



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0102104
(43) 공개일자 2017년09월07일

- | | |
|--|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 12/721 (2013.01) H04L 12/707 (2013.01)
H04L 12/751 (2013.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
H04L 45/12 (2013.01)
H04L 45/02 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2016-0024208
(22) 출원일자 2016년02월29일
심사청구일자 2016년02월29일</p> | <p>(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)</p> <p>(72) 발명자
백상현
서울특별시 서초구 고무래로 35, 109동 1004호(반포동, 반포리채아파트)</p> <p>장인선
경기도 오산시 양산로 422 101동 1404호 (양산동, 오산세마효성백년가약아파트)</p> <p>(74) 대리인
김등용, 김홍석</p> |
|--|--|

전체 청구항 수 : 총 10 항

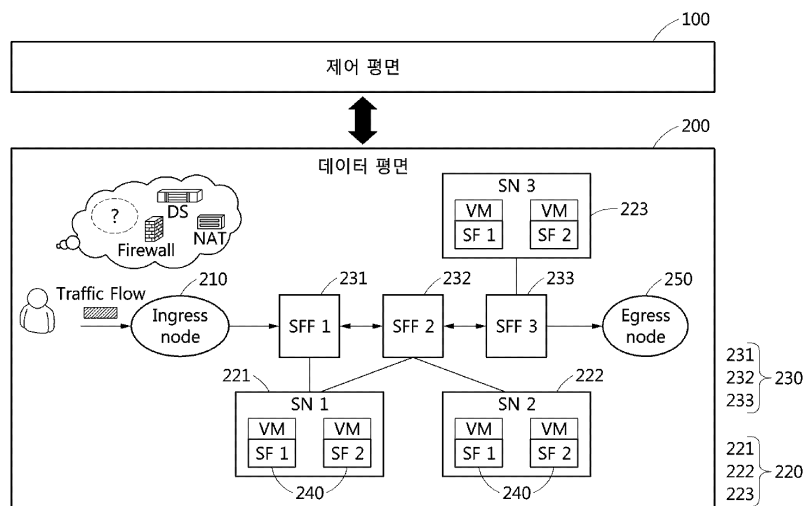
(54) 발명의 명칭 최적 경로 설정을 위한 서비스 기능 체이닝 네트워크 시스템 및 그 방법

(57) 요약

본 발명의 최적 경로 설정을 위한 서비스 기능 체이닝 네트워크 시스템은, 제어 평면 및 데이터 평면을 포함하는 서비스 기능 체이닝 네트워크 시스템에 있어서, 상기 데이터 평면으로부터 트래픽 플로우 정보 및 각 노드들의 정보를 입력받아 각 노드들의 소정 조건에 대응하여 각 서비스 기능 체이닝에 대한 복수의 경로를 계산하고 그에 대응하는 경로에 분배될 플로우를 결정하여 그 결과를 전달하는 제어 평면; 및 상기 제어 평면에서 전달된 플로우 및 경로 결과를 입력받아 각 경로에 플로우를 할당하는 데이터 평면을 포함하는 점에 그 특징이 있다.

본 발명은 서비스 기능 체이닝(Service Funtion Chaining) 네트워크에서 각 SF 인스턴스 배치 형태와 가상 링크의 연결성을 고려하여 각 SFC에 대한 최적 경로를 설정하고, 인입되는 트래픽 플로우를 각 노드에 최적으로 할당하여 제공함으로써 모바일 사업자는 낭비된 자원 없이 자원 이용률을 극대화 시킬 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

H04L 45/24 (2013.01)

H04L 45/38 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 B0190-15-2015

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 정보통신방송연구개발사업

연구과제명 글로벌 SDN/NFV 공개소프트웨어 핵심 모듈/기능 개발

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교

연구기간 2015.06.01 ~ 2016.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

제어 평면 및 데이터 평면을 포함하는 서비스 기능 체이닝 네트워크 시스템에 있어서,

상기 데이터 평면으로부터 트래픽 플로우 정보, SN에 설치되어 있는 SF 인스턴스들의 정보 및 각 노드들의 링크 정보를 입력받아 각 노드들의 소정 조건에 대응하여 각 서비스 기능 체이닝에 대한 복수의 경로를 계산하고 그에 대응하는 경로에 분배될 플로우를 결정하여 그 결과를 전달하는 제어 평면; 및

상기 제어 평면에서 전달된 플로우 및 경로 결과를 입력받아 각 경로에 플로우를 할당하는 데이터 평면을 포함하는 최적 경로 설정을 위한 서비스 기능 체이닝 네트워크 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제어 평면은

상기 데이터 평면으로부터 트래픽 플로우 정보, SN에 설치되어 있는 SF 인스턴스들의 정보 및 각 노드들의 링크 정보를 입력받고, 상기 경로 결과를 전달하는 통신부;

상기 입력받은 트래픽 플로우 정보, SN에 설치되어 있는 SF 인스턴스들의 정보 및 각 노드들의 링크 정보를 이용하여 최적 경로를 계산하는 경로 계산부;

상기 경로 계산부에서 최적 경로를 계산할 때 각 노드들의 소정 조건을 판단하여 제공하는 조건 판단부;

상기 각 노드들의 조건 데이터를 저장하는 저장부를 포함하는 것을 특징으로 하는 최적 경로 설정을 위한 서비스 기능 체이닝 네트워크 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 경로 계산부는 각 링크와 각 SF 인스턴스에 할당되는 플로우 비율을 계산하는 것을 특징으로 하는 최적 경로 설정을 위한 서비스 기능 체이닝 네트워크 시스템.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 조건 판단부는 각 노드 별 들어오는 플로우 양과 나가는 플로우 양이 같은지 여부를 판단하는 것을 특징으로 하는 최적 경로 설정을 위한 서비스 기능 체이닝 네트워크 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 데이터 평면은

제어 평면에서 전달되는 트래픽 플로우 및 경로 결과에 대응하여 플로우를 각 노드에 할당하는 인그레스 노드(Ingress node);

복수 개의 서버가 배치되어 내부에 SF(Service Function) 인스턴스를 가상 머신 형태로 구현시키는 SN 노드(Service Node);

상기 인그레스 노드에서 할당된 플로우를 상기 SN 노드의 SF 인스턴스에 포워딩하는 SSF(Service Function Forwarder) 노드;

상기 인그레스 노드, 상기 SSF 노드 및 SN 노드를 통과하는 각 경로에 할당된 플로우가 출력되는 이그레스 노드(Egress node)를 포함하는 것을 특징으로 하는 최적 경로 설정을 위한 서비스 기능 체이닝 네트워크 시스템.

청구항 6

데이터 평면의 트래픽 플로우 정보, SN에 설치되어 있는 SF 인스턴스들의 정보 및 각 노드들의 링크 정보를 제어 평면에 전달하는 단계;

상기 제어 평면에서 트래픽 플로우 정보, SN에 설치되어 있는 SF 인스턴스들의 정보 및 각 노드들의 링크 정보를 입력받아 각 노드들의 소정 조건에 대응하여 경로 최적화 모델을 구축하여 각 서비스 기능 체이닝에 대한 복수의 경로를 계산하고 그에 대응하는 경로에 분배될 플로우를 결정하는 단계;

상기 각 경로에 대해 계산된 결과 및 각 경로에 분배되는 상기 플로우 결과를 전달하는 단계; 및

상기 전달된 결과를 데이터 평면의 인그레스 노드에서 각 노드에 플로우를 할당하는 단계를 포함하는 최적 경로 설정을 위한 서비스 기능 체이닝 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 트래픽 플로우 정보, SN에 설치되어 있는 SF 인스턴스들의 정보 및 각 노드들의 링크 정보를 제어 평면에 전달하는 단계에서 상기 데이터 평면의 인그레스 노드(Ingress node)에 현재 들어오고 있는 트래픽 플로우에 대한 정보와 SN 노드(Service Node), SFF 노드(Service Function Forwarder) 및 상기 SN 노드에 설치되어 있는 SF 간에 연결되어 있는 링크 정보 및 플로우 처리 캐패시티를 제어 평면에 전달하는 것을 특징으로 하는 최적 경로 설정을 위한 서비스 기능 체이닝 방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 분배될 플로우를 결정하는 단계에서 제어 평면은 플로우와 SFC(Service Function Chaining) 네트워크 토폴로지 정보를 바탕으로 플로우에 대한 SFC를 구별하고 각 SFC에 대한 복수의 경로와 각 해당 경로에 분배될 플로우를 결정하는 것을 특징으로 하는 최적 경로 설정을 위한 서비스 기능 체이닝 방법.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 경로 최적화 모델은 각 링크와 각 SF 인스턴스에 할당되는 플로우 비율을 계산하여 구축되는 것을 특징으로 하는 최적 경로 설정을 위한 서비스 기능 체이닝 방법.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 소정 조건은 각 노드 별 들어오는 트래픽 플로우 양과 나가는 트래픽 플로우 양이 같은지 여부를 판단하는

것을 특징으로 최적 경로 설정을 위한 서비스 기능 체이닝 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 서비스 기능 체이닝에서 효율적인 자원 활용을 위한 최적의 경로를 설정하는 서비스 기능 체이닝 네트워크 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 네트워크가 다양한 서비스들을 제공해줌에 따라 점점 보안 유지, 성능 향상 등을 위해 방화벽, deep packet inspection(DPI), network address translation(NAT) 등과 같은 서비스 기능(SF: service function)에 대한 의존성이 높아지고 있다. 특히, 미래 인터넷 환경에서 다양한 네트워크 서비스를 융합하여 제공하기 위해 기존 하드웨어 기반의 네트워크 서비스 기능들을 소프트웨어적으로 가상화하여 제공하는 Network function virtualization(NFV) 기술을 통해 보다 유연하게 SF를 관리하는 연구가 많이 진행되고 있다.

[0003] 또한, 여러 SF의 사용을 위해 해당 서비스의 트래픽이 논리적인 순서에 따라 사용자에게 전달할 수 있는 합리적인 방법이 필요하다. 즉, 특정 서비스 트래픽의 요구사항에 따라 SF를 하나의 논리적인 연결로 순서화하는 서비스 기능 체이닝 기술(SFC: Service Function Chaining)이 필요하다. SFC는 최근 국제 인터넷 표준화 기구인 IETF WG (Internet engineering task force working group)과 ETSI ISG NFV (European telecommunications standards institute industry specification groups network function virtualization)에서 활발히 표준화가 진행되고 있다.

[0004] 또한, 통신 사업자들 역시, 해당 기술 표준 및 규격을 바탕으로 SFC 프레임워크를 설계하고자 하는 움직임이 활발하게 이루어지고 있다. 하지만, 아직은 요구사항에 대한 효과적인 동적 알고리즘, 아키텍처/프로토콜 구체화 등의 연구는 미비한 상황이다. 특히, 이러한 SFC 프레임워크를 구성하는데 있어 SF 인스턴스나 가상 링크 등의 네트워크 자원 관리는 중요한 이슈 중 하나이다. 따라서, 그러한 네트워크 자원을 충분히 활용하기 위해 각 네트워크 자원에 할당되는 트래픽의 양, 즉, 각 서비스 트래픽에 대한 경로를 설정하는 것이 중요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 서비스 기능 체이닝(Service Function Chaining) 네트워크에서 각 SF 인스턴스 배치 형태와 가상 링크의 연결성을 고려하여 각 SFC에 대한 최적 경로를 설정하고, 인입되는 트래픽 플로우를 각 노드에 최적으로 할당하여 서비스 기능 체이닝 프레임 워크에서 SF 인스턴스와 링크에 대한 자원을 최적으로 활용할 수 있는 최적 경로 설정을 위한 서비스 기능 체이닝 네트워크 시스템 및 그 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기의 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 최적 경로 설정을 위한 서비스 기능 체이닝 네트워크 시스템은, 제어 평면 및 데이터 평면을 포함하는 서비스 기능 체이닝 네트워크 시스템에 있어서, 상기 데이터 평면으로부터 트래픽 플로우 정보, SN에 설치되어 있는 SF 인스턴스들의 정보 및 각 노드들의 링크 정보를 입력받아 각 노드들의 소정 조건에 대응하여 각 서비스 기능 체이닝에 대한 복수의 경로를 계산하고 그에 대응하는 경로에 분배될 플로우를 결정하여 그 결과를 전달하는 제어 평면; 및 상기 제어 평면에서 전달된 플로우 및 경로 결과를 입력받아 각 경로에 플로우를 할당하는 데이터 평면을 포함하는 점에 그 특징이 있다.

[0007] 여기서, 특히 상기 제어 평면은 상기 데이터 평면으로부터 트래픽 플로우 정보, SN에 설치되어 있는 SF 인스턴스들의 정보 및 각 노드들의 링크 정보를 입력받고, 상기 경로 결과를 전달하는 통신부; 상기 입력받은 트래픽 플로우, SN에 설치되어 있는 SF 인스턴스들의 정보 및 각 노드들의 링크 정보를 이용하여 최적 경로를 계산하는 경로 계산부; 상기 경로 계산부에서 최적 경로를 계산할 때 각 노드들의 소정 조건을 판단하여 제공하는 조건 판단부; 상기 각 노드들의 조건 데이터를 저장하는 저장부를 포함하는 점에 그 특징이 있다.

[0008] 여기서, 특히 상기 경로 계산부는 각 링크와 각 SF 인스턴스에 할당되는 플로우 비율을 계산하는 점에 그 특징

이 있다.

- [0009] 여기서, 특히 상기 조건 판단부는 각 노드 별 들어오는 플로우 양과 나가는 플로우 양이 같은지 여부를 판단하는 점에 그 특징이 있다.
- [0010] 여기서, 특히 상기 데이터 평면은, 제어 평면에서 전달되는 트래픽 플로우 및 경로 결과에 대응하여 플로우를 각 노드에 할당하는 인그레스 노드(Ingress node); 복수 개의 서버가 배치되어 내부에 SF(Service Function) 인스턴스를 가상 머신 형태로 구현시키는 SN 노드(Service Node); 상기 인그레스 노드에서 할당된 플로우를 상기 SN 노드의 SF 인스턴스에 포워딩하는 SSF(Service Function Forwarder) 노드; 상기 인그레스 노드, 상기 SSF 노드 및 SN 노드를 통과하는 각 경로에 할당된 플로우가 출력되는 이그레스 노드(Egress node)를 포함하는 점에 그 특징이 있다.
- [0011] 또한, 상기의 과제를 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 최적 경로 설정을 위한 서비스 기능 체이닝 방법은, 데이터 평면의 트래픽 플로우 정보, SN에 설치되어 있는 SF 인스턴스들의 정보 및 각 노드들의 링크 정보를 제어 평면에 전달하는 단계; 상기 제어 평면에서 트래픽 플로우 정보, SN에 설치되어 있는 SF 인스턴스들의 정보 및 각 노드들의 링크 정보를 입력받아 각 노드들의 소정 조건에 대응하여 경로 최적화 모델을 구축하여 각 서비스 기능 체이닝에 대한 복수의 경로를 계산하고 그에 대응하는 경로에 분배될 플로우를 결정하는 단계; 상기 각 경로에 대해 계산된 결과 및 각 경로에 분배되는 상기 플로우 결과를 전달하는 단계; 및 상기 전달된 결과를 데이터 평면의 인그레스 노드에서 각 노드에 플로우를 할당하는 단계를 포함하는 점에 그 특징이 있다.
- [0012] 여기서, 특히 상기 트래픽 플로우 정보, SN에 설치되어 있는 SF 인스턴스들의 정보 및 각 노드들의 링크 정보를 제어 평면에 전달하는 단계에서 상기 데이터 평면의 인그레스 노드(Ingress node)에 현재 들어오고 있는 트래픽 플로우에 대한 정보와 SN 노드(Service Node), SFF 노드(Service Function Forwarder) 및 상기 SN 노드에 설치되어 있는 SF 간에 연결되어 있는 링크 정보를 제어 평면에 전달하는 점에 그 특징이 있다.
- [0013] 여기서, 특히 상기 분배될 플로우를 결정하는 단계에서 제어 평면은 플로우와 SFC(Service Function Chaining) 네트워크 토폴로지 정보를 바탕으로 플로우에 대한 SFC를 구별하고 각 SFC에 대한 복수의 경로와 각 해당 경로에 분배될 플로우를 결정하는 점에 그 특징이 있다.
- [0014] 여기서, 특히 상기 경로 최적화 모델은 각 링크와 각 SF 인스턴스에 할당되는 플로우 비율을 계산하여 구축되는 점에 그 특징이 있다.
- [0015] 여기서, 특히 상기 소정 조건은 각 노드 별 들어오는 트래픽 플로우 양과 나가는 트래픽 플로우 양이 같은지 여부를 판단하는 점에 그 특징이 있다.

발명의 효과

- [0016] 본 발명의 효과는 다음과 같다.
- [0017] 첫째, 본 발명은 서비스 기능 체이닝(Service Function Chaining) 네트워크에서 각 SF 인스턴스 배치 형태와 가상 링크의 연결성을 고려하여 각 SFC에 대한 최적 경로를 설정하고, 진입되는 트래픽 플로우를 각 노드에 최적으로 할당하여 제공함으로써 모바일 사업자는 낭비된 자원 없이 자원 이용률을 극대화시킬 수 있다.
- [0018] 둘째, 본 발명은 트래픽 플로우를 각 노드에 최적으로 할당하여 제공함으로써 모바일 사용자는 서비스 기능 체이닝 네트워크에 많은 사용자의 트래픽이 수용이 가능하여 보다 빠르고 향상된 서비스 만족도를 느낄 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 SFC 네트워크 토폴로지의 서비스 기능 체이닝 네트워크 시스템의 구성을 개략적으로 도시한 도면.
- 도 2는 상기 도 1의 제어 평면의 구성을 개략적으로 도시한 도면.
- 도 3은 최적의 경로 설정을 위한 SFC 네트워크에서의 동작과정을 도시한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 최적 경로 설정을 위한 서비스 기능 체이닝 네트워크 방법에 대한 순서도.
- 도 5는 본 발명의 SFC 플로우 양에 따른 최적의 경로 설정 방법에 의한 결과를 도시한 도면.

도 6은 본 발명의 SFC 네트워크의 링크 캐패시티에 따른 최적의 경로 설정 방법의 결과를 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 이를 상세한 설명을 통해 상세히 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.
- [0021] 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 본 명세서의 설명 과정에서 이용되는 숫자(예를 들어, 제1, 제2 등)는 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구분하기 위한 식별기호에 불과하다.
- [0022] 또한, 본 명세서에서, 일 구성요소가 다른 구성요소와 "연결된다" 거나 "접속된다" 등으로 언급된 때에는, 상기 일 구성요소가 상기 다른 구성요소와 직접 연결되거나 또는 직접 접속될 수도 있지만, 특별히 반대되는 기재가 존재하지 않는 이상, 중간에 또 다른 구성요소를 매개하여 연결되거나 또는 접속될 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.
- [0023] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 가상환경의 스토리지 성능 향상을 위한 클라우드 스토리지 시스템 및 그 관리 방법에 관하여 상세히 설명한다.
- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 SFC 네트워크 토폴로지의 서비스 기능 체이닝 네트워크 시스템의 구성을 개략적으로 도시한 도면이고, 도 2는 상기 도 1의 제어 평면의 구성을 개략적으로 도시한 도면이다.
- [0025] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 최적 경로 설정을 위한 서비스 기능 체이닝 네트워크 시스템은, 데이터 평면으로부터 트래픽 플로우 정보, SN에 설치되어 있는 SF 인스턴스들의 정보 및 각 노드들의 링크 정보를 입력받아 각 노드들의 소정 조건에 대응하여 각 서비스 기능 체이닝에 대한 복수의 경로를 계산하고 그에 대응하는 경로에 분배될 플로우를 결정하여 그 결과를 전달하는 제어 평면(100) 및 상기 제어 평면(100)에서 전달된 플로우 및 경로 결과를 입력받아 각 경로에 플로우를 할당하는 데이터 평면(200)을 포함하여 구성된다.
- [0026] 즉, 상기 서비스 기능 체이닝 네트워크(Service Function Chaining) 시스템은 데이터 평면(200)과 제어 평면(100)으로 나뉘어 있으며, 데이터 평면(200)에서는 각 노드들이 제어 평면(100)에 경로 설정을 위한 필수적인 정보를 전달하고, 제어 평면(100)에서 설정된 경로를 바탕으로 SFC 플로우가 처리된다. 제어 평면(100)은 수집된 정보를 바탕으로 최적의 경로를 설정하여 데이터 평면의 인그레스 노드(ingress node)에 전달한다.
- [0027] 도 2를 참조하면, 상기 제어 평면(100)은 통신부(110), 경로 계산부(120), 조건 판단부(130) 및 저장부(140)를 포함한다.
- [0028] 상기 통신부(110)는 상기 데이터 평면(200)으로부터 트래픽 플로우 정보, SN에 설치되어 있는 SF 인스턴스들의 정보 및 각 노드들의 링크 정보를 입력받고, 제어 평면에서 계산된 경로 결과 및 플로우 할당 비율을 상기 데이터 평면에 전달하게 된다.
- [0029] 상기 경로 계산부(120)는 상기 입력받은 트래픽 플로우, SN에 설치되어 있는 SF 인스턴스들의 정보 및 각 노드들의 링크 정보를 이용하여 최적 경로를 계산하고, 각 링크와 각 SF 인스턴스에 할당되는 플로우 비율을 계산하게 된다.
- [0030] 보다 구체적으로, 플로우(flow)는 하나의 스위치 관점에서 적어도 하나의 헤더 필드의 값을 공유하는 일련의 패킷들 또는 다중 스위치의 여러 플로우 엔트리(flow entry)들의 조합에 따른 특정 경로의 패킷 흐름을 의미할 수 있다. 오픈 플로우 네트워크는 플로우 단위로 경로 제어, 장애 회복, 부하 분산 및 최적화를 행할 수 있다.
- [0031] 상기 경로 계산부에는 유저 트래픽으로서 수신한 패킷으로부터 플로우 정보를 추출할 수 있다. 플로우 정보는 에지 스위치의 패킷 유입 포트인 입구 포트(ingress port)의 식별 정보, 해당 스위치의 패킷 유입 포트(incoming port)의 식별 정보, 패킷 헤더 정보(송신원 및 목적지의 IP 주소, MAC 주소, 포트, 및 VLAN 정보 등), 및 메타데이터 등을 포함할 수 있다.
- [0032] 또한, 상기 데이터 평면의 각 노드에 대한 정보는 인그레스 노드(Ingress node), SN 노드(Service Node), SFF 노드(Service Function Forwarder) 및 상기 SN 노드에 설치되어 있는 SF 간에 연결되어 있는 링크 정보를 전달

받아 계산하게 된다.

- [0033] 상기 조건 판단부는 상기 경로 계산부에서 최적 경로를 계산할 때 각 노드들의 소정 조건을 판단하여 제공하게 되며, 각 노드 별 들어오는 플로우 양과 나가는 플로우 양이 같은지 여부를 판단하게 된다.
- [0034] 상기 저장부는 각 노드들의 조건 데이터 및 각 플로우 마다의 트래픽 양, 처리 속도, 경유한 NF의 개수 및 그 타입 등의 통계를 저장 및 관리할 수 있다.
- [0035] 상기 데이터 평면은, 제어 평면에서 전달되는 트래픽 플로우 및 경로 결과에 대응하여 플로우를 각 노드에 할당하는 인그레스 노드(Ingress node); 복수 개의 서버가 배치되어 내부에 SF(Service Function) 인스턴스를 가상 머신 형태로 구현시키는 SN 노드(Service Node); 상기 인그레스 노드에서 할당된 플로우를 상기 SN 노드의 SF 인스턴스에 포워딩하는 SSF(Service Function Forwarder) 노드; 상기 인그레스 노드, 상기 SSF 노드 및 SN 노드를 통과하는 각 경로에 할당된 플로우가 출력되는 이그레스 노드(Egress node)를 포함한다.
- [0036] 상기 제어 평면과 상기 데이터 평면의 경로 설정을 위한 동작과정을 살펴보기로 한다.
- [0037] 도 3은 최적의 경로 설정을 위한 SFC 네트워크에서의 동작과정을 도시한 도면이다. 도 3을 참조하면, 본 발명에서의 간단한 동작과정은 하기와 같다.
- [0038] 먼저, 데이터 평면의 ingress node는 현재 들어오고 있는 트래픽 플로우에 대한 정보, SN 노드(service node)와 SFF 노드(service function forwarder)는 현재 설치되어 있는 SF, SN과 SFF 또는 SFF 간에 연결되어 있는 링크 정보를 제어 평면에 전달한다. 그리고 제어 평면은 플로우와 SFC 네트워크 토폴로지 정보를 바탕으로 플로우에 대한 SFC를 구별하고 각 SFC에 대한 여러 경로와 해당 경로에 분배될 플로우를 결정한다. 제어 평면은 계산된 결과를 트래픽 플로우가 유입되는 ingress node에 전달한다. 데이터 평면의 ingress node는 받은 결과를 통해 각 경로 별로 플로우를 분배한다. 특히, 분배할 시에는 경로에 대한 정보를 같이 전송하여 SFF가 그에 맞춰 포워딩할 수 있도록 한다.
- [0039] 여기서, 각 노드에 플로우 되는 예를 들면, SF1->SF2 순서로 처리되어야 하는 SFC에 대한 경로라면, 인그레스 노드(Ingress node)는 두 가지 경로, 즉 첫번째로 SFF1->SFF2->SFF3->SN3의 SF1->SFF3->SN3의 SF2->SFF3->Egress node와 두번째로 SFF1->SN1의 SF1->SFF1->SFF2->SN2의 SF2->SFF2->SFF4->Egress node로 각각 0.5Gbps, 1.5Gbps씩 플로우를 분배한다.
- [0040] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 최적 경로 설정을 위한 서비스 기능 체이닝 네트워크 방법에 대한 순서도이다.
- [0041] 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 최적 경로 설정을 위한 서비스 기능 체이닝 방법은, 먼저 데이터 평면의 트래픽 플로우 정보, SN에 설치되어 있는 SF 인스턴스들의 정보 및 각 노드들의 링크 정보를 제어 평면에 전달하는 단계가 수행된다(S401).
- [0042] 즉, 상기 데이터 평면의 인그레스 노드(Ingress node)에 현재 들어오고 있는 트래픽 플로우에 대한 정보와 SN 노드(Service Node), SFF 노드(Service Function Forwarder) 및 상기 SN 노드에 설치되어 있는 SF 간에 연결되어 있는 링크 정보를 제어 평면에 전달하게 된다.
- [0043] 그리고 상기 제어 평면에서 트래픽 플로우 정보, SN에 설치되어 있는 SF 인스턴스들의 정보 및 각 노드들의 링크 정보를 입력받아 각 노드들의 소정 조건에 대응하여 경로 최적화 모델을 구축하여 각 서비스 기능 체이닝에 대한 복수의 경로를 계산하고 그에 대응하는 경로에 분배될 플로우를 결정하는 단계가 수행된다(S402).
- [0044] 상기 제어 평면은 플로우와 SFC(Service Function Chaining) 네트워크 토폴로지 정보를 바탕으로 플로우에 대한 SFC를 구별하고 각 SFC에 대한 복수의 경로와 각 해당 경로에 분배될 플로우를 결정하게 되며, 상기 경로 최적화 모델은 각 링크와 각 SF 인스턴스에 할당되는 플로우 비율을 계산하여 구축하게 된다.
- [0045] 상기 경로 최적화 시스템 모델을 구축하기 위하여 하기와 같이 각 노드의 구조에 대해 정의할 수 있다.
- [0046] 보다 구체적으로, 서비스 기능 체이닝(SFC) 네트워크 토폴로지는 지향성 그래프 $G=(V,E)$ 로 나타낼 수 있다. 노드 집합 V 는 SFF(service function forwarder), SN 노드(service node), 인그레스(ingress) 노드, 이그레스(egress) 노드로 구성되어 있으며, 각각은 $V_{SFF}, V_{SN}, V_{in}, V_{eg}$ 로 나타낸다.
- [0047] 링크 집합 E 는 노드 v 를 서로 연결하는 링크들의 집합으로써 $E=\{(i,j)|L(i,j)=1, \forall i,j \in V\}$ 로 나타낼 수 있다.

$L(i, j)$ 는 링크 연결성을 나타내며, 그 값이 1일 경우에는 i노드와 j노드 간에 링크가 있다는 것을 의미하고, 그 해당 링크 캐패시티는 $C(i, j)$ 로 정의한다. 잉그레스(Ingress) 노드와 이그레스(egress) 노드는 각각 트래픽 플로우들이 들어오고, 나가는 노드를 의미한다. 특히, 본 모델에서는 앞선 동작과정에서 설명했듯이 제어 평면으로부터 경로 설정에 대한 결과값을 받아 트래픽을 분류하는 IETF SFC의 분류기(classifier) 역할을 잉그레스(ingress) 노드가 수행한다. 즉, 잉그레스(ingress) 노드에서는 서비스 기능 패스(service function path : SFP)를 다른 노드들이 확인하기 위한 SFC 캡슐화(encapsulation)가 수행된다.

[0048] 그리고 SN은 특정 서비스 기능 SF(Service Function) 인스턴스가 가상머신 (VM: virtual machine) 형태로 구현될 수 있는 범용 서버로 간주할 수 있다. SN은 CPU, 메모리, 디스크 등의 L개의 자원 유형을 가질 수 있다. 따라서 한 SN i의 L개 자원 유형들의 용량 집합은 $R(i) = \{r_1(i), \dots, r_L(i)\}$ 로 나타낼 수 있다. SN 안에서는 각 SFC의 들어오는 플로우 양에 따라서 다양한 VM 규격으로 SF 인스턴스가 생성될 수 있다.

[0049] 따라서 본 모델에서는 K개의 VM 클래스를 가정하며, 이 집합은 $K = \{1, \dots, K\}$ 로 나타낼 수 있다. SN은 L개 타입의 자원 유형을 가지고 있어 각 VM 클래스 k는 SN에 대한 L개 타입의 자원 요구량을 가지게 된다. 이 자원 요구량 집합은 $R_k = \{r_1^k, \dots, r_L^k\}$ 로 나타낼 수 있으며, 이 자원 요구량에 따라서 미리 정의된 프로세싱 캐패시티를 C_k 로 정의한다. 또한, 한 SN i안의 SF m에 대한 각 클래스 k개수의 집합은 $K_{(i,m)} = \{k_{(i,m)}^1, \dots, k_{(i,m)}^{N_{(i,m)}}$ 로 나타낸다.

[0050] 본 모델의 네트워크 토폴로지에서 SFF는 단지 다른 SFF나 SN 내부의 SF 인스턴스로의 포워딩 역할만 수행한다. 이 포워딩은 SFC 캡슐화(encapsulation)에 나와 있는 SFP 정보를 확인하여 수행할 수 있다. 따라서 링크는 잉그레스(ingress) 노드와 이그레스(egress) 노드를 포함하여 SFF 간 또는 SFF와 SN 간을 연결한다.

[0051] 이때, 구성된 네트워크 토폴로지 내에서는 총 M개의 SF가 구현될 수 있다고 가정한다. 이 M개의 SF 집합은 $M = \{1, \dots, M\}$ 로 나타낼 수 있다. 또한 M개의 SF로 구성될 수 있는 s개의 네트워크 서비스, 즉 s개의 SFC를 고려한다. 이 S개의 SFC 집합은 $S = \{1, \dots, S\}$ 로 나타낼 수 있다. SFC s에 해당하는 트래픽 플로우들은 정의된 SF 순서 $(s_1, \dots, s_{T_s})$ 에 맞게 처리되어야 하며, s_i 는 SFC s의 i번째 SF를 뜻한다. 각 SFC에는 같은 SF라도 다른 순서에 배치될 수 있기 때문에 SFC의 집합과 SF 집합을 맵핑(mapping) 시키기 위해 SF 할당 함수 $s_{(i,m)}$ 을 사용한다. 예를 들어, $s_{(i,m)} = 1$ 이면, SFC s의 i번째 SF는 m이 된다.

[0052] 또한, 동일한 SF m에 대해서 다수의 SN에 VM 클래스 k를 가지고 인스턴스가 생성될 수 있다. 따라서 이를 나타내기 위해 SF 인스턴스 배치에 대한 지시 함수인 $v_{(i,k,n)}^m$ 을 도입한다. 예를 들어, $v_{(i,k,n)}^m = 1$ 은 SF m의 인스턴스가 SN i안에 VM 클래스 k를 가지고, n번째로 생성되었다는 것을 의미한다. 각 SFC가 요구되는 여러 사용자들에 의해서 발생된 트래픽 플로우는 잉그레스(ingress) 노드에서 모인다고 가정하며, SFC s에 대한 트래픽 플로우 양은 F_s^i 로 정의한다. 직관적으로, 한 SF 인스턴스로 들어오거나 한 링크를 지나는 플로우의 양은 그 해당 캐패시티를 넘어설 수는 없다. 따라서 한 SFC s에 대한 플로우는 여러 개의 SFP로 분배될 수 있으며, 이를 위해서 각 링크와 SF 인스턴스에 할당되는 플로우 양을 구해야 한다. 이러한 양을 결정하기 위한 결정 변수로써 0과 1 사이의 범위를 갖는 $f_{(i,i)}^{s_i}$ 를 $f_{(i,k,n)}^{s_i}$ 도입한다. $f_{(i,i)}^{s_i}$ 는 SF s_i 를 이미 처리하고 링크 (i, j)를 지나는 플로우 비율을 의미한다. 또한, 한 SF에 대해 다수의 인스턴스가 한 SN 안에 존재할 수 있기 때문에 $f_{(i,k,n)}^{s_i}$ 는 SF s_i 를 이미 처리하고 SN i의 VM class k에 해당하는 n번째 인스턴스로 분배되는 플로우 비율을 의미한다. 이러한 $f_{(i,i)}^{s_i}$ 와 $f_{(i,k,n)}^{s_i}$ 가 가질 수 있는 가능한 모든 값들의 집합을 F라고 정의한다.

[0053] 한편, 상기 경로 최적화 시스템 모델을 바탕으로 최적화 제약 조건 설계한다.

[0054] 최적화 목적함수와 제약 조건

[0055] 앞선 최적화 제약 조건의 목적은 주어진 플로우 즉 F_s^i 에 대해서 네트워크 자원 사용량을 최소화하기 위해 모든 링크에 대한 $f_{(i,i)}^{s_i}$ 와 모든 SF 인스턴스에 대한 $f_{(i,k,n)}^{s_i}$ 를 구하는 것이다. 이는 활용할 수 있는 자원을 최대화시킬

수 있기 때문에 더 많은 플로우를 수용할 수 있으며, 네트워크 자원 이용률을 높일 수 있다.

[0056] 최적화 문제의 목적 함수인 네트워크 자원 사용량 U_R 은 하기 수식 1과 같이 나타낼 수 있다.

[0057] 수식 1

$$U_R = \frac{1}{|E| + |P|} \left(\sum_{s \in \mathcal{S}} \sum_{t \in [0:T_s]} \sum_{(i,j) \in E} \frac{F_s^c f_{(i,j)}^{s_t}}{C(i,j)} + \sum_{s \in \mathcal{S}} \sum_{t \in [0:T_s-1]} \sum_{i \in V_{SN}} \sum_{k \in \mathcal{K}} \sum_{n \in \mathcal{K}_{(i,s_t)}} \frac{F_s^c f_{(i,k,n)}^{s_t}}{C_k} \right)$$

[0058] $|E|$ 와 $|P|$ 는 각각 링크의 수와 SF 인스턴스 수를 나타내며, 각 변수의 s_t 는 SFC s 의 플로우가 어떠한 SF에 대해서도 아직 처리되지 않았다는 것을 의미한다.

[0060] 이 목적함수를 바탕으로 다음으로는 최적화 문제의 제약 조건에 대해서 설명한다.

[0061] 첫 번째로 트래픽 플로우 보존에 대한 제약 조건을 설명한다. 특히, SFC 특성상 SFC에 순서화되어 있는 SF를 고려하여 플로우가 보존되어야 한다. 먼저, 각 SFF로 들어오는 플로우 양과 나가는 플로우 양은 같아야만 한다. 이 경우 각 SFC에 순서화되어 있는 SF들이 처리되었는지의 여부가 중요하다. 따라서 이 제약 조건은 하기 수식 2와 같다.

[0062] 수식 2

$$\sum_{j \in V} f_{(j,i)}^{s_t} = \sum_{j \in V} f_{(i,j)}^{s_t}, \forall s \in \mathcal{S}, t \in [0:T_s], \forall i \in V_{SFF}$$

[0063] SN에 대해서도 SFF와 마찬가지로 들어오는 플로우 양과 나가는 플로우 양은 같아야만 한다. 이때 SFF와는 달리 SN에서는 각 SFC의 특정 SF에 대해서 플로우 처리가 이루어지기 때문에 이를 고려해야 한다. 따라서 이 제약 조건은 하기 수식 3과 같이 표현된다.

[0065] 수식 3

$$f_{(j,i)}^{s_t} = f_{(i,j)}^{s_{(t+1)}}, \forall s \in \mathcal{S}, t \in [0:T_s-1], \forall j \in V_{SFF}, \forall i \in V_{SN}$$

[0066] 또한, 한 SFC의 SF에 대해서 서로 다른 SN에 위치한 인스턴스로 플로우가 할당될 수 있다. 따라서 다수의 SN으로 유입되는 플로우 양은 해당 SFC의 플로우 양과 같아야만 한다. 이 제약 조건은 다음 수식 4와 같다.

[0068] 수식 4

$$\sum_{j \in V_{SFF}} \sum_{i \in V_{SN}} f_{(j,i)}^{s_t} = 1, \forall s \in \mathcal{S}, t \in [0:T_s-1]$$

[0069] Ingress 노드는 SFC 플로우가 유입되는 노드이기 때문에 ingress 노드로부터 나가는 플로우는 어떠한 SF에 대해서도 처리되지 않아야만 한다. 이 제약 조건은 다음과 수식 5와 같이 나타낼 수 있다.

수식 5

$$\sum_{t \in [1:T_s]} \sum_{j \in V} f_{(V_{ing}, j)}^{s_t} = 0, \sum_{j \in V} f_{(V_{ing}, j)}^{s_0} = 1, \forall s \in \mathcal{S}$$

이그레스(Egress) 노드로는 잉그레스(Ingress) 노드와는 반대로 모든 플로우가 해당 SFC의 모든 SF에 대해서 처리되어 들어가야 하며, 이는 다음 수식 6과 같다.

수식 6

$$\sum_{t \in [0:T_s-1]} \sum_{j \in V} f_{(j, V_{eg})}^{s_t} = 0, \sum_{j \in V} f_{(j, V_{eg})}^{s_{T_s}} = 1, \forall s \in \mathcal{S}$$

플로우 보존 제약조건의 마지막으로 결정 변수인 두 플로우 비율 변수 간의 관계는 다음 수식 7과 같다.

수식 7

$$\sum_{j \in V_{SFF}} f_{(j, i)}^{s_t} = \sum_{k \in \mathcal{K}} \sum_{n \in \mathcal{K}_{(i, s_t)}} f_{(i, k, n)}^{s_t}, \quad t \in [0:T_s-1], \forall s \in \mathcal{S}, \forall i \in V_{SN}$$

다음으로 자원의 캐패시티와 관련된 제약 조건을 설명한다. 먼저, 한 링크를 지나는 플로우 양의 합은 그 링크의 캐패시티를 초과할 수 없기 때문에 다음 수식 8과 같이 표현된다.

수식 8

$$\sum_{s \in \mathcal{S}} \sum_{t \in [0:T_s]} F_s^c f_{(i, j)}^{s_t} \leq C(i, j), \quad (i, j) \in E$$

마찬가지로 SF 인스턴스에 할당되는 플로우 양의 합은 그 인스턴스 (즉, VM)의 캐패시티를 넘어서면 안 된다. 이 제약 조건은 다음 수식 9와 같다.

수식 9

$$\sum_{s \in \mathcal{S}} F_s^c f_{(i, k, n)}^{s_t} \leq C_k, \quad i \in V_{SN}, \quad t \in [0:T_s-1], \forall k \in \mathcal{K}, n \in \mathcal{K}_{(i, s_t)}$$

마지막으로, SFC에서 중요한 제약조건으로 SFC에서 정의된 SF 순서에 맞게 플로우는 처리되어야 한다. 예를 들어, SFC s 의 플로우가 s_t 에 의해서 처리가 되었다면, 다음은 SF $s_{(t+1)}$ 의 인스턴스가 존재하는 SN으로 유입되어야 한다. 이 제약 조건은 다음 수식 10과 같이 나타낼 수 있다.

수식 10

$$\sum_{m \in \mathcal{M}} \sum_{k \in \mathcal{K}} \sum_{n \in \mathcal{K}_{(i, m)}} s_{(t, m)} v_{(i, k, n)}^m \geq \sum_{m \in \mathcal{M}} s_{(t, m)} f_{(j, i)}^{s_{(t-1)}}, \\ i \in V_{SN}, j \in V_{SFF}, t \in [1:T_s], s \in \mathcal{S}$$

따라서, 본 발명의 경로 최적화 조건의 목적 함수와 제약 조건을 살펴보면, 최적화 문제는 $f_{(i, i)}^{s_t}$ 와 $f_{(i, k, n)}^{s_t}$ 에 대해서 선형적으로 설계되어 있기 때문에 선형 프로그래밍(LP: Linear Programming)라는 것을 알 수 있다. LP는

충분히 다항 시간 내에 풀어내는 종래의 알고리즘이 구현된 LP 솔버(solver)로 해결이 가능하다.

[0089] 이어서 상기 각 경로에 대해 계산된 결과 및 각 경로에 분배되는 상기 플로우 결과를 전달하는 단계가 수행된다 (S403).

[0090] 그리고 상기 전달된 결과를 데이터 평면의 인그레스 노드에서 각 노드에 플로우를 할당하는 단계가 수행된다 (S404).

[0091] 시뮬레이션 결과 예제

[0092] 본 발명의 서비스 기능 체이닝 네트워크 시스템의 경로 최적화 모델을 이용하여 시뮬레이션을 구현하여 일 예를 보여준다.

[0093] 여기서, 시뮬레이션 토폴로지로는 인터넷2(Internet2)의 연구 네트워크인 어블라이니(Abliene) 네트워크 토폴로지 사용하였으며, 4개의 SF(Firewall, Proxy, IDS, NAT)와 2개의 SFC: 1) Firewall-IDS-NAT, 2) Proxy-Firewall-NAT를 고려한다. 또한, vCPU의 하나의 자원 유형만 가정하며, 3개의 VM 클래스 (자원 요구량-캐패시티: 1vCPU-0.5Gbps / 2vCPU-1Gbps / 4vCPU-2Gbps)를 사용한다. 본 결과에서는 LP solver를 이용하여 풀어진 최적값 (OPT: Optimal)과 2개의 알고리즘과 비교한다.

[0094] 첫 번째 알고리즘인 uniform distribution (UD)는 SF 인스턴스 캐패시티에 상관없이 균등하게 플로우를 분배하는 알고리즘이며, 두 번째 알고리즘인 PD(Proportional Distribution:PD)는 SF 인스턴스 캐패시티에 비례하여 플로우를 분배하는 알고리즘이다. 특히, 성능 측정은 각 SFC의 플로우 2Gbps에 대해 네트워크 자원 사용량 (U_R)과 처리되지 못한 플로우 양 (F_R)로 보여준다.

[0095] 도 5는 본 발명의 SFC 플로우 양에 따른 최적의 경로 설정 방법에 의한 결과를 도시한 도면이고, 도 6은 본 발명의 SFC 네트워크의 링크 캐패시티에 따른 최적의 경로 설정 방법의 결과를 도시한 도면이다.

[0096] 도 5 및 도 6에 도시된 바와 같이, 상기 시뮬레이션 토폴로지를 사용하여 각각 SFC의 주어진 플로우 양과 링크 캐패시티가 증가할 때의 결과를 보여준다. OPT는 플로우 양과 링크 캐패시티에 상관없이 최적으로 플로우를 분배함으로써 모든 트래픽 플로우를 처리할 수 있는 것을 볼 수 있는 반면에, UD와 PD는 몇몇 링크와 SF 인스턴스의 자원을 충분히 활용하지 못하기 때문에 남은 플로우의 양이 발생한다. 또한, OPT와 두 알고리즘은 주어진 캐패시티에 대해서 더 많은 플로우가 링크와 SF 인스턴스에 할당되기 때문에 플로우 양의 증가에 따라 네트워크 자원 사용량이 증가하는 것을 볼 수 있다. 반대로, 주어진 플로우에 대해서 링크 캐패시티가 증가하면 더 많은 플로우를 할당할 수 있기 때문에 링크 캐패시티가 증가할수록 네트워크 자원 사용량이 감소하는 것을 알 수 있다.

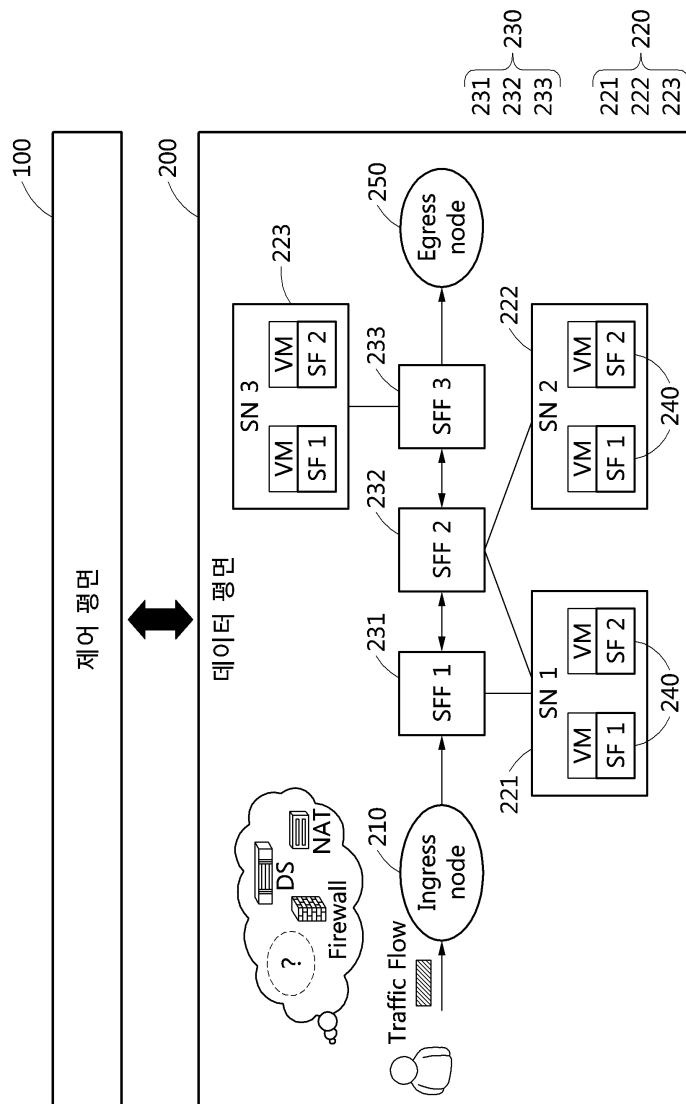
[0097] 본 발명의 권리범위는 상술한 실시예에 한정되는 것이 아니라 첨부된 특허청구범위내에서 다양한 형태의 실시예로 구현될 수 있다. 특허청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진자라면 누구든지 변형 가능한 다양한 범위까지 본 발명의 청구범위 기재의 범위 내에 있는 것으로 본다.

부호의 설명

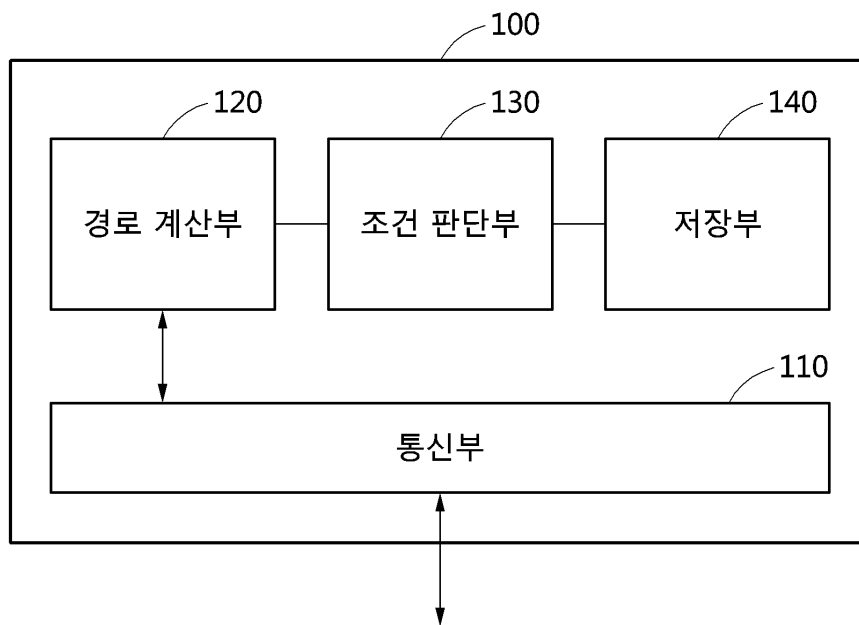
[0098]	100 --- 제어 평면	110 --- 통신부
	120 --- 경로 계산부	130 --- 조건 판단부
	140 --- 저장부	200 --- 데이터 평면
	210 --- 인그레스 노드	220 --- SN 노드
	230 --- SFF 노드	240 --- SF 노드
	250 --- 이그레스 노드	

도면

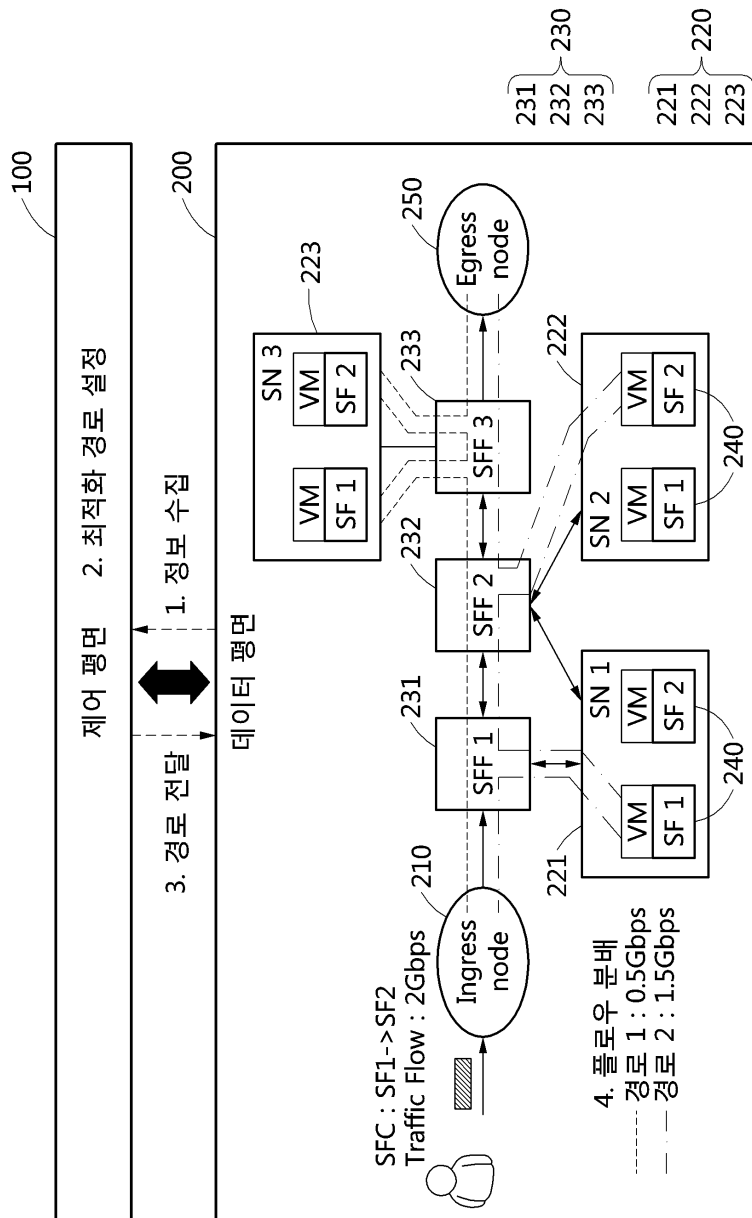
도면1



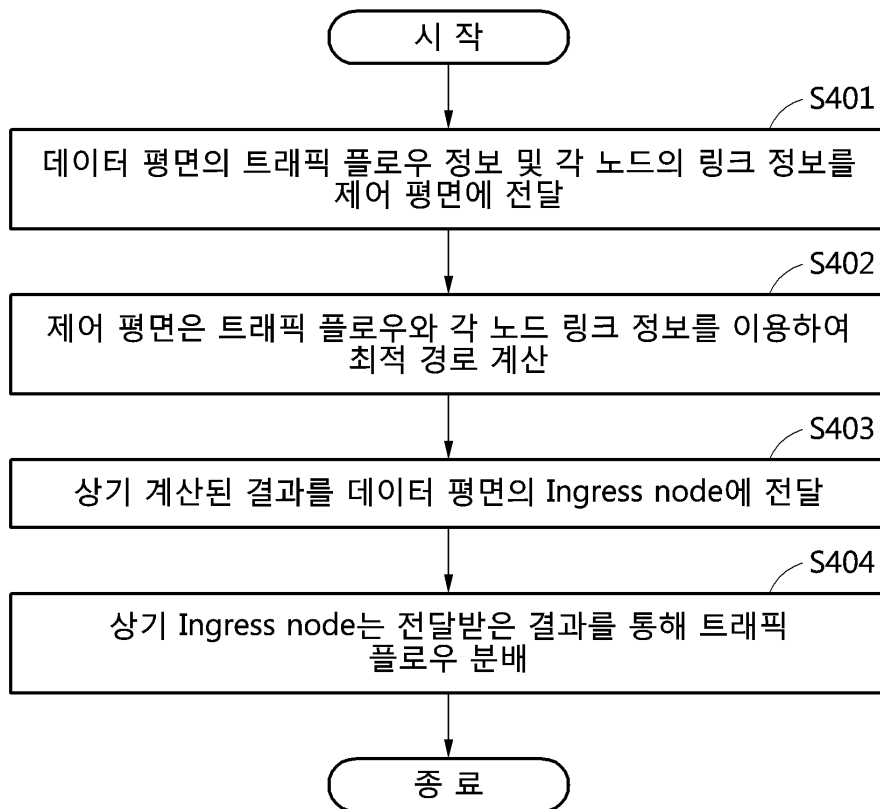
도면2



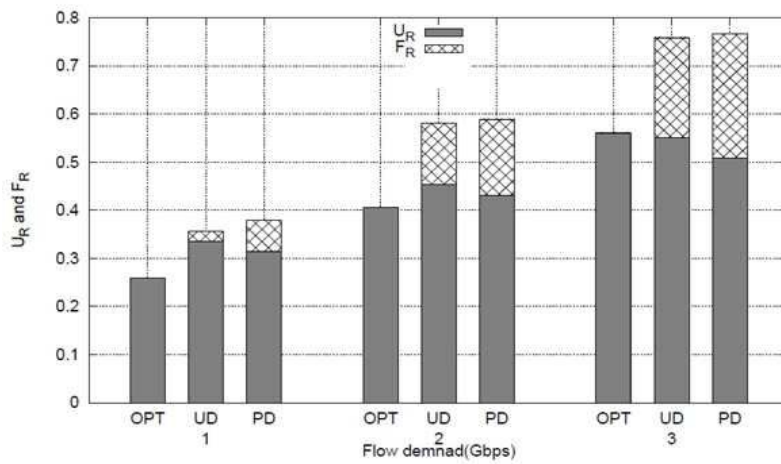
도면3



도면4



도면5



도면6

