một cách tùy chọn, có thể cho phép xử lý lưu lượng được ưu tiên. Chẳng hạn, cách này có thể đảm bảo băng thông cho lưu lượng ưu tiên cao trong khi chỉ cấp phân phối băng thông ở mức tốt nhất mà mạng có thể đáp ứng cho các loại lưu lượng mà có độ ưu tiên thấp hơn.

Các phương án thực hiện sáng chế cho phép các nhà mạng hoặc doanh nghiệp nhanh chóng tận dụng các khả năng của SDN-OF để biến đổi các mạng dữ liệu hiện tại với chi phí đầu tư và vận hành thấp, và cải thiện đáng kể tận dụng tài nguyên mạng, quản lý mạng tự động (chẳng hạn, phục hồi sự cố nhanh với phân phối lưu lượng cân bằng), với độ phức tạp quản lý và chi phí giảm đáng kể. Các khả năng mới này có thể đạt được mà không cần nâng cấp toàn bộ mạng IP hiện tại (hoặc MPLS).

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị mạng bao gồm:

bộ nhớ bao gồm các lệnh được lập trình có thể hoạt động, khi được thực hiện, để khởi tạo bộ điều khiển mạng của mạng bao gồm các thực thể kết nối mạng, các thực thể kết nối mạng bao gồm các nút mạng được ghép nối truyền thông bằng các liên kết, trong đó các nút mạng bao gồm tổ hợp các thiết bị kết nối mạng giao thức Internet (Internet Protocol, IP) và các thiết bị kết nối mạng có chức năng kết nối mạng được phần mềm định nghĩa (Software-Defined Networking, SDN); và

bộ xử lý được tạo cấu hình để thực thi các lệnh được lập trình để tính toán các cấu hình định tuyến lưu lượng cho các thiết bị kết nối mạng có chức năng SDN, để phân tán các cấu hình định tuyến lưu lượng đến các thiết bị kết nối mạng có chức năng SDN, để xác định trạng thái mạng hiện tại của mạng; và để xác định các tải lưu lượng hiện tại trong mạng;

trong đó mỗi thiết bị kết nối mạng IP trong các thiết bị kết nối mạng IP có thiết bị kết nối mạng có chức năng SDN được chỉ định mà thiết bị kết nối mạng IP định tuyến lại lưu lượng bị ảnh hưởng qua đường hầm IP khi thiết bị kết nối mạng IP dò thấy thực thể kết nối mạng gặp sự cố, và trong đó đường hầm IP được thiết lập trước giữa thiết bị kết nối mạng IP mà dò thấy thực thể kết nối mạng gặp sự cố và thiết bị kết nối mạng có chức năng SDN được chỉ định;

ngoài ra trong đó, các thiết bị kết nối mạng có chức năng SDN bao gồm thiết bị kết nối mạng có chức năng SDN được chỉ định mà được tạo cấu hình để định tuyến lại lưu lượng bị ảnh hưởng đến nút mạng đích theo các tuyến mà bỏ qua thực thể kết nối mạng gặp sự cố trong khi cân bằng tải lưu lượng trong mạng dựa trên các cấu hình định tuyến lưu lượng.

2. Thiết bị theo điểm 1, trong đó thiết bị kết nối mạng IP trong các thiết bị kết nối mạng IP được lựa chọn từ nhóm các thiết bị bao gồm:

bộ định tuyến IP; và

bộ chuyển mạch IP.

3. Thiết bị theo điểm 1, trong đó các thiết bị kết nối mạng có chức năng SDN bao gồm ít nhất một thiết bị kết nối mạng có chức năng SDN-OpenFlow (luồng mở) (SDN-OF) từ nhóm các thiết bị kết nối mạng bao gồm:

bộ định tuyến SDN-OF;

bộ chuyển mạch SDN-OF;

kết hợp giữa bộ định tuyến và bộ chuyển mạch SDN-OF; và

các thiết bị kết nối mạng IP lập trình được mà thực thi mô đun ứng dụng có chức năng SDN-OpenFlow.

4. Thiết bị theo điểm 1, trong đó các thiết bị kết nối mạng có chức năng SDN bao gồm tập con của các thiết bị kết nối mạng IP được kích hoạt chức năng SDN-OF.

5. Thiết bị theo điểm 1, trong đó bộ xử lý được tạo cấu hình để tính toán và phân phối các cấu hình định tuyến lưu lượng ở các khoảng định kỳ.

6. Thiết bị theo điểm 1, trong đó các cấu hình định tuyến lưu lượng là bảng luồng được cấp bởi bộ điều khiển mạng.

7. Thiết bị theo điểm 1, trong đó các thiết bị kết nối mạng có chức năng SDN còn được tạo cấu hình để điều chỉnh động các tuyến dựa trên ít nhất một trong:

trạng thái mạng hiện tại; và

tải lưu lượng hiện tại của mạng.

8. Thiết bị theo điểm 1, trong đó bộ xử lý còn được tạo cấu hình để thực hiện xử lý lưu lượng được ưu tiên, trong đó việc xử lý lưu lượng được ưu tiên bao gồm bước duy trì băng thông lớn hơn ngưỡng định trước cho lưu lượng được nhận diện là có độ ưu tiên cao.

9. Thiết bị theo điểm 1, trong đó ít nhất một thiết bị kết nối mạng có chức năng SDN trong các thiết bị kết nối mạng có chức năng SDN được tạo cấu hình để duy trì cấu hình định tuyến lưu lượng được tạo và được phân phối bởi bộ xử lý, cấu hình định tuyến lưu lượng bao gồm thông tin định tuyến mà bao gồm nhiều tuyến giữa các đường truyền để đến nút mạng đích.

10. Thiết bị theo điểm 1, trong đó bộ xử lý còn được tạo cấu hình để giám sát trạng thái mạng, trạng thái mạng bao gồm băng thông khả dụng trong các đường truyền dựa trên các báo cáo được tạo từ ít nhất một trong các nút mạng.

11. Thiết bị theo điểm 1, trong đó mỗi trong số thiết bị kết nối mạng IP có các thiết bị kết nối mạng có chức năng SDN được chỉ định khác nhau.

12. Thiết bị theo điểm 11, trong đó lưu lượng bị ảnh hưởng được định hướng lại về thiết bị kết nối mạng có chức năng SDN được chỉ định khác nhau dựa trên các băng thông khả dụng của các đường hầm IP giữa mỗi thiết bị kết nối mạng IP và các thiết bị kết nối mạng có chức năng SDN được chỉ định.

13. Phương pháp định tuyến lại dữ liệu do sự cố liên kết trong mạng bao gồm các thực thể kết nối mạng, các thực thể kết nối mạng bao gồm các

nút mạng được ghép nối truyền thông bằng các liên kết, trong đó các nút mạng bao gồm tổ hợp của các thiết bị kết nối mạng IP và các thiết bị kết nối mạng có chức năng SDN, phương pháp bao gồm các bước:

nhận, trong thiết bị kết nối mạng có chức năng SDN-OF được chỉ định, các gói dữ liệu sẽ được định tuyến qua thực thể kết nối mạng gặp sự cố, trong đó thiết bị kết nối mạng có chức năng SDN-OF được chỉ định là thiết bị kết nối mạng có chức năng SDN mà thiết bị kết nối mạng IP định tuyến lại lưu lượng bị ảnh hưởng qua đường hầm IP khi thiết bị kết nối mạng IP dò thấy thực thể kết nối mạng gặp sự cố, và trong đó đường hầm IP được tiền thiết lập giữa thiết bị kết nối mạng IP và thiết bị kết nối mạng có chức năng SDN-OF được chỉ định;

tham chiếu cấu hình định tuyến lưu lượng trong thiết bị kết nối mạng có chức năng SDN-OF được chỉ định để xác định thiết bị kết nối mạng trung gian giữa thiết bị kết nối mạng có chức năng SDN-OF được chỉ định và nút đích mong muốn; và

chuyển tiếp các gói dữ liệu từ thiết bị kết nối mạng có chức năng SDN-OF được chỉ định sang nút đích mong đợi nếu thiết bị kết nối mạng có chức năng SDN-OF được chỉ định được ghép nối trực tiếp với nút đích mong đợi hoặc với thiết bị kết nối mạng trung gian nếu thiết bị kết nối mạng có chức năng SDN-OF được chỉ định không được ghép nối trực tiếp với nút đích mong đợi,

trong đó cấu hình định tuyến lưu lượng được tính toán bằng bộ điều khiển mạng và được phân tán đến thiết bị kết nối mạng có chức năng SDN-OF được chỉ định.

14. Phương pháp theo điểm 13, trong đó bước tham chiếu cấu hình định tuyến lưu lượng để xác định thiết bị kết nối mạng trung gian bao gồm các bước:

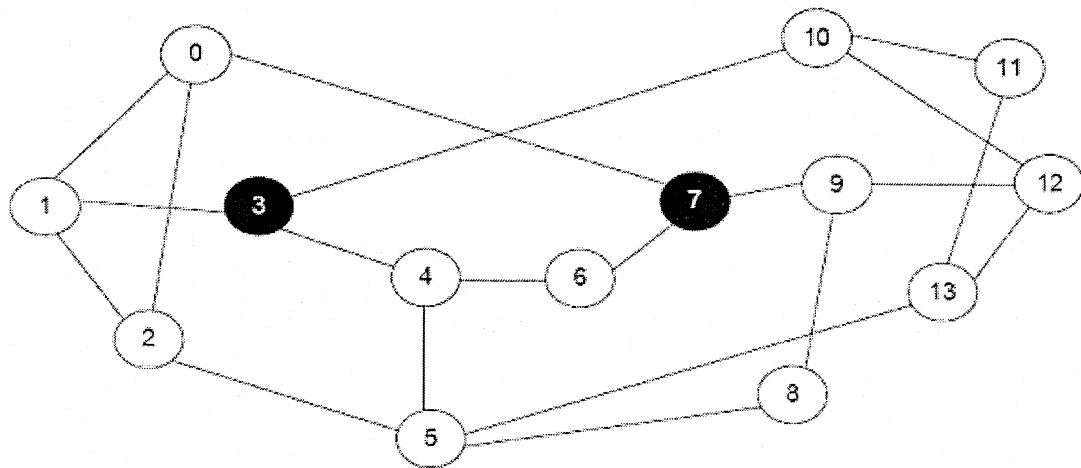
tham chiếu dữ liệu tải lưu lượng hiện tại để xác định bằng thông hiện tại khả dụng cho các thiết bị kết nối mạng trung gian ứng viên;

nhận diện thiết bị kết nối mạng trung gian ứng viên thứ nhất mà giúp tránh hoặc giảm tắc nghẽn từ các thiết bị kết nối mạng trung gian ứng viên; và

lựa chọn thiết bị kết nối mạng trung gian ứng viên thứ nhất làm thiết bị kết nối mạng trung gian.

15. Phương pháp theo điểm 14, trong đó bước tham chiếu cấu hình định tuyến lưu lượng để xác định thiết bị kết nối mạng trung gian còn bao gồm bước thực hiện băm có trọng số dựa trên mức độ sử dụng liên kết của các đường hầm khả dụng.

16. Vật lưu trữ máy tính đọc được bao gồm chương trình máy tính được tạo cấu hình để khiến máy tính thực hiện phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 13 đến 15.



Cấu hình mạng lấy làm
ví dụ 100

Fig.1

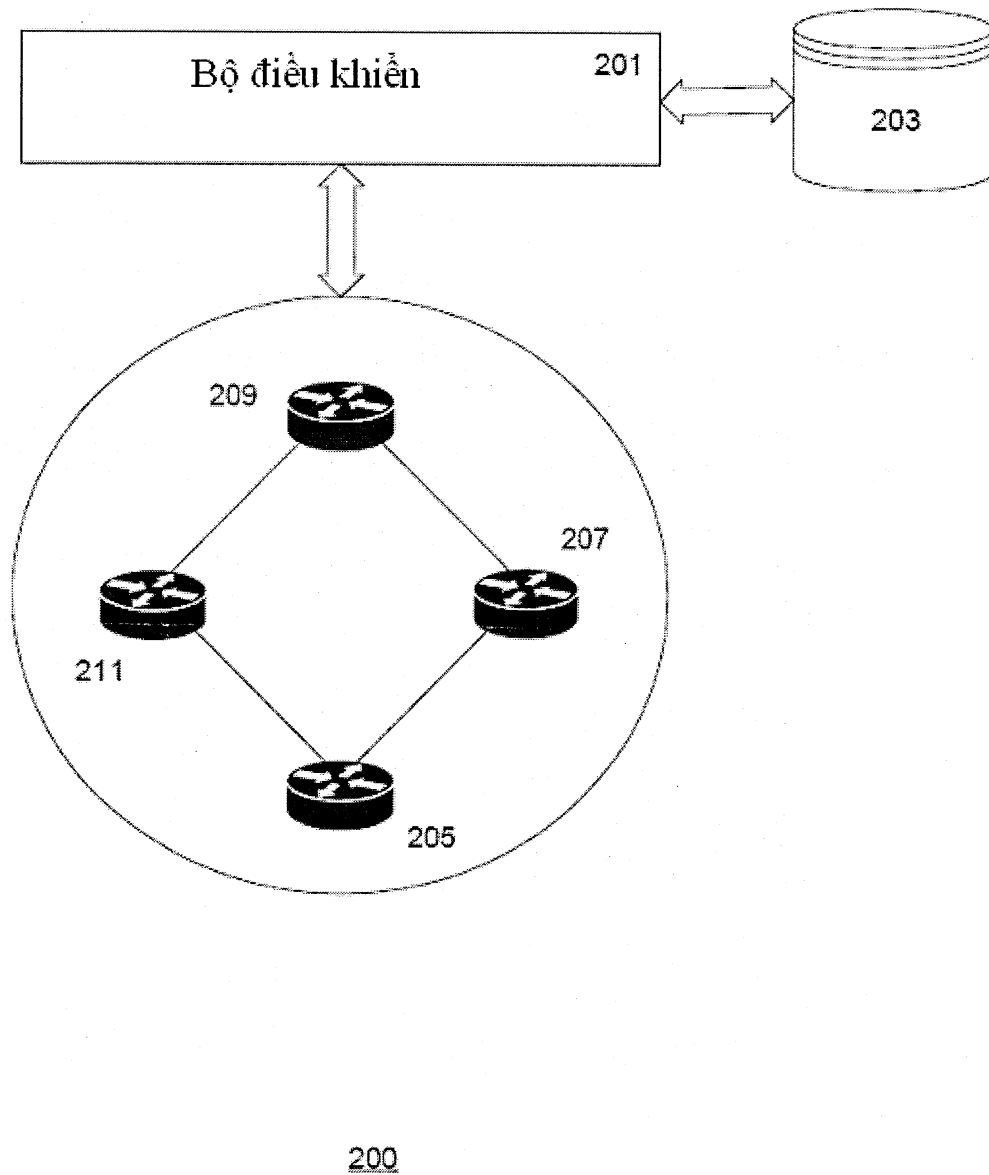


Fig.2

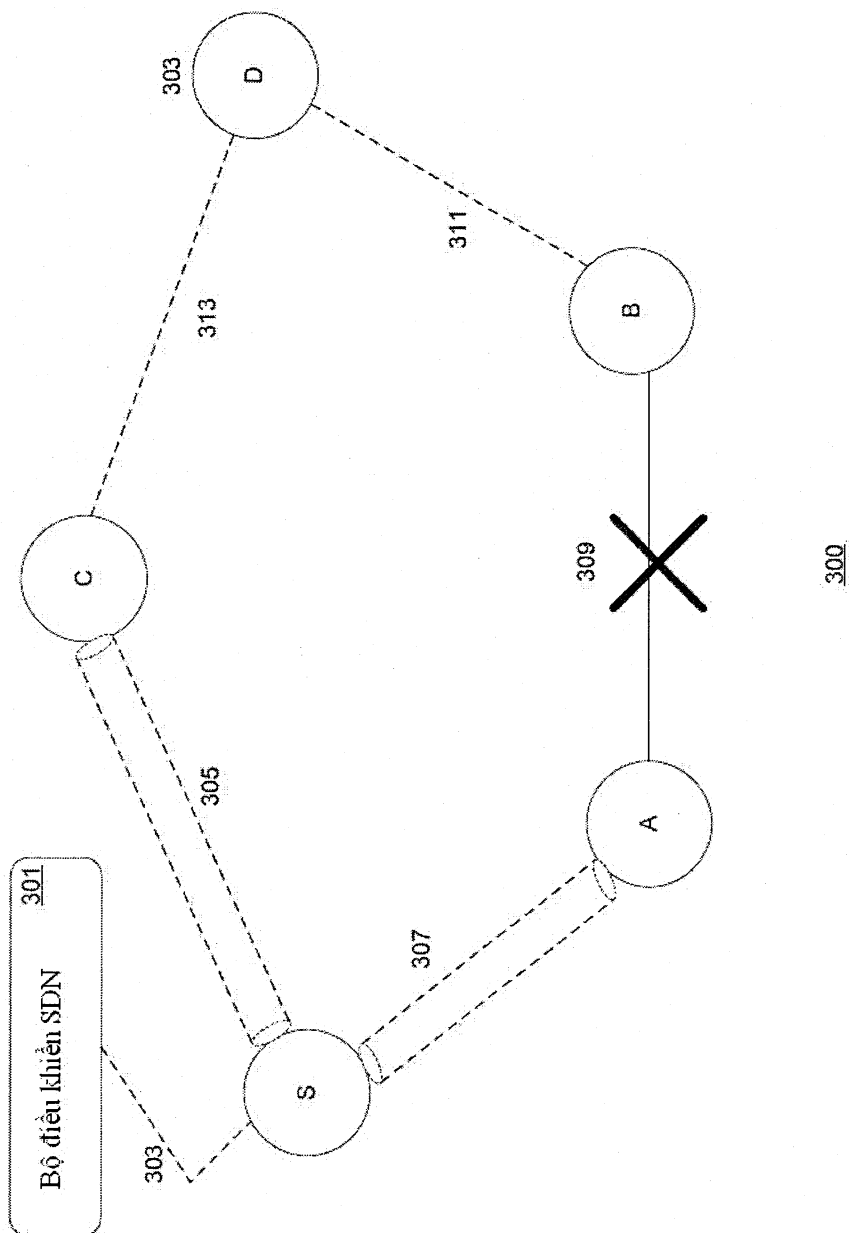


Fig.3

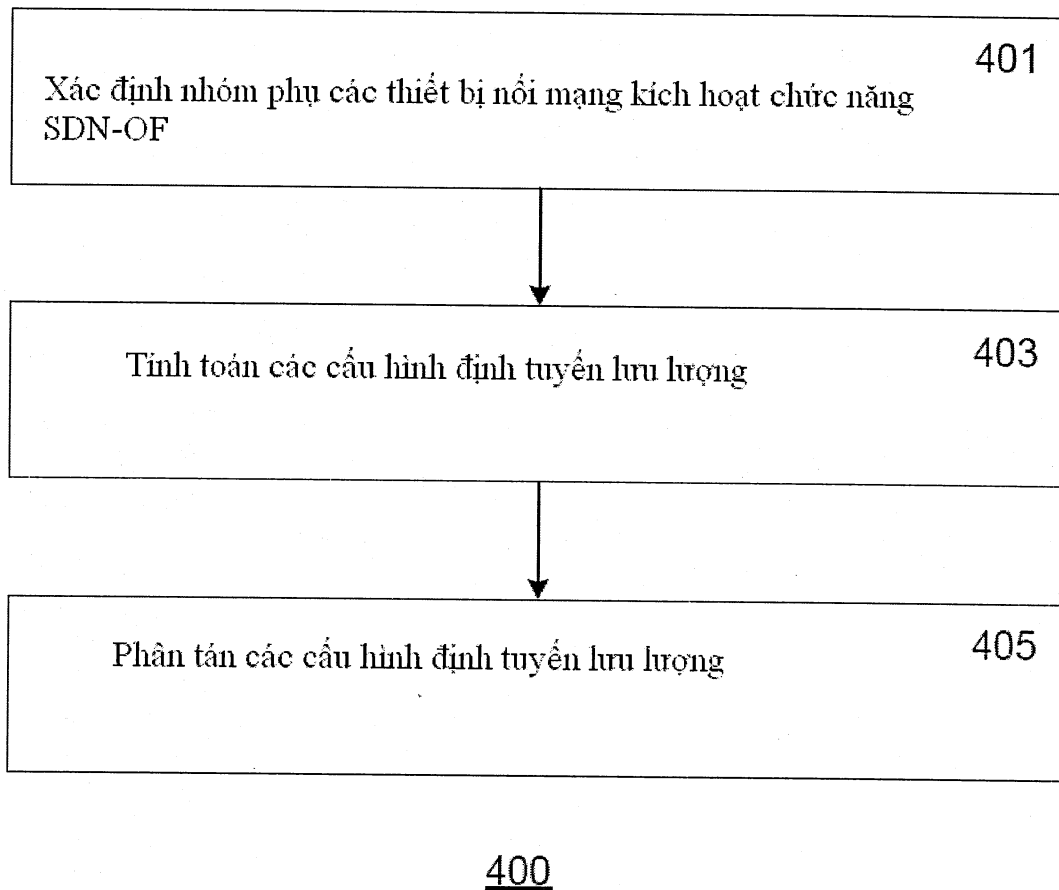


Fig.4

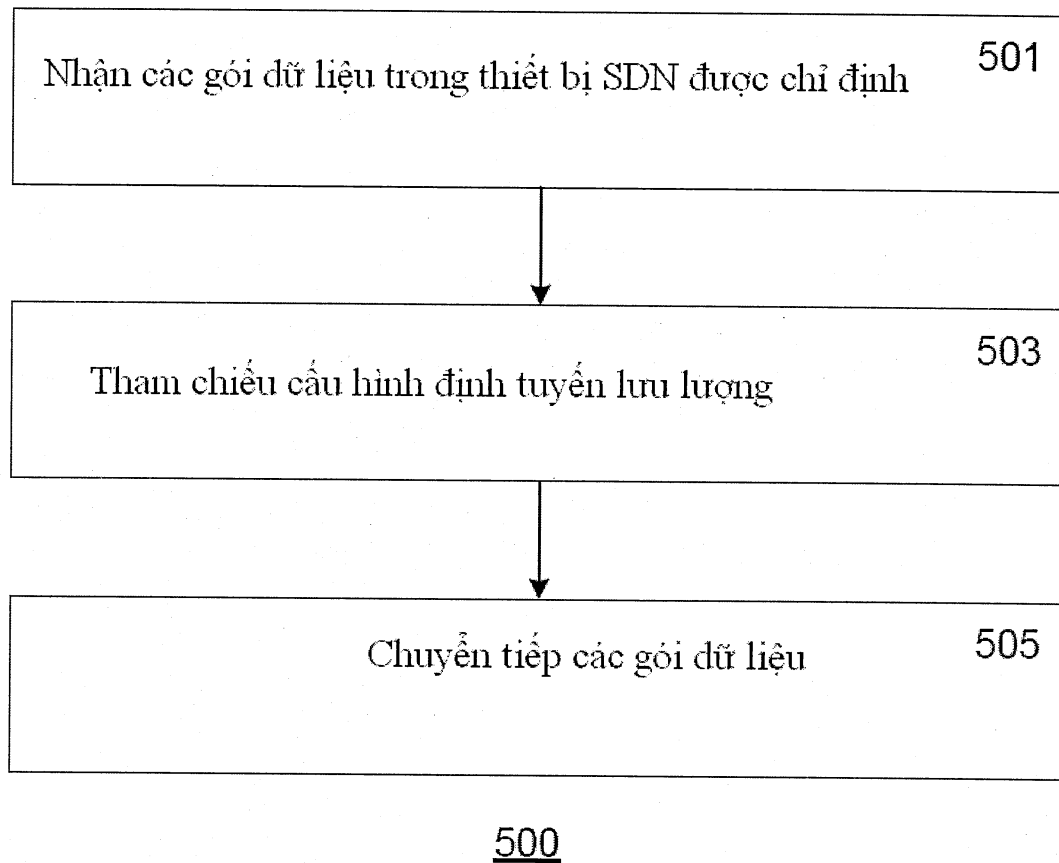
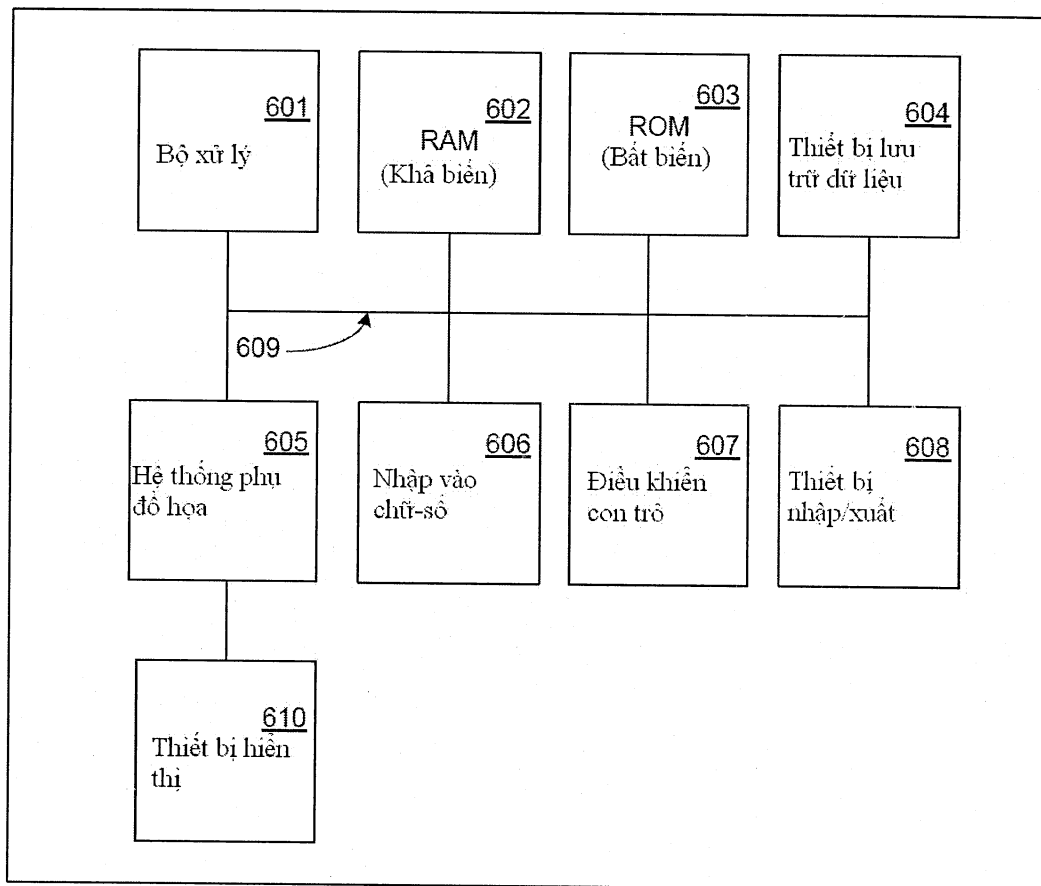


Fig.5



Hệ thống máy tính lấy làm
ví dụ 600

Fig.6