



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0056520
(43) 공개일자 2023년04월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 41/00 (2022.01) H04L 43/00 (2022.01)
(52) CPC특허분류
H04L 41/0866 (2022.05)
H04L 43/026 (2022.05)
(21) 출원번호 10-2021-0164967
(22) 출원일자 2021년11월25일
심사청구일자 2021년11월25일
(30) 우선권주장
1020210140349 2021년10월20일 대한민국(KR)

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
이혁
서울특별시 성북구 장월로11길 53-21, 창신주택 201호
조종진
서울특별시 서초구 방배로18길 57-3, 2차 502호
최진영
서울특별시 노원구 동일로248길 16, 506동 1003호(상계동, 수락파크빌아파트)
(74) 대리인
김홍석

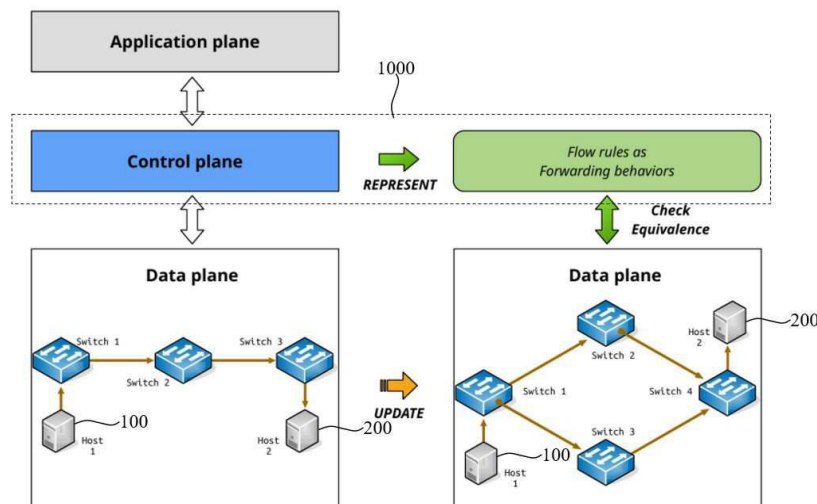
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 SDN 동치성 체크 방법 및 이를 수행하는 네트워크 시스템

(57) 요약

SDN 동치성 체크(Static Equivalence Check)를 수행하는 네트워크 시스템은 SDN (Software Defined Network) 상에서 패킷을 송신하도록 구성된 제1 호스트; 상기 SDN 상에서 패킷을 수신하도록 구성된 제2 호스트; 및 상기 제1 호스트와 상기 제2 호스트 간에 패킷 전달을 제어하도록 구성된 네트워크 장치를 포함하고, 상기 네트워크 장치는 상기 제1 호스트와 상기 제2 호스트 간의 패킷 전달을 위한 서로 다른 네트워크 구성들 중 하나의 네트워크 구성을 선택하고, 상기 선택된 구성에 기초하여, 상기 제1 호스트와 상기 제2 호스트가 복수의 SDN 스위치들을 통해 상기 패킷을 송신 및 수신하도록 상기 복수의 SDN 스위치들을 제어할 수 있다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711126335
과제번호	2018-0-00532-004
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보보호핵심원천기술개발(R&D, 정보화)
연구과제명	(ICT 전문연구실) 고등급(EAL6 이상) 보안 마이크로커널 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	고려대학교산학협력단
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

SDN 동치성 체크(Static Equivalence Check)를 수행하는 네트워크 시스템에 있어서,
SDN (Software Defined Network) 상에서 패킷을 송신하도록 구성된 제1 호스트;
상기 SDN 상에서 패킷을 수신하도록 구성된 제2 호스트; 및
상기 제1 호스트와 상기 제2 호스트 간에 패킷 전달을 제어하도록 구성된 네트워크 장치를 포함하고,
상기 네트워크 장치는,
상기 제1 호스트와 상기 제2 호스트 간의 패킷 전달을 위한 서로 다른 네트워크 구성들 중 하나의 네트워크 구성을 선택하고,
상기 선택된 구성에 기초하여, 상기 제1 호스트와 상기 제2 호스트가 복수의 SDN 스위치들을 통해 상기 패킷을 송신 및 수신하도록 상기 복수의 SDN 스위치들을 제어하는, 네트워크 시스템

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 네트워크 장치는,
제어 평면상에서 데이터 평면상에 존재하는 상기 복수의 SDN 스위치들을 제어하는 동작 로직들을 포함하고,
상기 동작 로직들에 대한 규칙은 행위기반의 규칙으로 표현되는, 네트워크 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,
상기 네트워크 장치는,
상기 동작 로직들에 대한 규칙이 행위기반의 규칙으로 표현되도록 상기 복수의 SDN 스위치들의 동작 로직들을 행렬들로 표현하고,
네트워크 전체의 데이터 플로우를 상기 행렬들의 논리적 조합으로 구성하는, 네트워크 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 네트워크 장치는,
상기 제1 호스트에서 상기 제2 호스트로 제1 패킷이 제1 네트워크 구성을 통해 전달되도록 제어하고,
상기 제1 네트워크 구성에 대한 혼잡 제어(congestion control)가 필요한지 여부를 판단하고,
상기 제1 네트워크 구성과 상기 제2 네트워크 구성이 동일한 구성인지 여부를 판단하는, 네트워크 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,
상기 네트워크 장치는,
상기 제1 네트워크 구성에 대한 혼잡 제어가 필요하고, 상기 제1 네트워크 구성과 상기 제2 네트워크 구성이 동일한 구성이라고 판단되면, 상기 제1 패킷에 후속하는 제2 패킷을 상기 제2 네트워크 구성을 통해 전달하는, 네트워크 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 네트워크 장치는,

상기 제1 호스트와 상기 제2 호스트 간 네트워크 경로가 임계 수준 이상이면 상기 제1 호스트와 상기 제2 호스트 간에 체인 토폴로지 및 상기 체인 토폴로지에 대응하는 스위치 함수를 구성하고,

상기 체인 토폴로지의 각 스위치 및 각 링크에 대해, 상기 체인 토폴로지 상에서 후속하는 네트워크 스위치인 후속자(successor)가 부가된 곱인자(added conjunct)가 있는지를 판단하는, 네트워크 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 네트워크 장치는,

상기 후속자가 부가된 곱인자가 있으면, 상기 스위치 함수의 결과인 논리곱(conjunction)을 상기 후속자의 파라미터에 부가하고,

상기 후속자가 부가된 곱인자가 없으면, 상기 스위치 함수의 결과인 논리합(disjunction)을 상기 후속자의 파라미터의 곱인자에 부가하고,

상기 각 링크를 통한 처리가 완료되면 처리된 링크 구성을 삭제(delete)하고, 상기 각 스위치를 통한 처리가 완료되면 처리된 스위치 구성을 삭제하는, 네트워크 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 네트워크 장치는,

상기 제1 호스트와 상기 제2 호스트 간 혼잡도가 임계 수준 이상이면, 상기 제1 호스트 및 상기 제2 호스트 간에 다이아몬드 토폴로지 및 상기 다이아몬드 토폴로지에 대응하는 스위치 함수를 구성하고,

상기 제1 호스트는 상기 다이아몬드 토폴로지 상에서 동일한 스위치 홉 수를 갖는 제1 송신 경로 및 제2 송신 경로를 통해 제1 패킷 및 제2 패킷을 상기 제2 호스트로 송신하는, 네트워크 시스템.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 네트워크 장치는,

패킷 전달을 위한 콘텐츠가 복수의 제1 호스트들에 저장되고 상기 제1 호스트와 상기 제2 호스트 간 혼잡도가 임계 수준 이상이면, 상기 복수의 제1 호스트들 중 어느 하나가 상기 제2 호스트로 패킷을 전달하도록 단일 스위치 토폴로지 및 상기 단일 스위치 토폴로지에 대응하는 스위치 함수를 구성하고,

상기 제1 호스트들 중 어느 하나는 상기 단일 스위치 토폴로지 상에서 복수의 송신 경로들 중 하나를 통해 상기 패킷을 상기 제2 호스트로 송신하는, 네트워크 시스템.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 네트워크 장치는,

상기 제1 호스트와 상기 제2 호스트 간 혼잡도가 임계 수준 이상이고 네트워크 경로 의존성이 임계 수준 이하이면, 상기 제1 호스트 및 상기 제2 호스트 간에 메쉬 토폴로지 및 상기 메쉬 토폴로지에 대응하는 스위치 함수를 구성하고,

상기 제1 호스트는 상기 메쉬 토폴로지 상에서 서로 다른 스위치 홉 수를 갖는 제1 송신 경로 및 제2 송신 경로

를 통해 제1 패킷 및 제2 패킷을 상기 제2 호스트로 송신하는, 네트워크 시스템.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 패킷을 수신하도록 구성된 제3 호스트 및 제4 호스트를 더 포함하고,

상기 네트워크 장치는,

상기 제1 호스트가 상기 제2 호스트 내지 상기 제4 호스트로 상기 패킷을 전달하도록, 상기 복수의 스위치들이 다층 구조로 구성되는 데이터 센터 토폴로지 및 상기 데이터 센터 토폴로지에 대응하는 스위치 함수를 구성하고,

상기 제1 호스트가 상기 패킷을 상기 제2 호스트 내지 상기 제4 호스트로 상기 다층 구조의 서로 다른 경로들을 통해 전달하도록 상기 다층 구조의 스위치 함수를 제어하는, 네트워크 시스템.

청구항 12

제5항에 있어서,

상기 네트워크 장치는,

상기 제1 호스트에서 상기 제2 호스트로 제1 패킷을 체인 토폴로지, 다이아몬드 토폴로지, 단일 스위치 토폴로지, 메쉬 토폴로지 및 데이터 센터 토폴로지 중 하나인 제1 네트워크 구성을 통해 전달되도록 제어하고,

상기 제1 네트워크 구성과 다른 제2 네트워크 구성으로 변경할 필요가 있는지를 판단하고,

상기 제1 네트워크 구성과 상기 제2 네트워크 구성으로의 변경 시 네트워크 지연과 QoS 측면에서 동일성을 유지할 수 있는 구성인지 여부를 판단하고,

상기 네트워크 지연과 QoS 측면에서 동일성을 유지할 수 있는 동치성을 만족한다고 판단되면, 상기 제1 호스트에서 상기 제2 호스트로 상기 제1 패킷에 후속하는 제2 패킷을 체인 토폴로지, 다이아몬드 토폴로지, 단일 스위치 토폴로지, 메쉬 토폴로지 및 데이터 센터 토폴로지 중 다른 하나인 제2 네트워크 구성을 통해 전달되도록 제어하는, 네트워크 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 소프트웨어 정의 네트워크 (Software-defined Networking, 이하 SDN)에서 동치성 체크를 수행하는 방법에 관한 것이다. 보다 상세하게는 기존 네트워크 구성의 동작과 변경된 네트워크 구성의 동작에 대한 동치성 검사 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] SDN은 전통적인 기존 네트워크가 갖는 한계점인 관리 편이성, 확장성을 염두하고 탄생한 소프트웨어 기반의 네트워크이다. SDN은 하드웨어 장비에 종속적이어서 위의 한계점을 피할 수 없었던 기존 네트워크를 소프트웨어 장비로 통합하고 논리적으로 내부 계층을 나누어 놓은 네트워크 패러다임이다.

[0003] SDN 동치성 확인이라는 문제의 해결을 위해서 사용된 제약만족 기법은 인공지능 분야에서 문제해결 영역에서 활용되는 기법으로 주어진 문제의 제약조건을 분석하여 자동화 해결 방법을 통해 만족하는 답을 찾는 방법이다.

[0004] 하지만, 이러한 SDN 동치성 확인을 어떠한 네트워크 구조들 간에 적용할 지에 대한 명확한 기준이 제시되지 않고 있다 또한, 여러 네트워크 구조들에 적용 가능한 SDN 동치성 확인을 위한 네트워크 링크 연결을 표현할 방법이 구체적으로 제시되지 않고 있다는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 목적은 전술한 문제를 해결하기 위해, SDN 동치성 체크 방법 및 이를 수행하는 네트워크 시스템을 제

공하기 위한 것이다.

[0006] 또한, 본 발명의 목적은 SDN기반의 네트워크에서 여러 가지 이유로 구성 변경이 발생했을 때, 변경된 구성의 이전의 구성과 동일한 구성 및 동작으로 간주될 수 있는지를 판단하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명에 따른 SDN 동치성 체크(Static Equivalence Check)를 수행하는 네트워크 시스템은 SDN (Software Defined Network) 상에서 패킷을 송신하도록 구성된 제1 호스트; 상기 SDN 상에서 패킷을 수신하도록 구성된 제2 호스트; 및 상기 제1 호스트와 상기 제2 호스트 간에 패킷 전달을 제어하도록 구성된 네트워크 장치를 포함하고, 상기 네트워크 장치는 상기 제1 호스트와 상기 제2 호스트 간의 패킷 전달을 위한 서로 다른 네트워크 구성들 중 하나의 네트워크 구성을 선택하고, 상기 선택된 구성에 기초하여, 상기 제1 호스트와 상기 제2 호스트가 복수의 SDN 스위치들을 통해 상기 패킷을 송신 및 수신하도록 상기 복수의 SDN 스위치들을 제어할 수 있다.

[0008] 일 실시 예에 따르면, 상기 네트워크 장치는 제어 평면상에서 데이터 평면상에 존재하는 상기 복수의 SDN 스위치들을 제어하는 동작 로직들을 포함하고, 상기 동작 로직들에 대한 규칙은 행위기반의 규칙으로 표현될 수 있다.

[0009] 일 실시 예에 따르면, 상기 네트워크 장치는 상기 동작 로직들에 대한 규칙이 행위기반의 규칙으로 표현되도록 상기 복수의 SDN 스위치들의 동작 로직들을 행렬들로 표현하고, 네트워크 전체의 데이터 플로우를 상기 행렬들의 논리적 조합으로 구성할 수 있다.

[0010] 일 실시 예에 따르면, 상기 네트워크 장치는 상기 제1 호스트에서 상기 제2 호스트로 제1 패킷이 제1 네트워크 구성을 통해 전달되도록 제어하고, 상기 제1 네트워크 구성에 대한 혼잡 제어(congestion control)가 필요한지 여부를 판단하고, 상기 제1 네트워크 구성과 상기 제2 네트워크 구성이 동일한 구성인지 여부를 판단할 수 있다.

[0011] 일 실시 예에 따르면, 상기 네트워크 장치는 상기 제1 네트워크 구성에 대한 혼잡 제어가 필요하고, 상기 제1 네트워크 구성과 상기 제2 네트워크 구성이 동일한 구성이라고 판단되면, 상기 제1 패킷에 후속하는 제2 패킷을 상기 제2 네트워크 구성을 통해 전달할 수 있다.

[0012] 일 실시 예에 따르면, 상기 네트워크 장치는 상기 제1 호스트와 상기 제2 호스트 간 네트워크 경로가 임계 수준 이상이면 상기 제1 호스트와 상기 제2 호스트 간에 체인 토폴로지 및 상기 체인 토폴로지에 대응하는 스위치 합수를 구성하고, 상기 체인 토폴로지의 각 스위치 및 각 링크에 대해, 상기 체인 토폴로지 상에서 후속하는 네트워크 스위치인 후속자(successor)가 부가된 곱인자(added conjunct)가 있는지를 판단할 수 있다.

[0013] 일 실시 예에 따르면, 상기 네트워크 장치는 상기 후속자가 부가된 곱인자가 있으면, 상기 스위치 함수의 결과인 논리곱(conjunction)을 상기 후속자의 파라미터에 부가하고, 상기 후속자가 부가된 곱인자가 없으면, 상기 스위치 함수의 결과인 논리합(disjunction)을 상기 후속자의 파라미터의 곱인자에 부가하고, 상기 각 링크를 통한 처리가 완료되면 처리된 링크 구성을 삭제(delete)하고, 상기 각 스위치를 통한 처리가 완료되면 처리된 스위치 구성을 삭제하도록 제어할 수 있다.

[0014] 일 실시 예에 따르면, 상기 네트워크 장치는 상기 제1 호스트와 상기 제2 호스트 간 혼잡도가 임계 수준 이상이면, 상기 제1 호스트 및 상기 제2 호스트 간에 다이아몬드 토폴로지 및 상기 다이아몬드 토폴로지에 대응하는 스위치 함수를 구성하고, 상기 제1 호스트는 상기 다이아몬드 토폴로지 상에서 동일한 스위치 합 수를 갖는 제1 송신 경로 및 제2 송신 경로를 통해 제1 패킷 및 제2 패킷을 상기 제2 호스트로 송신할 수 있다.

[0015] 일 실시 예에 따르면, 상기 네트워크 장치는 패킷 전달을 위한 콘텐츠가 복수의 제1 호스트들에 저장되고 상기 제1 호스트와 상기 제2 호스트 간 혼잡도가 임계 수준 이상이면, 상기 복수의 제1 호스트들 중 어느 하나가 상기 제2 호스트로 패킷을 전달하도록 단일 스위치 토폴로지 및 상기 단일 스위치 토폴로지에 대응하는 스위치 함수를 구성하고, 상기 제1 호스트들 중 어느 하나는 상기 단일 스위치 토폴로지 상에서 복수의 송신 경로들 중 하나를 통해 상기 패킷을 상기 제2 호스트로 송신할 수 있다.

[0016] 일 실시 예에 따르면, 상기 네트워크 장치는 상기 제1 호스트와 상기 제2 호스트 간 혼잡도가 임계 수준 이상이고 네트워크 경로 의존성이 임계 수준 이하이면, 상기 제1 호스트 및 상기 제2 호스트 간에 메쉬 토폴로지 및 상기 메쉬 토폴로지에 대응하는 스위치 함수를 구성하고, 상기 제1 호스트는 상기 메쉬 토폴로지 상에서 서로

다른 스위치 홉 수를 갖는 제1 송신 경로 및 제2 송신 경로를 통해 제1 패킷 및 제2 패킷을 상기 제2 호스트로 송신할 수 있다.

[0017] 일 실시 예에 따르면, 상기 네트워크 시스템은 상기 패킷을 수신하도록 구성된 제3 호스트 및 제4 호스트를 더 포함할 수 있다. 상기 네트워크 장치는 상기 제1 호스트가 상기 제2 호스트 내지 상기 제4 호스트로 상기 패킷을 전달하도록, 상기 복수의 스위치들이 다층 구조로 구성되는 데이터 센터 토폴로지 및 상기 데이터 센터 토폴로지에 대응하는 스위치 함수를 구성하고, 상기 제1 호스트가 상기 패킷을 상기 제2 호스트 내지 상기 제4 호스트로 상기 다층 구조의 서로 다른 경로들을 통해 전달하도록 상기 다층 구조의 스위치 함수를 제어할 수 있다.

[0018] 일 실시 예에 따르면, 상기 네트워크 장치는 상기 제1 호스트에서 상기 제2 호스트로 제1 패킷을 체인 토폴로지, 다이아몬드 토폴로지, 단일 스위치 토폴로지, 메쉬 토폴로지 및 데이터 센터 토폴로지 중 하나인 제1 네트워크 구성을 통해 전달되도록 제어하고, 상기 제1 네트워크 구성과 다른 제2 네트워크 구성으로 변경할 필요가 있는지를 판단할 수 있다.

[0019] 일 실시 예에 따르면, 상기 네트워크 장치는 상기 제1 네트워크 구성과 상기 제2 네트워크 구성으로의 변경 시 네트워크 지연과 QoS 측면에서 동일성을 유지할 수 있는 구성인지 여부를 판단하고, 상기 네트워크 지연과 QoS 측면에서 동일성을 유지할 수 있는 동치성을 만족한다고 판단되면, 상기 제1 호스트에서 상기 제2 호스트로 상기 제1 패킷에 후속하는 제2 패킷을 체인 토폴로지, 다이아몬드 토폴로지, 단일 스위치 토폴로지, 메쉬 토폴로지 및 데이터 센터 토폴로지 중 다른 하나인 제2 네트워크 구성을 통해 전달되도록 제어할 수 있다.

발명의 효과

[0020] 발명에 따르면, SDN기반의 네트워크에서 네트워크 구성 변경이 발생 시 새로운 네트워크 구성의 행위를 검사하여 이전의 구성과 동일하게 동작하는지 확인할 수 있다.

[0021] 본 발명에 따르면, SDN 동치성 체크 방법을 통해서 네트워크의 안정적인 운영에 대한 보장이 가능하다.

[0022] 상술한 본 발명의 특징 및 효과는 첨부된 도면과 관련한 다음의 상세한 설명을 통하여 보다 분명해 질 것이며, 그에 따라 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명에 따른 SDN 동치성 체크 방법을 수행하는 개념도를 나타낸다.

도 2는 본 발명에 따른 SDN 동치성 체크 방법과 연관된 토폴로지 함수의 적용을 나타낸 것이다.

도 3은 본 발명에 따른 SDN 동치성 체크 방법과 관련하여, 다이아몬드토폴로지를 나타낸다.

도 4는 본 발명에 따른 SDN 동치성 체크 방법과 관련하여, 단일 스위치 토폴로지를 나타낸다.

도 5는 본 발명에 따른 SDN 동치성 체크 방법과 관련하여, 메쉬 토폴로지를 나타낸다.

도 6은 본 발명에 따른 SDN 동치성 체크 방법과 관련하여, 다층 구조로 구성되는 데이터 센터 토폴로지를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 상술한 본 발명의 특징 및 효과는 첨부된 도면과 관련한 다음의 상세한 설명을 통하여 보다 분명해 질 것이며, 그에 따라 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 것이다.

[0025] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시 예를 가질 수 있는바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 구체적으로 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0026] 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용한다.

[0027] 제1, 제2등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의

해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

- [0028] 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.
- [0029] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미가 있다.
- [0030] 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않아야 한다.
- [0031] 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 모듈, 블록 및 부는 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다.
- [0032] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부한 도면을 참조하여 당해 분야에 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 설명한다. 하기에 본 발명의 실시 예를 설명함에 있어, 관련된 공지의 기능 또는 공지의 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0033] 이하에서는, 본 발명에 따른 SDN 동치성 체크 방법 및 이를 수행하는 네트워크 시스템에 대해 설명한다. 이와 관련하여, 도 1은 본 발명에 따른 SDN 동치성 체크 방법을 수행하는 개념도를 나타낸다. 도 1을 참조하면, SDN 기반 네트워크는 3가지 계층 (Application, Control, Data)으로 구성된다. 제어 평면(control plane)에는 데이터 평면(data plane)에 존재하는 SDN 스위치의 동작에 대한 로직을 포함하고 있다. 이 동작 로직에 대한 규칙을 행위기반의 규칙으로 표현이 가능하다. SDN스위치는 특정 데이터 플로우를 어디로 보낼 것인지에 대해 동작 로직으로 결정하는데, 두 노드 간의 데이터 흐름을 추상화하여 행렬로 표현한다.
- [0034] 이렇게 각 스위치의 동작 로직을 행렬로 표현하고 네트워크 전체의 데이터 플로우는 행렬의 논리적 조합으로 표현이 가능하다. 따라서 기존 네트워크 구성의 동작 로직을 제안하는 행위기반 규칙으로 표현하고, 변경된 네트워크 구성의 동작 로직 또한 행위기반 규칙으로 표현한다. 이 두 가지 행위기반 규칙을 제약 만족 방식을 통해 동치성을 확인할 수 있다.
- [0035] 도 1을 참조하면, 제어 평면에서 데이터 평면상의 제1 및 제2 호스트(100, 200) 간의 패킷 전달을 네트워크 장치(1000)가 제어할 수 있다. 네트워크 장치(1000)는 복수의 SDN 스위치들(SW1 내지 SW4)를 통해 제1 및 제2 호스트(100, 200) 간의 패킷 전달을 제어할 수 있다.
- [0036] 이하에서는 본 발명에 따른 SDN 동치성 체크(Static Equivalence Check)를 수행하는 네트워크 시스템에 대해 도 1을 참조하여 상세하게 설명한다. 네트워크 시스템은 제1 호스트(100), 제2 호스트(200) 및 네트워크 장치(1000)를 포함하도록 구성될 수 있다.
- [0037] 제1 호스트(100)가 SDN 상에서 패킷을 송신하도록 구성되고, 제2 호스트(200)가 SDN 상에서 패킷을 수신하도록 구성될 수 있지만, 이에 한정되는 것은 아니다. 다른 예로, 제1 호스트(100)가 SDN 상에서 패킷을 수신하도록 구성되고, 제2 호스트(200)가 SDN 상에서 패킷을 송신하도록 구성될 수도 있다.
- [0038] 네트워크 장치(1000)는 제1 호스트(100)와 제2 호스트(200) 간에 패킷 전달을 제어하도록 구성될 수 있다.
- [0039] 네트워크 장치(1000)는 제1 호스트(100)와 제2 호스트(200) 간의 패킷 전달을 위한 서로 다른 네트워크 구성들 중 하나의 네트워크 구성을 선택하도록 구성될 수 있다. 이와 관련하여, 네트워크 장치(1000)는 제1 호스트(100)와 제2 호스트(200) 간의 패킷 전달을 위해 제1 네트워크 구성에서 제2 네트워크 구성으로 변경할 수 있다. 도 1을 참조하면, 네트워크 장치(1000)는 체인 토폴로지와 같은 제1 네트워크 구성에서 다이아몬드 토폴로지와 같은 제2 네트워크 구성으로 변경할 수 있다.
- [0040] 네트워크 장치(1000)는 상기 선택된 구성에 기초하여, 제1 호스트(100)와 제2 호스트(200)가 복수의 SDN 스위치들(SW1 내지 SW4)을 통해 상기 패킷을 송신 및 수신하도록 복수의 SDN 스위치들(SW1 내지 SW4)을 제어할 수 있다.
- [0041] 네트워크 장치(1000)는 제어 평면상에서 데이터 평면상에 존재하는 상기 복수의 SDN 스위치들을 제어하는 동작

로직들을 포함할 수 있다. 이와 관련하여, 상기 동작 로직들에 대한 규칙은 행위기반의 규칙으로 표현될 수 있다.

- [0042] 네트워크 장치(1000)는 상기 동작 로직들에 대한 규칙이 행위기반의 규칙으로 표현되도록 복수의 SDN 스위치들(SW1 내지 SW4)의 동작 로직들을 행렬들로 표현할 수 있다. 네트워크 장치(1000)는 네트워크 전체의 데이터 플로우를 상기 행렬들의 논리적 조합으로 구성할 수 있다.
- [0043] 네트워크 장치(1000)는 제1 호스트(100)에서 제2 호스트(200)로 제1 패킷이 제1 네트워크 구성을 통해 전달되도록 제어할 수 있다. 네트워크 장치(1000)는 제1 네트워크 구성에 대한 혼잡 제어(congestion control)가 필요한지 여부를 판단할 수 있다. 네트워크 장치(1000)는 제1 네트워크 구성과 제2 네트워크 구성이 동일한 구성인지 여부를 판단할 수 있다.
- [0044] 네트워크 장치(1000)는 제1 네트워크 구성에 대한 혼잡 제어가 필요하고, 상기 제1 네트워크 구성과 제2 네트워크 구성이 동일한 구성이라고 판단되면, 제1 패킷에 후속하는 제2 패킷을 상기 제2 네트워크 구성을 통해 전달할 수 있다.
- [0045] 도 1을 참조하면, 체인 토폴로지(Chain Topology)에서 패킷 전달 경로는 제1 호스트(100) - 복수의 SDN 스위치들(SW1-SW2-SW3-SW4) - 제2 호스트(200)로 구성될 수 있다. 이와 관련하여, 패킷 전달 경로의 각 노드를 통해 패킷이 전달됨에 따른 스위치 함수와 각 노드의 출력 플로우는 다음과 같이 표현될 수 있다.
- [0046] Input flow from Host1 is P.
- [0047] Output flow from Switch1 is $SF_{S1}(P)$.
- [0048] Output flow from Switch2 is $SF_{S2}(SF_{S1}(P))$.
- [0049] Output flow from Switch3 is $SF_{S3}(SF_{S2}(SF_{S1}(P)))$.
- [0050] Output flow from Switch4 is $SF_{S4}(SF_{S3}(SF_{S2}(SF_{S1}(P))))$.
- [0051] 한편, 도 2는 본 발명에 따른 SDN 동치성 체크 방법과 연관된 토폴로지 함수의 적용을 나타낸 것이다. 도 1 및 도 2와 관련하여, 토폴로지 함수의 적용은 설명의 편의 상 도 1의 체인 토폴로지에 대해 설명한다. 하지만, 도 2의 토폴로지 함수의 적용은 도 1의 토폴로지 구조에 한정되는 것은 아니다.
- [0052] 도 1 및 도 2를 참조하면, 네트워크 장치(1000)는 제1 호스트(100)와 제2 호스트(200) 간 네트워크 경로가 임계 수준 이상이면 제1 호스트(100)와 제2 호스트(200) 간에 체인 토폴로지 및 체인 토폴로지에 대응하는 스위치 함수를 구성할 수 있다. 네트워크 장치(1000)는 체인 토폴로지의 각 스위치 및 각 링크에 대해, 상기 체인 토폴로지 상에서 후속하는 네트워크 스위치인 후속자(successor)가 부가된 곱인자(added conjunct)가 있는지를 판단할 수 있다.
- [0053] 네트워크 장치(1000)는 후속자가 부가된 곱인자가 있으면, 상기 스위치 함수의 결과인 논리곱(conjunction)을 상기 후속자의 파라미터에 부가할 수 있다. 네트워크 장치(1000)는 상기 후속자가 부가된 곱인자가 없으면, 상기 스위치 함수의 결과인 논리합(disjunction)을 상기 후속자의 파라미터의 곱인자에 부가할 수 있다. 네트워크 장치(1000)는 상기 각 링크를 통한 처리가 완료되면 처리된 링크 구성을 삭제(delete)하고, 상기 각 스위치를 통한 처리가 완료되면 처리된 스위치 구성을 삭제할 수 있다.
- [0054] 한편, 도 3은 본 발명에 따른 SDN 동치성 체크 방법과 관련하여, 다이아몬드토폴로지를 나타낸다. 도 1 내지 도 3을 참조하면, 네트워크 장치(1000)는 제1 호스트(100)와 제2 호스트(200) 간에 다이아몬드 토폴로지 및 상기 다이아몬드 토폴로지에 대응하는 스위치 함수를 구성할 수 있다. 이를 위해, 네트워크 장치(1000)는 제1 호스트(100)와 제2 호스트(200) 간에 혼잡도가 임계 수준 이상인 경우 다이아몬드 토폴로지로 구성되도록 제어할 수 있다.
- [0055] 이에 따라, 제1 호스트(100)는 상기 다이아몬드 토폴로지 상에서 동일한 스위치 홉 수를 갖는 제1 송신 경로 및 제2 송신 경로를 통해 제1 패킷 및 제2 패킷을 제2 호스트(200)로 송신할 수 있다.
- [0056] 한편, 도 4는 본 발명에 따른 SDN 동치성 체크 방법과 관련하여, 단일 스위치 토폴로지를 나타낸다.
- [0057] 도 1 내지 도 4를 참조하면, 네트워크 장치(1000)는 복수의 제1 호스트들(100a 내지 100c) 중 어느 하나가 제2 호스트(200)로 패킷을 전달하도록 단일 스위치 토폴로지 및 상기 단일 스위치 토폴로지에 대응하는 스위치 함수

를 구성할 수 있다. 이를 위해, 네트워크 장치(1000)는 패킷 전달을 위한 콘텐츠가 복수의 제1 호스트들(100a 내지 100c)에 저장되고, 제1 호스트(100)와 제2 호스트(200) 간에 혼잡도가 임계 수준 이상인 경우 다이아몬드 토폴로지로 구성되도록 제어할 수 있다.

[0058] 이에 따라, 제1 호스트들(100a 내지 100c) 중 어느 하나는 단일 스위치 토폴로지 상에서 복수의 송신 경로들 중 하나를 통해 패킷을 제2 호스트(200)로 송신할 수 있다.

[0059] 한편, 도 5는 본 발명에 따른 SDN 동치성 체크 방법과 관련하여, 메쉬 토폴로지를 나타낸다.

[0060] 도 1 내지 도 5를 참조하면, 네트워크 장치(1000)는 제1 호스트(100) 및 제2 호스트(200) 간에 메쉬 토폴로지 및 상기 메쉬 토폴로지에 대응하는 스위치 함수를 구성할 수 있다. 이를 위해, 네트워크 장치(1000)는 제1 호스트(100) 및 제2 호스트(200) 간 혼잡도가 임계 수준 이상이고 네트워크 경로 의존성이 임계 수준 이하이면 메쉬 토폴로지를 구성할 수 있다. 이와 관련하여, 제1 호스트(100)는 혼잡도가 낮은 경로를 선택하여 패킷을 송신할 수 있다.

[0061] 이와 관련하여, 제1 호스트(100)와 제2 호스트(200) 간 경로가 짧거나 또는 네트워크 우회에 따른 지연이 문제되지 않은 패킷인 경우 스위치 홉 수(number of hop)가 증가하는 경로가 선택될 수 있다. 제1 호스트(100)와 제2 호스트(200)는 제1 및 제4 스위치(SW1, SW4)를 통해 패킷 전달 시 네트워크 혼잡도가 증가하면 다른 네트워크 경로를 선택할 수 있다. 이에 따라, 제1 호스트(100)와 제2 호스트(200)가 제1, 제2 및 제4 스위치(SW1, SW2, SW4)의 제1 경로를 통해 또는 제1, 제3 및 제4 스위치(SW1, SW3, SW4)의 제2 경로를 통해 혼잡도가 적은 경로로 패킷을 전달할 수 있다.

[0062] 제1 호스트(100)와 제2 호스트(200)는 제1 및 제2 경로를 통해 패킷 전달 시 네트워크 혼잡도가 증가하면 다른 네트워크 경로를 선택할 수 있다. 이에 따라, 제1 호스트(100)와 제2 호스트(200)가 제1, 제2, 제3 및 제4 스위치(SW1-SW2-SW3-SW4)의 제3 경로를 통해 또는 제1, 제3, 제2 및 제4 스위치(SW1-SW3-SW2-SW4)의 제4 경로를 통해 혼잡도가 적은 경로로 패킷을 전달할 수 있다.

[0063] 따라서, 제1 호스트(100)는 메쉬 토폴로지 상에서 서로 다른 스위치 홉 수를 갖는 제1 송신 경로 및 제2 송신 경로를 통해 제1 패킷 및 제2 패킷을 제2 호스트(200)로 송신할 수 있다.

[0064] 한편, 도 6은 본 발명에 따른 SDN 동치성 체크 방법과 관련하여, 다층 구조로 구성되는 데이터 센터 토폴로지를 나타낸다.

[0065] 도 1 내지 도 6을 참조하면, 네트워크 시스템은 패킷을 수신하도록 구성된 제3 호스트(300) 및 제4 호스트(400)를 더 포함하도록 구성될 수 있다. 네트워크 장치(1000)는 제1 호스트(100)가 제2 호스트(200) 내지 제4 호스트(400)로 상기 패킷을 전달하도록, 복수의 스위치들(SW1 내지 SW6)이 다층 구조로 구성될 수 있다. 네트워크 장치(1000)는 복수의 스위치들(SW1 내지 SW6)이 다층 구조로 구성된 데이터 센터 토폴로지 및 상기 데이터 센터 토폴로지에 대응하는 스위치 함수를 구성할 수 있다.

[0066] 이에 따라, 제1 호스트(100)가 패킷을 제2 호스트(200) 내지 제4 호스트(400)로 상기 다층 구조의 서로 다른 경로들을 통해 전달하도록 상기 다층 구조의 스위치 함수를 제어할 수 있다.

[0067] 한편, 본 발명에 따른 SDN 동치성 체크 방법을 수행하는 네트워크 장치(1000)는 SDN 기반으로 패킷 특성과 네트워크 지연을 고려하여 전술한 토폴로지들 간에 전환을 수행할 수 있다. 도 1 내지 도 6을 참조하면, 네트워크 장치(1000)는 제1 호스트(100)에서 제2 호스트(200)로 제1 패킷을 체인 토폴로지, 다이아몬드 토폴로지, 단일 스위치 토폴로지, 메쉬 토폴로지 및 데이터 센터 토폴로지 중 하나인 제1 네트워크 구성을 통해 전달되도록 제어할 수 있다. 네트워크 장치(1000)는 제1 네트워크 구성과 다른 제2 네트워크 구성으로 변경할 필요가 있는지를 판단할 수 있다.

[0068] 한편, 데이터 센터 토폴로지에서 가능한 네트워크 전송 경로 (네트워크 구성)은 다음과 같이 표현 가능하다.

[0069] (1) Host1 - Switch1 - Switch5 - Switch4 - Host4.

[0070] (2) Host1 - Switch1 - Switch5 - Switch2 - Switch6 - Switch4 - Host4.

[0071] (3) Host1 - Switch1 - Switch5 - Switch3 - Switch6 - Switch4 - Host4.

[0072] (4) Host1 - Switch1 - Switch6 - Switch4 - Host4.

[0073] (5) Host1 - Switch1 - Switch6 - Switch2 - Switch5 - Switch4 - Host4.

[0074] (6) Host1 - Switch1 - Switch6 - Switch3 - Switch5 - Switch4 - Host4

[0075] 데이터 센터 토폴로지에서 가능한 각각의 스위치 함수의 각각의 적용은 다음과 같이 요약될 수 있다.

- Input flow from Host1 is P .
- Output flow from Switch1 is $SF_{S1}(P)$.
- Output flow from Switch2 is $SF_{S2}(SF_{S5}(SF_{S1}(P)) \vee SF_{S6}(SF_{S1}(P)))$.
- Output flow from Switch3 is $SF_{S3}(SF_{S5}(SF_{S1}(P)) \vee SF_{S6}(SF_{S1}(P)))$.
- Output flow from Switch4 is as follows:

$$SF_{S4}(SF_{S5}(SF_{S1}(P) \vee SF_{S2}(SF_{S6}(SF_{S1}(P))) \vee SF_{S3}(SF_{S6}(SF_{S1}(P)))) \vee$$

$$SF_{S6}(SF_{S1}(P) \vee SF_{S2}(SF_{S5}(SF_{S1}(P))) \vee SF_{S3}(SF_{S5}(SF_{S1}(P))))$$
- Output flow from Switch5 is
 $SF_{S5}(SF_{S1}(P) \vee SF_{S2}(SF_{S6}(SF_{S1}(P))) \vee SF_{S3}(SF_{S6}(SF_{S1}(P))))$.
- Output flow from Switch6 is
 $SF_{S6}(SF_{S1}(P) \vee SF_{S2}(SF_{S5}(SF_{S1}(P))) \vee SF_{S3}(SF_{S5}(SF_{S1}(P))))$.

[0076]

[0077] 이와 관련하여, 주어진 세트의 패킷 플로우를 갖는 DC_{NET} 의 전달 규칙 $FBDC_{NET}(P)$ 은 다음과 같이 정의될 수 있다.

$$\begin{aligned}
 FB_{DC_{NET}}(P) &= SF_{S4}(SF_{S5}(SF_{S1}(P) \vee SF_{S2}(SF_{S6}(SF_{S1}(P))) \vee SF_{S3}(SF_{S6}(SF_{S1}(P)))) \vee \\
 &\quad SF_{S6}(SF_{S1}(P) \vee SF_{S2}(SF_{S5}(SF_{S1}(P))) \vee SF_{S3}(SF_{S5}(SF_{S1}(P)))) \\
 &= ((SF_{S1}; SF_{S5} \vee SF_{S1}; SF_{S6} \vee \\
 &\quad (SF_{S1}; SF_{S5}; SF_{S2} \vee SF_{S1}; SF_{S5}; SF_{S3}); SF_{S6} \vee \\
 &\quad (SF_{S1}; SF_{S6}; SF_{S2} \vee SF_{S1}; SF_{S6}; SF_{S3}); SF_{S5}); SF_{S4})(P)
 \end{aligned}$$

[0078]

[0079] 네트워크 장치(1000)는 상기 제1 네트워크 구성과 상기 제2 네트워크 구성으로의 변경 시 네트워크 지연과 QoS 측면에서 동일성을 유지할 수 있는 구성인지 여부를 판단할 수 있다. QoS(Quality of Service)는 패킷을 수신하는 제2 내지 제4 호스트(200 내지 400) 또는 이들과 연결된 사용자 단말로 수신되는 정보의 전송 속도 및/또는 영상인 경우 화질의 품질과 사용자 경험 만족도 등을 포함할 수 있다. 이와 관련하여, 패킷 지연에 따라 QoS가 열화되는 경우 복수의 전송 경로를 통해 동일한 패킷을 동시에 송신하거나 또는 복수의 송신 호스트에서 동일한 패킷을 동시에 송신할 수 있다. 또한, 세션 연속성이 요구되는 패킷에 대해서도 기존 전송 경로를 유지한 상태에서 새로운 전송 경로를 통해 동일한 패킷을 동시에 송신할 수도 있다.

[0080] 네트워크 장치(1000)는 상기 네트워크 지연과 QoS 측면에서 동일성을 유지할 수 있는 동치성을 만족한다고 판단되면, 제1 호스트(100)에서 제2 호스트(200)로 상기 제1 패킷에 후속하는 제2 패킷을 체인 토폴로지, 다이아몬드 토폴로지, 단일 스위치 토폴로지, 메쉬 토폴로지 및 데이터 센터 토폴로지 중 다른 하나인 제2 네트워크 구성을 통해 전달되도록 제어할 수 있다.

[0081] 이상에서는 본 발명에 따른 SDN 동치성 체크 방법 및 이를 수행하는 네트워크 시스템에 대해 설명하였다. 본 발명에 따른 SDN 동치성 체크 방법 및 이를 수행하는 네트워크 시스템의 기술적 효과는 다음과 같이 요약될 수 있지만, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0082] 본 발명에 따르면, SDN기반의 네트워크에서 네트워크 구성 변경이 발생 시 새로운 네트워크 구성의 행위를 검사하여 이전의 구성과 동일하게 동작하는지 확인할 수 있다.

[0083] 본 발명에 따르면, SDN 동치성 체크 방법을 통해서 네트워크의 안정적인 운영에 대한 보장이 가능하다.

[0084] 상술한 본 발명의 특징 및 효과는 첨부된 도면과 관련한 다음의 상세한 설명을 통하여 보다 분명해 질 것이며, 그에 따라 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 것이다.

[0085] 상술한 본 발명의 특징 및 효과는 첨부된 도면과 관련한 다음의 상세한 설명을 통하여 보다 분명해 질 것이며, 그에 따라 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 것이다.

[0086] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시 예를 가질 수 있는바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하

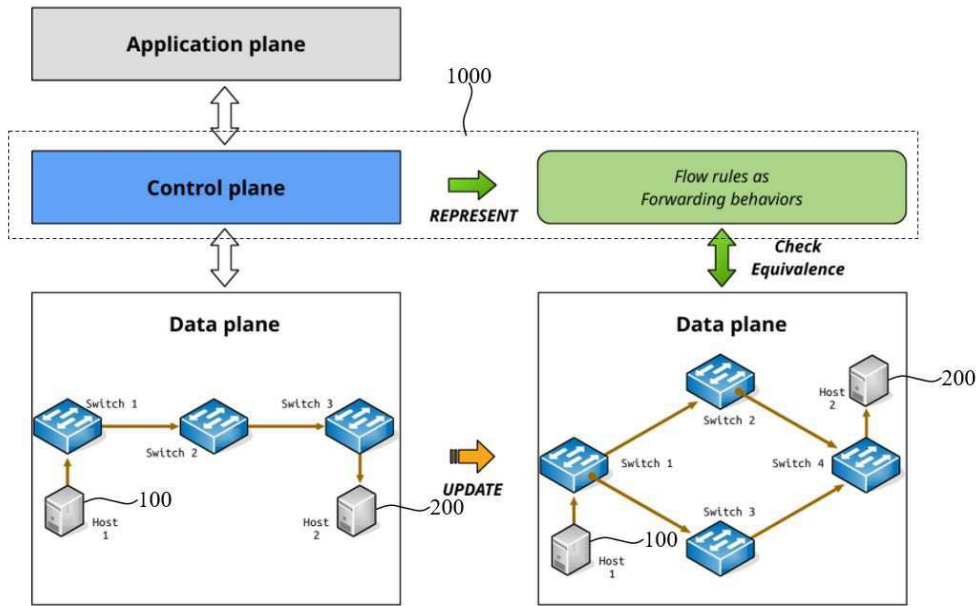
고 상세한 설명에 구체적으로 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0087]

소프트웨어적인 구현에 의하면, 본 명세서에서 설명되는 절차 및 기능뿐만 아니라 각각의 구성 요소들에 대한 설계 및 파라미터 최적화는 별도의 소프트웨어 모듈로도 구현될 수 있다. 적절한 프로그램 언어로 쓰여진 소프트웨어 어플리케이션으로 소프트웨어 코드가 구현될 수 있다. 상기 소프트웨어 코드는 메모리에 저장되고, 제어부(controller) 또는 프로세서(processor)에 의해 실행될 수 있다.

도면

도면1



도면2

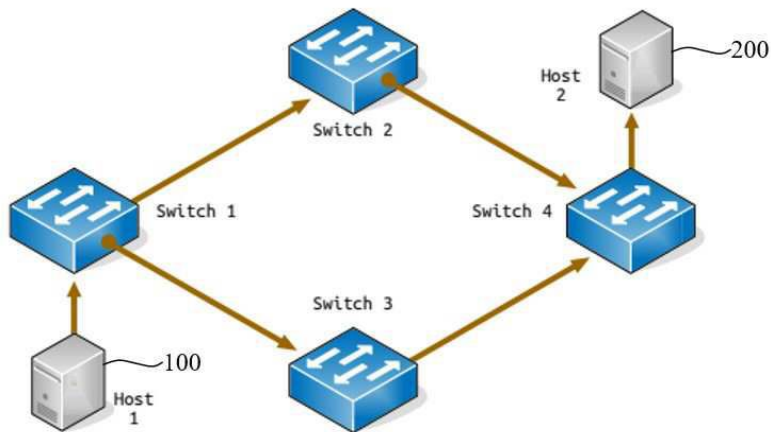
Algorithm 1: Topological function application.

```

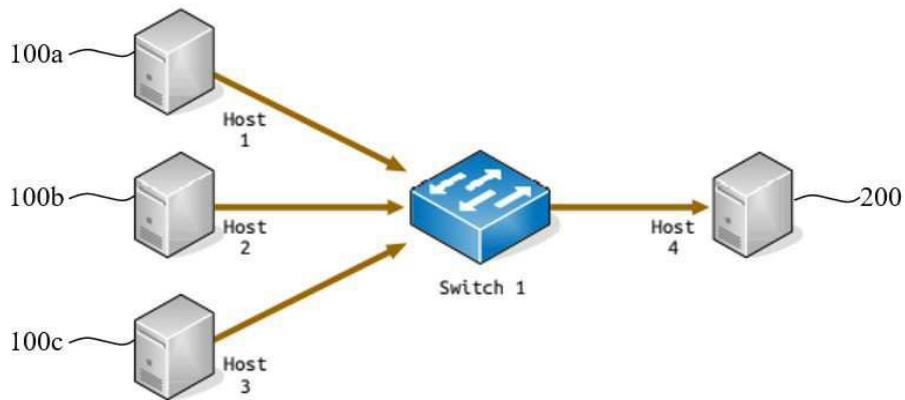
Input: Topology  $T$ .
Result: Function application order.
1 foreach switch in topology  $T$  do
2   foreach link in switch do
3     if Successor has no added conjunct then
4       Add the result of switch function as conjunction to the parameter of successor.
5     else
6       Add the result of switch function as disjunction to the conjunct of parameter of the successor.
7     end
8     Delete processed link.
9   end
10  Delete processed switch.
11 end

```

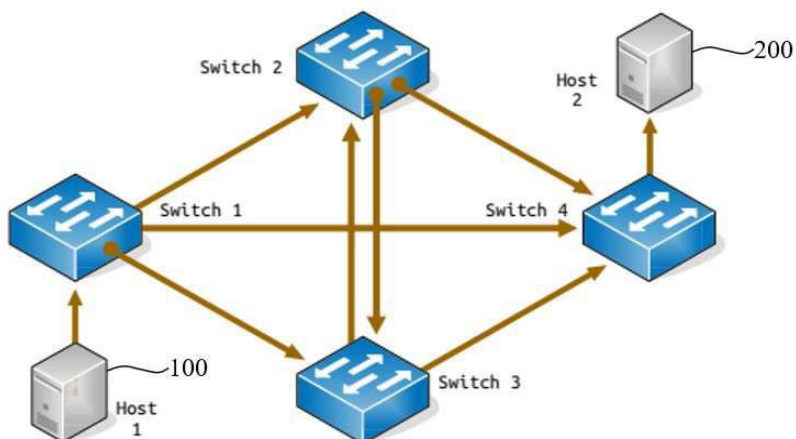
도면3



도면4



도면5



도면6

