



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0088713  
(43) 공개일자 2015년08월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H04L 12/26 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2014-0194580  
(22) 출원일자 2014년12월31일  
심사청구일자 없음  
(30) 우선권주장  
14/163,669 2014년01월24일 미국(US)

(71) 출원인  
팔로 알토 리서치 센터 인코포레이티드  
미국 캘리포니아주 94304 팔로 알토 코요테 힐 로  
드 3333  
(72) 발명자  
이그나시오 솔리스  
미합중국 94080 캘리포니아주 사우스 샌프란시스  
코 샤논 파크 코트 7236  
글렌 씨. 스콧  
미합중국 94024 캘리포니아주 로스 알토스 실비아  
드라이브 271  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
장훈

전체 청구항 수 : 총 5 항

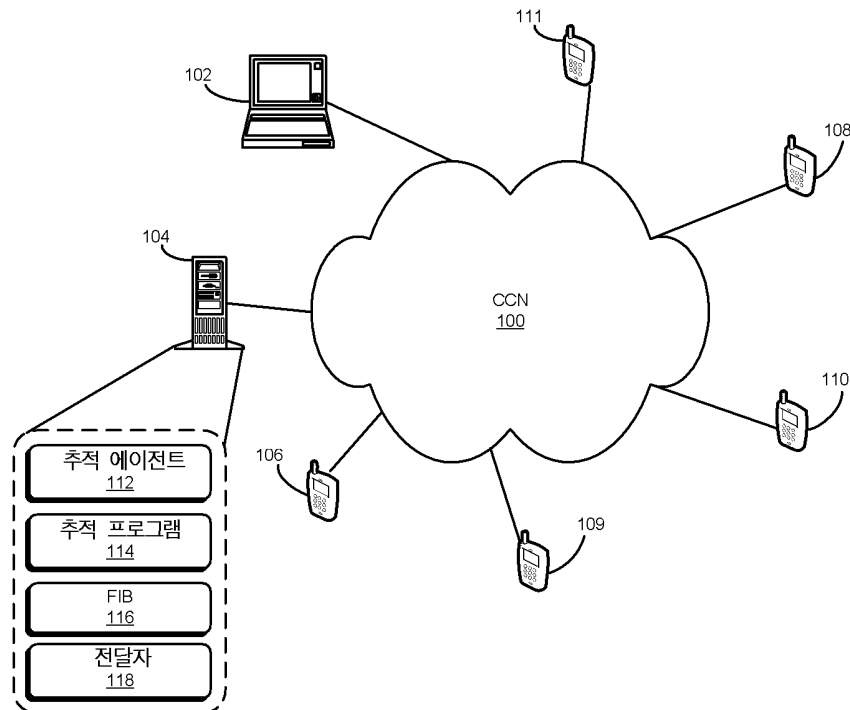
(54) 발명의 명칭 네임드-데이터 네트워크를 통한 엔드-투-엔드 노선 추적

(57) 요약

노선-추적 어플리케이션은 다양한 네트워크 노드에 걸쳐서 배치된 추적 에이전트를 사용하여 네임드-데이터 네트  
워크 내의 경로의 성능을 측정할 수 있다. 동작 동안, 네트워크 노드는 인터레스트의 이름을 사용하여 전달 정보  
베이스(FIB) 내의 특업 연산을 수행함으로써 노선-추적 인터레스트를 프로세싱할 수 있고, 이때, 각 FIB 엔트리

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



는 이름을 전달 규칙에 매핑할 수 있다. 만일 FIB가 인터레스트의 노선-추적 이름에 대한 엔트리를 포함하지 않는다면, 네트워크 노드에서 추적 에이전트는 인터레스트의 이름에 기초하여 노선-추적 동작에 대한 하나 이상의 아웃바운드 인터페이스를 결정하고, 새로운 노선-추적 FIB 엔트리를 생성하며, 각 FIB 엔트리는 인터레스트의 이름을 결정된 인터페이스에 대한 전달 규칙에 매핑한다. 네트워크 노드는 인터레스트를 만족시키는 콘텐츠 오브젝트를 반환하고, 여기서 콘텐츠 오브젝트는 새로운 FIB 엔트리의 이름을 포함하고, 또한 경로에 대한 성능 정보를 포함한다.

(72) 발명자

**마이클 에프. 플래스**

미합중국 94040 캘리포니아주 마운틴뷰 세인트 글레스 레인 2727

**아이언 비. 크랩트리**

영국 IP9 2NN 서폴크 입스위치 타팅스톤 화이트 홀스 더 올드 코티지스 3

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

네임드-데이터 네트워크 내의 경로의 성능을 측정하는 컴퓨팅 시스템에 있어서, 상기 시스템은,  
하나 이상의 프로세서들;

메모리; 및

상기 하나 이상의 프로세서들에서 실행될 때, 상기 컴퓨팅 시스템이 방법을 수행하도록 야기하는 저장된 명령들을 저장하는 상기 하나 이상의 프로세서들에 연결된 컴퓨터-관독가능한 매체를 포함하고, 상기 방법은,

수신된 인터레스트가 루트(route)-추적 동작에 대응하는 이름을 포함한다고 결정하는 단계;

상기 인터레스트의 이름에 기초하여 상기 루트-추적 동작에 대하여 하나 이상의 아웃바운드 인터페이스들을 결정하는 단계;

상기 아웃바운드 인터페이스들에 대하여 하나 이상의 새로운 전달 정보 베이스(FIB) 엔트리들을 생성하는 단계로, 각 FIB 엔트리는 상기 인터레스트의 이름을 대응하는 아웃바운드 인터페이스를 포함하는 전달 규칙에 매핑하는, 상기 생성하는 단계; 및

상기 인터레스트를 만족하는 콘텐츠 오브젝트를 반환하는 단계로, 상기 콘텐츠 오브젝트는 적어도 상기 새로운 FIB 엔트리들의 이름들을 포함하는, 상기 단계를 포함하는, 컴퓨팅 시스템.

**청구항 2**

제1항에 있어서, 상기 방법은,

상기 로컬 네트워크 노드에 대한 추적 정보를 결정하는 단계를 더 포함하고, 상기 추적 정보는,

노드 식별자;

타임스탬프;

총 경로 통행 시간;

각 이웃까지의 통행 시간;

추적된 프리픽스하에 캐시된(cached) 콘텐츠 오브젝트들의 이름과 수;

네임스페이스하의 노드에 의해 발급된 인터레스트들에 대한 평균 응답 시간들;

이웃 노드들까지의 한 세트의 링크들;

상당한 양의 프리 스페이스나 천(churn)의 양;

혼잡 정보;

파워 상태 정보;

위치 정보; 및

상기 네임스페이스에 대한 펜딩(pending) 인터레스트의 수 중 하나 이상을 포함하는, 컴퓨팅 시스템.

**청구항 3**

제2항에 있어서, 상기 방법은,

상기 추적 정보를 또한 포함하도록 상기 콘텐츠 오브젝트를 생성하는 단계를 더 포함하는, 컴퓨팅 시스템.

**청구항 4**

제1항에 있어서, 상기 방법은,

상기 인터레스트의 이름은 또한 상기 로컬 네트워크 노드에 의해 제공되는 네임스페이스에 대응한다는 결정에 응하여, 적어도 제2 루트-추적 동작에 연관된 추적 정보를 포함하도록 제2 콘텐츠 오브젝트를 생성하는 단계를 더 포함하는, 컴퓨팅 시스템.

**청구항 5**

제1항에 있어서,

상기 인터레스트의 이름이 루트-추적 동작과 연관된다고 결정하는 단계는 상기 인터레스트의 이름의 컴포넌트가 루트-추적 동작이나 어플리케이션에 대하여 미리 결정된 이름과 매칭한다고 결정하는 단계를 포함하는, 컴퓨팅 시스템.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 개시는 일반적으로 컴퓨터 네트워크의 네트워크 경로를 분석하는 것에 관련된다. 좀 더 상세하게는, 본 개시는 네임드-데이터 네트워크(NDN) 내의 경로의 성능을 측정하는 방법과 장치에 관련된다.

**배경 기술**

[0002] 인터넷 프로토콜(IP) 네트워크는 네트워크를 횡단할 때, 패킷에 택한 경로에 대한 정보를 수집하는 트래이스라우트(traeroute)라고 불리는 툴을 사용한다. 노선 추적 동안, 소스 노드는 네트워크를 가로질러서 목적지 주소를 향해서 "에코 요청" 패킷을 송신하고, 목적지(예를 들면, 라우터)로 향하는 경로를 따라 있는 네트워크 노드로부터 "에코 응답" 메시지를 수신할 수 있다.

[0003] 트래이스라우트는 패킷 상의 타임-투-리브(time-to-live, TTL) 필드를 이용하여 패킷의 경로에 대한 홉의 최대 숫자를 명시하고, 트래이스라우트 툴은 이를 통해 지연을 측정하기 위하여 사용한다. 목적지 노드를 향하는 각 홉에서, 패킷은 패킷을 전달하기 전에 TTL을 감소시키는 새로운 노드에 도착한다. 패킷이 한 노드에서 0의 TTL에 도달할 때, 해당 노드는 소스 노드에게 패킷에 오류가 있다고 고지하는 오류 패킷을 생성하여 반환한다.

[0004] 트래이스라우트 어플리케이션은 경로의 노드로부터 온 오류 패킷을 이용하여 경로의 추적을 생성한다. 첫번째 반복에서, 트래이스라우트 어플리케이션은 1의 TTL을 갖는 목적지 노드로 패킷을 송신하여 최초-홉 노드로부터 오류 패킷을 획득한다. 트래이스라우트는 어떤 노드가 반환 메시지로부터 온 최초의 홉에 대응하는지 결정한다. 트래이스라우트는 다음으로 각 반복에 대하여 TTL 값을 1씩 증가시키면서 해당 프로세스를 반복한다. 길이  $N$ 의 경로에 대하여  $N$  회 반복 이후에, 트래이스라우트는 경로를 따라서 각 홉의 노드로부터 응답을 수신하고, 그리고 응답을 분석하여 해당 경로의 추적을 생성한다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0005] 불행하게도, 트래이스라우트 기법은, 콘텐츠-중심 네트워크(CCN)나 네임드 데이터 네트워크(NDN)와 같은, 패킷이 TTL 필드를 포함하지 않는 컴퓨터 네트워크에서 작동하지 않는다. CCN에서, 네트워크 노드는 요청된 콘텐츠에 대하여 이름을 포함하는 인터레스트 패킷을 유포함으로써 콘텐츠를 요청할 수 있다. 다른 노드들은 콘텐츠의 이름에 기초하여 인터레스트를 전달할 수 있거나, 또는 인터레스트를 만족시키도록 요청된 콘텐츠를 포함하는 콘텐츠 오브젝트를 반환할 수 있다.

**과제의 해결 수단**

[0006] 본 발명의 일 실시예는, 네임드-데이터 네트워크 내의 경로의 성능을 측정하는 컴퓨팅 시스템을 제공한다. 동작 동안, 소스 노드는 경로에 대한 정보를 결정하기 위하여 노선-추적 인터레스트를 주어진 데이터 부분과 연관되는 콘텐츠 프로듀서에게 유포할 수 있다. 인터레스트를 수신하는 네트워크 노드는 인터레스트의 이름이 네트워크 노드에 의해 제공되지 않은 네임스페이스(namespace)와 연관되는지 여부를 결정할 수 있다. 만일 인터레스트

의 이름이 네트워크 노드에 의해서 제공되지 않는다면, 네트워크 노드는 인터레스트의 이름에 기초하여 노선-추적 동작에 대한 하나 이상의 아웃바운드 인터페이스를 결정하고, 그리고 아웃바운드 인터페이스에 대하여 하나 이상의 새로운 전달 정보 베이스(FIB)를 생성할 수 있다. FIB 엔트리는 인터레스트의 이름을 대응하는 아웃바운드 인터페이스를 포함하는 전달 규칙에 매핑할 수 있다. 연속하여, 네트워크 노드는 인터레스트를 만족시키고, 적어도 새로운 FIB 엔트리의 이름을 포함하는 콘텐츠 오브젝트를 반환한다.

[0007] 본 실시예의 일 변형에서, 시스템은 상기 로컬 네트워크 노드에 대한 추적 정보를 결정한다. 상기 추적 정보는 타임스탬프, 총 경로에 대한 통행 시간, 네임스페이스 하의 노드에 의해 발급된 인터레스트에 대한 평균 응답 시간들, 각 이웃까지의 통행 시간, 그리고 이웃 노드들까지의 한 세트의 링크를 포함할 수 있다. 상기 추적 정보는 또한 추적된 프리픽스(prefix) 하에 캐시된 많은 콘텐츠 오브젝트, 상기 캐시된 콘텐츠 오브젝트에 대한 이름, 많은 양의 프리 스페이스나 천(churn), 혼잡 정보, 파워 상태 정보, 위치 정보, 노드 식별자, 네임스페이스에 대한 많은 펜딩(pending) 인터레스트를 포함할 수 있다.

[0008] 다른 변형에서, 네트워크 노드는 상기 추적 정보도 포함하도록 상기 콘텐츠 오브젝트를 생성한다.

[0009] 다른 변형에서, 네트워크 노드는 제2 노선-추적 동작에 연관된 이름을 포함하는 제2 인터레스트를 수신한다. 만일 로컬 네트워크 노드가 제2 인터레스트의 이름이 로컬 네트워크 노드에 의해 제공되는 네임스페이스에 대응한다고 결정하면, 네트워크 노드는 적어도 제2 노선-추적 동작과 연관되는 추적 정보를 포함하는 제2 콘텐츠 오브젝트를 생성한다. 네트워크 노드는 다음으로 제2 인터레스트를 만족시키는 제2 콘텐츠 오브젝트를 반환한다.

[0010] 다른 변형에서, 네트워크 노드가, 제2 인터레스트의 이름에 기초하여, 아웃바운드 인터페이스는 제2 콘텐츠 노선-추적 동작을 위하여 존재한다고 결정하면, 네트워크 노드는 아웃바운드 인터페이스에 대한 전달 정보 베이스(FIB) 엔트리를 생성할 수 있다. 따라서, FIB 엔트리를 생성함으로써, 네트워크 노드는 네임스페이스와 연관되는 이웃 노드까지 "펀치 스루(punch through)"하는 경로를 생성한다. 네트워크 노드는 또한 새로운 FIB 엔트리에 대한 이름을 포함하도록 제2 콘텐츠 오브젝트를 생성할 수 있으며, 이는 네트워크 노드가 로컬 네트워크 노드로부터 온 추적 정보를 반환할 뿐만 아니라, 또한 네임스페이스와 연관된 하나 이상의 이웃 노드로 가는 아웃바운드 인터페이스에 대한 정보를 반환하는 것을 허용한다.

[0011] 다른 변형에서, 인터레스트의 이름이 노선-추적 동작과 연관된다고 결정하는 단계는 인터레스트의 이름의 컴포넌트가 노선-추적 동작에 대한 미리 결정된 이름과 매칭된다고 결정하는 단계를 포함한다.

[0012] 본 실시예에 대한 일 변형에서, 새로운 FIB 엔트리를 생성하는 단계는 아웃바운드 인터페이스에 대한 인터페이스 식별자를 결정하는 단계를 포함한다. 네트워크 노드는 인터레스트의 이름과 인터페이스의 식별자를 포함하는 추적 이름을 생성한다. 네트워크 노드는 다음으로 추적 이름을 아웃바운드 인터페이스를 포함하는 전달 규칙에 매핑시키는 FIB 엔트리를 생성한다.

[0013] 본 실시예에 대한 일 변형에서, 네트워크 노드는 대응하는 타임아웃 기간이 도래하였다고 결정한 이후에, 또는 대응하는 노선-추적 동작이 완료되었다고 감지한 이후에, 또는 추적 프로그램으로부터, FIB 엔트리를 제거하는 명령을 포함하는 메시지를 수신한 이후에 FIB 엔트리를 제거한다.

[0014] 본 실시예에 대한 일 변형에서, 이름은 하나 이상의 이름 컴포넌트 세트를 포함한다. 각 이름 컴포넌트는 인터레스트를 프로세싱하는 하나 이상의 추적-노선 어플리케이션, 노선-추적 동작을 수행하게 되는 데이터 부분에 대한 이름, 경로를 따라 있는 하나 이상의 노드에 대한 아웃고잉 인터페이스, 그리고 FIB로 진입하는 전달 규칙을 지시한다.

[0015] 본 실시예에 대한 일 변형에서, 인터레스트의 이름이 네트워크 노드에 의해 제공되는 네임스페이스와 연관되는지 여부를 결정하는 단계는 인터레스트의 이름을 사용하여 FIB 내의 룩업 연산을 수행하는 단계를 포함하며, 이때, 각 FIB 엔트리는 이름을 전달 규칙에 매핑시킨다.

**도면의 간단한 설명**

[0016] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른, CCN을 포함하는 네트워크 환경을 보여주는 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른, CCN 내의 노드의 정확한 전달 성능을 측정하는 프로세스를 보여주는 시공간 도면이다.

도 3a는 본 발명의 일 실시예에 따른, 전달 성능을 측정하는 인터레스트를 유포하는 추적 프로그램에 대한 프로세스를 보여주는 흐름도이다.

도 3b는 본 발명의 일 실시예에 따른, 인터레스트에 응답하는 에이전트 추적 프로그램을 갖는 노드에 대한 프로세스를 보여주는 흐름도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른, 특정 네임스페이스를 추적하는 인터레스트를 수신하기 전에 노드 C의 FIB를 보여주는 블록도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른, 추적 에이전트에서 노선-추적 인터레스트를 프로세싱한 이후에 노드 C의 FIB를 보여주는 블록도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른, CCN 내의 노드의 정확한 전달 성능을 측정하는 컴퓨터 시스템을 보여준다.

도면에서, 유사한 참조번호는 동일한 특징 구성요소를 참조한다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0017] 다음의 설명은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진자가 본 실시예들을 만들고 사용하는 것을 가능하게 하도록 표현되고, 특정 응용과 요구사항의 맥락에서 제공된다. 개시된 실시예에 대한 다양한 변경이 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진자에게 명백할 것이며, 여기 정의되는 일반적인 원칙은 본 발명의 정신이나 영역으로부터 벗어나지 않고 다른 실시예와 응용에 적용될 수 있다. 따라서, 본 발명은 여기 설명되는 실시예에 한정되지 않고, 다만 여기 개시되는 원칙과 특징에 일치하는 가장 넓은 영역에 일치한다.

[0018] 본 상세한 설명에 기술되는 데이터 구조와 코드는 전형적으로 컴퓨터-관독가능한 저장 매체에 저장되며, 이는 컴퓨터 시스템에 의한 사용을 위하여 코드 및/또는 데이터를 저장할 수 있는 장치나 매체일 수 있다. 컴퓨터-관독 가능한 저장 매체는 휘발성 메모리, 비-휘발성 메모리, 디스크 드라이브 같은 자성 및 광 저장 장치, 자성 테이프, CD(컴팩트 디스크), DVD(디지털 다기능 디스크 또는 디지털 비디오 디스크), 또는 현재 알려져 있거나 나중에 개발될 컴퓨터-관독가능한 미디어를 저장할 수 있는 기타 미디어를 포함할 수 있지만, 이에 한정되지 않는다.

[0019] 본 발명의 실시예는 콘텐츠-중심 네트워크(CCN) 내의 네트워크 노드의 올바른 전달 성능을 측정하는 문제를 해결한다. 예를 들면, CCN 노드는 추적 에이전트"를 포함할 수 있으며, 이는 전달 규칙 엔트리를 경로의 일부를 형성하는 노드의 FIB에 추가한다. 이들 엔트리는 인터레스트가 연속적인 경로 횡단 동안 노드를 통해 직접 흘러가는 것을 허용하여, 노드에서 추적 에이전트에 의한 불필요한 프로세싱과 인터레스트가 그들의 목적지 노드로 향할 때 연관되는 지연을 회피하게 된다.

[0020] 추적 프로그램은 경로-추적 인터레스트를 목적지 노드로 유포함으로써 주어진 인터레스트를 만족시킬 수 있는 네트워크 노드를 향한 경로의 성능을 결정할 수 있다. 그러나, 전형적인 추적 프로그램은 목적지 노드로 향하는 중간 노드의 경로를 따라서 한 추적 에이전트로부터 다른 것으로 흘러가는 인터레스트를 송신한다. 중간 노드에서 인터레스트를 프로세싱하는 추적 에이전트를 사용하는 것은, 각 노드의 전반적인 전달 시간을 증가시켜서, 경로를 따라서 노드의 올바른 전달 성능을 측정하는 것을 어렵게 한다. 이것은 인터레스트를 목적지 노드로 전달하는 시간을 포함할 뿐만 아니라, 또한 각 중간 노드가 추적 에이전트에서 인터레스트를 프로세싱하기 위하여 소모하는 시간의 양도 포함하게 되는, 부정확한 전과 지연을 초래한다.

[0021] 이러한 문제를 해결하기 위하여, 인터레스트가 중간 노드에 도착하였을 때, 단일 규칙 엔트리가 인터레스트를 전달하는 FIB 내에 존재한다면, 노드는 인터레스트를 다음 노드로 직접 전달한다. 이는 추적 에이전트 프로세싱으로 인한 불필요한 오버헤드를 피한다. 한편, FIB가 인터레스트를 전달하는 규칙 엔트리를 포함하지 않는다면, 노드는 인터레스트를 FIB 엔트리를 생성하는 로컬 노드에서 동작하는 추적 에이전트로 전달한다.

[0022] 추적 에이전트는 하나 이상의 이웃 노드에 도달하는 전달 규칙 엔트리를 생성하여, 이들을 로컬 FIB에 추가할 수 있다. 추적 에이전트는 또한 소스 추적 프로그램에 대한 콘텐츠 오브젝트를 생성하고, 인터레스트를 만족하는 콘텐츠 오브젝트를 반환한다. 콘텐츠 오브젝트는 FIB 엔트리 이름과 로컬 노드로부터 온 추적 정보를 포함한다. 노드로부터 응답을 수신한 이후에, 소스 노드에서 추적 프로그램은 FIB 엔트리 이름을 갖는 새로운 인터레스트를 생성할 수 있다. 새로운 인터레스트는 추적 프로그램이 경로를 따라서 추가적인 노드에 도달하는 추적을 수행하는 것을 허용한다.

[0023] 새로운 인터레스트가 위에 설명된 동일한 중간 노드에 도달하면, 노드의 추적 에이전트는 전달 노드가 인터레스트를 전달하기 위하여 사용할 수 있는 FIB 내의 엔트리가 있을 것이므로, 인터레스트 상의 추가적인 프로세싱을 수행할 필요가 없을 것이다. 이것은 각 중간 노드에서 추가적인 프로세싱 오버헤드를 유발하지 않고 목적지 노

드를 향해 인터레스트가 전파되는 것을 허용한다.

- [0024] 일부 실시예에서, 소스 노드에 있는 추적 프로그램은 경로-추적 프리픽스를 이름에 추가하고, 갱신된 이름을 포함하는 경로-추적 인터레스트를 생성함으로써 주어진 이름과 연관된 콘텐츠 프로듀서를 향해 경로를 추적할 수 있다. 예를 들면, 프리픽스는 /trace/agent/일수 있다. 추적 에이전트는 자신을 네임스페이스 "/trace/agent"에 대한 디폴트 목적지로서 등록할 수 있다. 만일 인커밍 인터레스트가 프리픽스 "/trace/agent/Interface2"를 갖지만, FIB는 이 프리픽스에 대한 전달 규칙 엔트리를 포함하지 않는다면, 네트워크 노드는 (예를 들면, 프리픽스 "/trace/agent"에 기초하여) 인터레스트를 로컬 추적 에이전트에 전달할 수 있다. 추적 에이전트는 새로운 전달 규칙 엔트리를 로컬 FIB에 추가한다.
- [0025] 소스 노드에서 추적 프로그램이 각 네트워크 노드로부터 상기 경로를 따라서 응답을 수신한 이후에, 추적 프로그램은 이들 노드의 정확한 전달 성능을 계산할 수 있다. 예를 들면, 네트워크는 추적 프로그램을 포함하는 소스 노드 "A", 중간 노드 "B"와 "C", 그리고 목적지 노드 "D"를 포함할 수 있다. 노드 C가 노드 A로 응답을 송신하면, 추적 프로그램은 인터레스트 패킷이 노드 C에 도달하기 위하여 요구되는 시간에 기초하여 노드 B의 정확한 전달 성능을 계산할 수 있다. 또한, 노드 D가 노드 A로 응답을 송신하면, 추적 프로그램은 노드 B와 C 모두에 대하여 정확한 전달 성능을 계산할 수 있다. 추적 프로그램은 노드 B에 대한 알려진 성능에 기초하여 노드 C에 대한 성능을 도출할 수 있다.
- [0026] 이제부터 예제는, 노드를 통한 정규 트래픽의 흐름을 방해하지 않으면서, 통상적인 CCN 동작을 탈피하여 경로-추적 동작(예를 들면, 프리픽스 "trace/agent")를 촉발하기 위하여 경로-추적 프리픽스를 사용하는 단계를 설명된다. 그러나, 일부 실시예에서, 예를 들면, 경로-추적 서픽스(suffix)를 콘텐츠 오브젝트의 이름에 추가함으로써(예를 들면, ".../trace"), 대안의 경로-추적 지시자가 가능하다.
- [0027] CCN에서, 통신이 데이터의 소비자에 의해 구동된다. CCN 아키텍처는 두 패킷 유형, 인터레스트 패킷과 콘텐츠 오브젝트(예를 들면, 데이터)를 제공한다. ("쿼리"라고도 불리는) 인터레스트 패킷은 일부 콘텐츠에 대한 요청이다. 인터레스트 패킷은 어떤 콘텐츠가 요구되는지 어떤 콘텐츠가 요구되지 않는지를 표현하는 쿼리의 특별한 형태를 인코딩한다. 콘텐츠 오브젝트 패킷은 콘텐츠의 단위를 포함한다. 콘텐츠 오브젝트 패킷은 그들의 전체 이름을 그들 내부에 포함하여 자가-식별한다. 소비자는 그의 인터레스트를 콘텐츠 중심 네트워크를 통해 브로드캐스팅함으로써 콘텐츠를 요청하고, 인터레스트를 만족시킬 수 있는 인터레스트의 어느 수신자나 콘텐츠 오브젝트에 응답할 수 있다. 콘텐츠 오브젝트는 오직 인터레스트에 응하여 전송되며, 해당 인터레스트를 소비한다. 인터레스트와 콘텐츠 오브젝트는 모두 콘텐츠 이름(또는 CCN)에 의해 교환되는 콘텐츠를 식별한다. 일 실시예에서, 콘텐츠 오브젝트는, 만일 인터레스트 패킷 내의 CCN 이름이 데이터 패킷 내의 CCN 이름의 프리픽스라면, 인터레스트를 "만족"시킬 수 있다. 다음의 용어는, 콘텐츠-중심 네트워크(CCN) 같은, 네임드 데이터 네트워크(NDN) 아키텍처의 구성요소를 설명한다.
- [0028] 콘텐츠 오브젝트: 네임드 데이터의 싱글 부분이며, 유일한 이름에 종속된다. 콘텐츠 오브젝트는 "지속적"이고, 이는 콘텐츠 오브젝트가 컴퓨팅 장치 내에서 또는 상이한 컴퓨팅 장치를 가로질러서 돌아다닐 수 있지만, 그러나 변하지 않는다는 것을 의미한다. 만일 콘텐츠 오브젝트의 어느 컴포넌트가 바뀐다면, 변경을 가한 엔티티는 갱신된 콘텐츠를 포함하는 새로운 콘텐츠 오브젝트를 생성하고, 새로운 콘텐츠 오브젝트를 새로운 유일한 이름에 결속시킨다.
- [0029] 이름: NDN 내의 이름은 전형적으로 위치 독립적이며 콘텐츠 오브젝트를 유일하게 식별한다. 데이터-전달 장치는 이름이나 이름 프리픽스(prefix)를 사용하여, 콘텐츠 오브젝트의 네트워크 주소나 물리적 위치에 상관없이, 콘텐츠 오브젝트를 생성하거나 저장하는 네트워크 노드로 패킷을 전달할 수 있다. 일부 실시예에서, 이름은 계층적으로 구조화된 가변-길이 식별자(hierarchically structured variable-length identifier, HSVLI)일 수 있다. HSVLI는 수개의 계층적인 컴포넌트로 분할되어, 다양한 방법으로 구조화될 수 있다. 예를 들면, 개별적인 이름 컴포넌트 parc, home, ndn 및 test.txt는 좌측-지향 프리픽스-위주의(a left-oriented prefix-major)방식으로 구조화되어 이름 "parc/home/ndn/test.txt"를 형성할 수 있다. 따라서, 이름 "parc/home/ndn"은 "parc/home/ndn/test.txt"의 "부모" 또는 "프리픽스"일 수 있다. 추가적인 컴포넌트가, 협업 문서 같은, 상이한 버전의 콘텐츠 아이템들을 구별하도록 사용될 수 있다.
- [0030] 일부 실시예에서, 이름은 비-계층적 식별자를 포함할 수 있는데, 예를 들면, 콘텐츠 오브젝트의 데이터(예를 들면, 체크섬 값)로부터 도출되거나, 그리고/또는 콘텐츠 오브젝트의 이름의 구성요소로부터 도출되는 해시값이 있다. 이름은 또한 플랫폼 라벨일 수 있다. 이제부터 여기서, "이름"은, 이름 프리픽스, 플랫폼 이름, 고정-길이 이름, 임의의-길이 이름 또는 라벨(예를 들면, 멀티프로토콜 라벨 스위칭(MPLS) 라벨)과 같은, 네임-데이터 네트

워크 내의 데이터 부분에 대한 이름을 지칭하도록 사용된다.

- [0031] 인터레스트(Interest): 데이터 부분에 대한 요청을 지시하고, 데이터 부분에 대한 이름(또는 이름 프리픽스)을 포함하는 패킷. 데이터 소비자는 정보-중심 네트워크에 걸쳐서 요청이나 인터레스트를 유포할 수 있고, 이를 NDN 라우터가 저장 장치(예를 들면, 캐시 서버)로, 또는 요청된 데이터를 제공하여 요청이나 인터레스트를 만족시킬 수 있는 데이터 프로듀서로 전파할 수 있다.
- [0032] 일부 실시예에서, NDN 시스템은 콘텐츠-중심 네트워킹(CCN) 아키텍처를 포함할 수 있다. 그러나, 여기 개시되는 방법은 또한 다른 NDN이나 또는 다른 정보-중심 네트워크(ICN) 아키텍처에도 적용가능하다.
- [0033] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른, CCN(100)을 포함하는 네트워크 환경을 보여주는 도면이다. CCN(100)은, 랩톱 컴퓨터(102), 미디어 서버(104), 그리고 CCN(100)을 통해 서로 연결된 스마트폰(106-111)을 포함한다. 장치는, 랩톱 컴퓨터, 태블릿이나 슬레이트 컴퓨터, 스마트폰, 또는 개인용 디지털 보조기(PDA) 같은 모바일 컴퓨팅 장치나, 또는 데스크톱 컴퓨터나 홈 미디어 서버 같은 고정 컴퓨팅 장치를 포함하는, 어느 유형의 컴퓨팅 장치일 수 있는 것을 주목하라.
- [0034] 또한, 각 장치는 기타 다른 컴퓨터 중에서도, 추적 에이전트, 추적 프로그램, FIB, 그리고 전달자를 가질 수 있다. 컴포넌트의 예는 추적 에이전트(112), 추적 프로그램(114), FIB(116), 그리고 전달자(118)를 포함하는, 미디어 서버(104)를 보여준다. 추적 프로그램(114)은 CCN의 노드에 저장된 콘텐츠를 요청하기 위하여 네트워크로 인터레스트를 제출한다. 추적 에이전트(112)는 경로 추적과 노드의 전달 성능의 측정을 가능하게 한다. FIB(116)는 전달 테이블이다. 전달 테이블은, 어떤 이웃 노드나 노드에 인터레스트가 송신되어야 하는지 결정하도록, 노드에 대한 정보를 유지한다. 전달자(118)는 네트워크상의 인터레스트 및/또는 패킷을 전달한다. 추적 경로 상에 위치한 추적 프로그램과 추적 에이전트 간의 인터랙션은 도 2와 관련되어 논의되고, 더 상세한 사항은 도 3a 및 도 3b와 더불어 설명된다.
- [0035] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른, CCN 내의 노드의 정확한 전달 성능을 측정하는 프로세스를 보여주는 시간 간 도면이다. 추적 프로그램의 노드로부터 추적된 이름의 콘텐츠를 저장하는 목적지 노드까지의 경로 내의 각 노드에, 네임스페이스 /trace/agent/를 모니터링하는 추적 에이전트가 있다. 추적 에이전트가 아웃바운드 인터페이스에 대하여 매칭하는 FIB 엔트리를 갖지 않는 네임스페이스 내의 인터레스트를 탐지하면, 추적 에이전트는 해당 인터레스트를 프로세싱하고 하나 이상의 FIB 엔트리 전달 규칙을 FIB에 추가한다. 추적 에이전트는 FIB 엔트리 전달 규칙을 추적 에이전트의 노드와 목적지 노드로 향하는 다음-홉 노드 간의 인터페이스를 가리키도록 설정한다.
- [0036] 일부 실시예에서, 추적 에이전트는 자신을 네임스페이스 "/trace/agent/"에 대하여 디폴트 목적지로 등록할 수 있다. 만일 인커밍 인터레스트가 프리픽스 "/trace/agent/"를 갖지만, FIB는 인터레스트의 전체 이름(예를 들면, "/trace/agent/Interface2")에 대하여 전달 규칙 엔트리를 포함하지 않는다면, 네트워크 노드는 인터레스트를 로컬 추적 에이전트에 전달하여 필요한 FIB 엔트리를 생성하도록 할 수 있다.
- [0037] 추적 에이전트는 다음으로 다른 추적 정보뿐만 아니라 FIB 내에 전달 규칙 엔트리의 이름을 포함하는 콘텐츠 오브젝트를 생성하고, 콘텐츠 오브젝트를 추적 프로그램으로 반환한다. 추적 프로그램은 전달 규칙 엔트리의 이름을 갖는 새로운 인터레스트를 생성하고, CCN으로 새로운 인터레스트를 송신한다. 전달 규칙 엔트리는 새로운 인터레스트가, 추적 에이전트에 의해 프로세싱되지 않고도, 노드를 통해 직접 흘러가는 것을 허용하여, 정확한 전달 성능 측정을 가능하게 한다.
- [0038] 도 2에서, 각 노드 A-G는 자신을 네임스페이스 /trace/agent/에 대한 디폴트 목적지로 등록한 추적 에이전트를 포함한다. 노드 A는 노선-추적 프로세스를 개시하는 추적 프로그램을 포함하고, 노드 G는 노선-추적 프로세스에 대한 목적지 노드로서 제공된다. 중간 노드에 있는 추적 에이전트가 네임스페이스 내의 인터레스트를 수신하면, 추적 에이전트는 인터레스트를 프로세싱하고 FIB 엔트리를 연관된 FIB에 추가한다. 예를 들면, 노드 A에서 동작하는 추적 에이전트는 인터페이스 AB를 나타내는 FIB 엔트리를 생성하고, FIB 엔트리 이름을 갖는 콘텐츠 오브젝트를 노드 A에 있는 추적 프로그램으로 반환한다.
- [0039] 콘텐츠 오브젝트를 수신한 이후에, 추적 프로그램은 FIB 엔트리 이름을 갖는 새로운 인터레스트(202)를 생성하고, 인터레스트(202)를 노드 B로 송신한다. 추적 프로그램과 각 개별 노드 간에 수행되는 단계는 도 3과 관련하여 좀 더 상세하게 논의된다. 노드 B는 또한 도 3b에 도시된 단계들을 수행하여 FIB 엔트리를 그의 FIB에 추가하고, FIB 엔트리 이름을 갖는 콘텐츠 오브젝트(204)를 추적 프로그램으로 반환한다.
- [0040] 추적 프로그램은 다음으로 수신된 FIB 엔트리 이름에 대한 다른 인터레스트(206)를 생성하고 유포할 수 있으며,



이는 노드 C로 전파된다. 인터레스트(206)는 에이전트 프로세싱의 추가적인 오버헤드 없이 노드 B를 통해 흘러간다. 노드 C는 도 3에 도시된 단계를 수행하여, FIB 엔트리를 그의 FIB에 추가하고, 그리고 FIB 엔트리 이름을 갖는 콘텐츠 오브젝트(208)를 반환한다. 이에 따라, 추적 프로그램은 프로세싱의 오버헤드 노드 B의 정확한 전달 성능을 새로이 계산할 수 있으며, 계산은 노드 B에서 프로세싱하는 추적 에이전트의 오버헤드에 의해 영향받지 않는다.

[0041] 노드 D, E, 그리고 F에 대한 인터레스트를 반복적으로 송신한 이후에, 추적 프로그램은 추적 에이전트의 오버헤드 없이 각 노드 F, E, 그리고 D에 대한 정확한 전달 성능을 계산한다. 추적 프로그램(114)은 다음으로 다른 인터레스트(214)를 생성하여 목적지 노드 G로 송신하고, 그리고 노드 G는 네트워크를 통해서 인터레스트(214)를 수신한다. 노드 G는 인터레스트(214)를 만족하는 콘텐츠 오브젝트(216)에 응답하고, 그리고 또한 노드 A에 대한 추적 정보를 포함한다. 노드 A에 있는 추적 프로그램은 노드 F, E, D, C, 그리고 B의 정확한 전달 성능을 계산할 수 있으며, 중간 노드에서 프로세싱하는 추적 에이전트의 오버헤드가 상기 계산 결과에 영향을 주지 않는다.

[0042] 각 노드에서, 추적 에이전트는 다음 홉의 id 컴포넌트를 포함하도록 추적 이름을 덧붙인다. 추적 프로세스의 종료시, 최종 인터레스트는 모든 노드/id/링크를 이름 컴포넌트로서 포함한다. 이러한 유형의 추적은 또한 콘텐츠-기반이나 네임-기반이 아닌 다른 네트워크에도 채택될 수 있다는 것을 주목하라.

[0043] 프로세스의 매 단계마다, 네트워크 내의 각 홉은 또한 노드 A로 추적 정보를 반환한다. 이 추적 정보는 인터레스트가 추적 에이전트에 도달하는데 걸리는 시간과 추적된 프리픽스하에 캐시된 콘텐츠 오브젝트의 이름과 수를 포함할 수 있다. 이 정보는 네임스페이스와 관련된 다양한 아이템을 포함할 수 있는데, 네임스페이스 하의 노드에 의해 발급된 인터레스트에 대한 평균 응답시간이나 네임스페이스에 대한 펜딩 인터레스트의 수 같은 것이 있다. 추적 정보는 또한 노드에 특정되지만 네임스페이스에 특정되지 않은 정보를 포함할 수 있는데, 예를 들면, 한 세트의 노드 링크, 방대한 프리스페이스나 천(churn), 파워 상태, 위치, 노드 식별자(ID), 등이 있다. 추적 프로그램은 다양한 방법으로 경로 정보를 표현할 수 있다. 예를 들면, 추적 프로그램은 한 세트의 노드 식별자로서 추적 결과를 표현할 수 있다. 대안으로, 추적 프로그램은 한 세트의 인터페이스나 페이스 식별자를 디스플레이할 수 있다. 용어 "페이스"는 이제부터 인터페이스나 가상 인터페이스를 지칭한다.

[0044] 도 3a는 본 발명의 일 실시예에 따른, 전달 정보를 측정하는 인터레스트를 유포하는 추적 프로그램에 대한 프로세스를 보여주는 흐름도이다. 도 3a와 도 3b에 도시된 프로세스는 추적 경로의 각 노드의 정확한 전달 성능을 측정한다. 도 3a와 도 3b에 도시된 통신과 동작은 추적 프로그램과 추적 경로의 각 노드 간에 발생한다. 반복은 최초의 노드(예를 들면, 콘텐츠를 요청하는 노드)에서 시작하고, 목적지 노드까지 계속된다. 도 3a와 도 3b에 도시된 각 동작의 순서와 동작을 수행하는 컴포넌트는 구현에 따라 다양할 수 있으며, 본 발명의 실시예는 도 3a와 도 3b에 도시된 동작의 순서에 한정되지 않는다.

[0045] 추적 프로그램은 초기에 인터레스트를 추적 에이전트로 송신한다. 추적 에이전트는 이름을 추출하고, 전달할 다음 노드를 결정하고, FIB 엔트리를 생성하여 해당 엔트리를 FIB에 추가한다. 추적 에이전트는 다음으로 FIB 엔트리 이름과 추적 정보를 포함하는 콘텐츠 오브젝트를 생성하고, 콘텐츠 오브젝트를 추적 프로그램으로 송신한다. 추적 프로그램은 FIB 엔트리 이름을 갖는 새로운 인터레스트를 생성하고 네트워크에 제출한다. 인터레스트가 추적 경로를 따라 전파됨에 따라서, 유사한 프로세스가 추적 경로의 각 중간 노드에 위치한 각 추적 에이전트에 의해 반복된다.

[0046] 도 3a에 도시된 것처럼, 추적 프로그램은 초기에 추적-노선 인터레스트를 생성하고 유포한다(동작 302). 생성된 인터레스트는 프리픽스 /trace/agent/와 추적되고 있는 이름을 포함한다. 예를 들면, 만일 추적 프로그램이 /company/path/content/object를 추적하고자 한다면, 추적 프로그램은 이름 /trace/agent/company/path/content/object를 갖는 요청된 콘텐츠에 대한 추적-노선 인터레스트를 생성한다. 추적 프로그램은 추적-노선 인터레스트를 추적 에이전트로 유포한다. 초기에, 추적 프로그램은 인터레스트를 추적 프로그램과 동일한 노드(예를 들면, 소스 노드 A)에 위치한 추적 에이전트로 송신한다. 추적되고 있는 경로를 따라서 있는 노드들은 연속하는 인터레스트를 목적지 노드로 전파한다.

[0047] 추적 프로그램은 인터레스트에 대한 콘텐츠 오브젝트를 수신하고(동작 304), 콘텐츠 오브젝트가 목적지 노드로부터 왔는지 여부를 결정한다(동작 306). 목적지 노드로부터 온 콘텐츠 오브젝트는 추적 정보와 요청된 콘텐츠를 포함할 수 있다. 만일 콘텐츠 오브젝트가 목적지 노드로부터 온 것이라면, 추적 프로그램은 다른 인터레스트를 생성하지 않는다. 이전의 인터레스트는 이미 목적지 노드에 도달했고, 경로 측정은 완료된다.

[0048] 만일 콘텐츠 오브젝트가 목적지로부터 온 것이 아니라면, 추적 프로그램은 콘텐츠 오브젝트를 사용하여 말단 노

드의 FIB 엔트리를 선택한다(동작 308). 추적 프로그램은 새로운 콘텐츠 오브젝트로부터 FIB 엔트리를 추출하고 또한 다른 추적-노선 인터레스트를 생성하고 유포할 수 있다(동작 310). 추적 프로그램은 콘텐츠 오브젝트 내의 하나 이상의 FIB 엔트리 이름에 기초하여 인터레스트를 생성할 수 있다. 일부 구현에서, 만일 복수의 FIB 엔트리 이름이 있다면, 추적 프로그램은 단일한 다음 홉으로 전달하는 FIB 엔트리 이름들 중에 하나를 선택함으로써 인터레스트를 생성할 수 있다. 만일 오직 하나의 FIB 엔트리만 있다면, 추적 프로그램은 해당 FIB 엔트리에 대하여 인터레스트를 생성한다. 예를 들면, 추적 프로그램은 FIB 엔트리 이름 /trace/agent/company/path/content/object/id(AB)/id(BC)에 대하여 인터레스트를 생성할 수 있다. 프로세스는 다음으로 다른 콘텐츠 오브젝트를 추적 경로 내의 다음 노드로부터 수신하는 추적 프로그램으로 계속된다.

[0049]

추적 프로그램은 추적의 최초 노드로부터 목적지 노드까지의 경로 내의 모든 각 홉에 대하여 새로운 인터레스트(예를 들면, /company/path/content/object)를 생성할 수 있다. 또한, 추적 프로그램은 인터레스트가 인터레스트를 만족시킬 수 있는 콘텐츠를 저장하는 목적지 노드에 도착할 때까지 동작(302 부터 310)을 반복할 수 있다. 인터레스트는 동일한 유형의 규칙에 기초하여 목적지 노드까지 전달되고, 비-추적노선 인터레스트와 동일한 양의 시간을 소비한다는 것을 주목하라.

[0050]

도 3b는 본 발명의 일 실시예에 따른, 인터레스트에 응답하는 에이전트 추적 프로그램을 갖는 노드에 대한 프로세스를 보여주는 흐름도이다. 도 3b에 도시된 것처럼, 노드는 추적 프로그램으로부터 네트워크 경로를 따라 전파된 인터레스트를 수신한다. 노드는, 만일 인터레스트의 이름이 로컬 네트워크 노드에 대응한다면 인터레스트에 응답한다. 그렇지 않고, 만일 현존하는 FIB 엔트리가 있다면, 추적 에이전트는 이름을 추출하고, 이름과 연관되는 다음-홉 노드를 결정하고, FIB 엔트리를 생성하고, 그리고 FIB 엔트리를 FIB에 추가한다. 추적 에이전트는 다음으로 FIB 엔트리 이름과 추적 정보를 포함하는 콘텐츠 오브젝트를 생성하고, 그리고 콘텐츠 오브젝트를 추적 프로그램으로 송신한다. 목적지 노드는 전달 노드를 결정할 필요가 없고, FIB에 대하여 FIB 엔트리를 생성할 필요가 없다는 것을 주목하라. 차라리, 목적지 노드는 추적 정보를 최초의 노드로 돌려보내고, 그리고 인터레스트 내에 명명된 콘텐츠 또한 돌려보낼 수 있다.

[0051]

도 3b에 도시된 것처럼, 노드는 초기에 인터레스트를 수신한다(동작 312). 노드는 인터레스트의 이름이 로컬 네트워크 노드에 대응하는지 여부를 결정한다(동작 314). 만일 인터레스트의 이름이 로컬 네트워크 노드에 대응한다면, 노드는 요청된 콘텐츠로 인터레스트에 응답한다(동작 316). 노드는 추적 정보를 갖는 콘텐츠 오브젝트와 요청된 콘텐츠를 갖는 콘텐츠 오브젝트를 생성하고, 콘텐츠 오브젝트를 반환할 수 있다. 추적 정보는 이웃 노드의 리스트, 시간 지연, 타임스탬프, 각 이웃까지의 통행 시간, 그리고 기타 다른 정보를 포함할 수 있다.

[0052]

일부 실시예에서, 노드는 새로운 FIB 엔트리에 관한 정보를 포함하는 콘텐츠 오브젝트를 생성하고 반환할 수도 있다. 예를 들면, 만일 노드가 인터레스트 내에 명시된 네임스페이스에 대한 콘텐츠를 제공할 수 있는 이웃 노드로 향하는 아웃바운드 인터페이스가 존재한다고 결정한다면, 네트워크 노드는 아웃바운드 인터페이스에 대한 전달 정보 베이스(FIB) 엔트리를 생성할 수 있다. 이에 따라, FIB 엔트리를 생성함으로써, 로컬 노드는 네임스페이스에 대한 추가적인 콘텐츠로 응답할 수도 있는 이웃 노드로 "펀치 스루(punch through)"하는 경로를 생성한다. 로컬 노드는 로컬 노드로부터의 추적 정보를 포함하고, 게다가 인터레스트의 네임스페이스에 대해서도 콘텐츠를 제공할 수 있는 이웃 노드로 향하는 새로운 FIB 엔트리 상의 정보를 포함할 수 있다.

[0053]

만일 인터레스트의 이름이 로컬 네트워크 노드에 대응하지 않는다면, 노드는 인터레스트의 이름과 연관되는 FIB 엔트리 전달 규칙이 있는지 여부를 결정한다(동작 318). 만일, 현존하는 FIB 엔트리가 있다면, 노드는 인터레스트를 경로 내의 다음 노드로 전달한다(동작 320). 예를 들면, 만일 인터레스트가 /trace/agent/company/path/content/object/id(AB)/id(BC)의 이름으로 도착하고, 그 이름이 로컬 FIB 내에 있다면, 노드 A는 상기 인터레스트를 "id(AB)"에 의해 식별된 인터페이스를 통해 노드 B로 전달한다. 이러한 시나리오에서, 추적 에이전트는 인터레스트의 프로세싱에 관여하지 않는다는 것을 주목하라. 동작(314, 318, 320)은 전달자에 의해서 수행될 수 있지만, 그러나 세부적으로는 다양한 상이한 구현이 가능할 것이다. 만일 FIB 내에 이미 전달 규칙 엔트리가 있다면 추적 에이전트를 바이패스(bypass)함으로써, 에이전트 프로세싱으로 인한 노드의 지연은 없다.

[0054]

한편, 만일 FIB가 매칭하는 엔트리를 포함하지 않는다면, 노드는 인터레스트를 노드에 있는 추적 에이전트로 송신한다(동작 322). 추적 에이전트는 추적되고 있는 이름(/company/path/content/object)을 수신하고, 그리고 인터레스트를 전달할 다음 노드를 결정한다(동작 324). 추적 에이전트는 FIB를 참조하여 어떤 노드로 이 이름을 갖는 인터레스트를 전달해야 하는지 결정할 수 있다. 노드 C에 대한 FIB의 예는 도 4와 도 5에 도시된다. 본 예에서, 인터레스트는 노드 B로 전달되고, 노드 A에서 노드 B로의 링크는 AB로서 표현된다.

- [0055] 추적 에이전트는 새로운 FIB 엔트리를 생성하여, FIB 엔트리를 FIB에 추가한다(동작 326). 추적 에이전트는 아웃바운드 인터페이스에 대한 인터페이스 식별자를 결정할 수 있으며, 이는 추적 경로 내의 다음 노드에 대응한다. 예를 들면, 추적 에이전트는 인터레스트의 이름과 인터페이스 식별자를 포함하는 추적 이름을 생성하고, 인터페이스에 대한 id 컴포넌트를 만들고, 그리고 id 컴포넌트를 추적 이름에 첨부한다. 추적 에이전트는 다음으로 추적 이름이 아웃바운드 인터페이스를 포함하는 전달 규칙에 매핑하도록 FIB 엔트리를 생성하여, FIB 엔트리를 FIB에 추가한다.
- [0056] 예를 들면, 노드 B에 있는 추적 에이전트는 FIB 엔트리로서 /trace/agent/company/path/content/object/id(AB)/id(BC)를 FIB에 추가하고, 인터페이스 BC를 나타내도록 FIB 엔트리를 설정한다. 일부 실시예에서, 추적 에이전트는 다음 홉을 나타내도록 FIB 엔트리를 설정할 수 있다. FIB 엔트리를 FIB에 추가함으로써, /trace/agent/company/path/content/object/id(AB)/id(BC)의 이름을 갖는 인터레스트가 도착하는 다음번에, 전달자는, 추적 에이전트를 사용하여 노드 B에서 인터레스트를 프로세싱하지 않고, 자동으로 인터레스트를 노드 C로 전달할 것이다.
- [0057] 일부 실시예에서, 추적 에이전트는 복수의 FIB 엔트리를 생성하고 만들 수 있으며, 그리고/또는 복수의 아웃바운드 인터페이스를 포함하는 전달 규칙을 갖는 FIB 엔트리를 만들 수 있다. 이들 복수의 FIB 엔트리 및/또는 복수의 아웃바운드 인터페이스는 싱글 경로를 통해서 보다는 트리(tree) 패턴을 통해 전파하는 추적을 허용한다.
- [0058] 추적 에이전트는 다음으로 추적 프로그램에 대한 응답을 조합하고, 이 응답을 포함하는 콘텐츠 오브젝트를 생성한다(동작 328). 이 콘텐츠 오브젝트는 추적 정보뿐만 아니라 경로 내의 다음 홉으로 계속하기 위해서 필요한 정보를 갖고 있다. 콘텐츠 오브젝트는,
- [0059] /trace/agent/company/path/content/object/id(AB)/id(BC)/id(CD)와 같은, 생성된 FIB 엔트리의 이름을 포함할 수 있다. 예를 들면, 추적 에이전트는 이름 /trace/agent/company/path/content/object를 갖는 콘텐츠 오브젝트를 생성할 수 있으며, 이는 인터레스트 요청 콘텐츠의 이름에 대응한다. 추적 에이전트는 인터레스트를 만족시키는 콘텐츠 오브젝트를 반환할 수 있다(동작 330).
- [0060] 일부 실시예에서, 노드는 네임스페이스에 대한 복수의 전달 엔트리를 가질 수 있다. 이에 따라, 추적 에이전트는 복수의 엔트리를 FIB에 추가할 수 있다. 하나의 FIB 엔트리는 인터레스트를 하나의 노드(예를 들면, 노드 B)로 전달하는 규칙을 포함할 수 있으며, 다른 엔트리는 인터레스트를 다른 노드(예를 들면, 노드 C)로 전달하는 규칙을 포함할 수 있다. 무엇보다도, FIB 엔트리는 인터레스트를 하나를 초과하는 노드(예를 들면, 노드 B와 노드 C)로 전달하거나, 또는 복수의 대체 노드(예를 들면, 노드 B 또는 노드 C)로 전달하는 규칙을 포함할 수 있다. 추적 에이전트는 소스 노드에 있는 추적 프로그램이 다른 인터레스트를 생성하기 위하여 사용할 수 있는 이들 복수의 전달 엔트리를 포함하는 콘텐츠 오브젝트를 생성할 수 있다. 엔트리의 유형과 숫자는 중간 노드의 파라미터 세팅에 종속되고, 또한 상이한 전달 전략과 구현에 따라 다양할 수 있다. 본래의 노드에서 수행되는 추적 프로그램(예를 들면, 추적 프로그램 114)은 적용할 전달 규칙을 결정하거나, 또는 단순히 추적을 종료할 수 있다.
- [0061] 일부 실시예에서, 추적 프로그램은 복수의 횡수를 수행하여, 각 수행에 대한 응답 간의 차이가 더 많은 정보를 산출하도록 한다. 이러한 정보는, 예를 들면, 변화율이나 추적 프로그램 실행들 사이의 시간 동안 특정 네임스페이스에 도달하는 인터레스트의 수를 포함할 수 있다.
- [0062] 추적 에이전트는 미리 정해진 타임아웃 기간 이후에 추적 FIB 엔트리를 제거할 수 있다(또는 FIB 엔트리는 자동 타임아웃 값과 연관될 수 있다). 일부 실시예에서, 추적 에이전트는 추적 동작이 종료하는 시기를 탐지하여, 그 시점에 추적 FIB 엔트리를 즉시 제거할 수 있다. 예를 들면, 추적 프로그램은 중간 노드에서 모든 추적 FIB 엔트리를 제거하는 최종 메시지 라운드(아마도 역으로)를 송신할 수 있다.
- [0063] 일부 실시예는 지속적인 경로를 설정하는 것을 허용할 수도 있다. FIB 엔트리는 경로가 설정된 이후에 FIB에 남아 있을 수 있고, 소스 노드의 추적 프로그램은 시간에 걸쳐서 그리고 언제라도 경로를 모니터링할 수 있다. 만일 경로의 FIB 엔트리가 만료되면, 추적 프로그램은 후속으로 언제라도 동일한 경로를 설정할 수 있다. 대안으로, 경로를 따라 있는 노드 내의 추적 에이전트는 주기적으로 FIB 엔트리를 갱신하여 추적 경로를 재설정할 수 있다. 경로 정보는 FIB 엔트리 내에 저장되거나 추적 에이전트에 저장될 수 있다. 추적 프로그램은 메시지를 송신하여 경로와 연관된 미리 저장된 노드 상태를 설정하도록 추적 에이전트를 촉발할 수 있으며, 이는 최적의 경로의 재설정에 편리하다. 일부 실시예에서, 추적 프로그램은 또한 패킷 내에 압축된 형태로 경로 정보를 전파하여 경로를 재-생성할 수 있다.

- [0064] 일부 실시예에서, 시스템은 추적 에이전트가 수행되고 있지 않은 노드를 건너뛸 수 있다. 예를 들면, 노드 A와 노드 C는 수행되고 있는 에이전트를 갖는 허브(또는, 허브 이전의 노드)일 수 있지만, 노드 B는 수행되는 에이전트를 갖지 않는 제3자 장치일 수 있다. 이에 따라, 노드 A의 추적 프로그램은 노드 B에서의 노선-추적 동작을 건너뛸 수 있는 노선-추적 인터레스트를 생성할 수 있다. 이는 노드 B 내의 FIB 엔트리를 미리 채움으로써, 또는 노드 B를 통과하는 터널을 설정함으로써, 성취될 수 있다.
- [0065] 대안으로, 추적 에이전트는 프리픽스만을 모니터링하기보다는 인터레스트의 완전한 이름을 모니터링하여 추적 쿼리를 검색할 수 있다. 예를 들면, 추적 프로그램은 서픽스(suffix) "trace"로 끝나는 이름을 갖는 인터레스트(예를 들면, "/company/path/content/object/trace")를 송신할 수 있다. 매칭하는 이름이 탐지되면, 추적 에이전트는 다음 노드에 대한 전달 엔트리를 FIB(예를 들면, /company/path/content/object/trace/id(AB))에 추가할 수 있다. 이는 노드가 추적 에이전트를 수행하고 있지 않을 때, 평소와 같이 노드가 추적 패킷을 전달하는 것을 허용하고, 그리고 추적 에이전트를 수행하는 노드가 요청된 추적 정보를 반환하는 것을 허용한다. 추적 프로그램은 또한 이름이 추적되고 있다는 것을 지시하는 다른 기법을 사용하여 이름 프리픽스를 수정하는 것을 회피할 수 있다. 예를 들면, 패킷 인코딩은(예를 들면, 어떤 플래그를 통하거나 또는 일부 DTAG 값이나 다른 TLV 값을 통해) 추적 에이전트를 허용할 수 있다.
- [0066] 일부 실시예에서, 노드는 또한 미리 결정된 프리픽스를 갖는 인터레스트를 수신해야만, 추적 에이전트 프로세스를 분기할 수 있다. 추적 에이전트는 추적 에이전트가 추적가능하다는 것을 나타내는 추적가능성 플래그와 연관될 수 있다. 다음으로 추적 에이전트의 노드로부터 본래의 노드까지의 인터레스트의 경로를 추적할 수 있으며, 본래의 노드와 추적 에이전트를 갖는 노드 간의 성능 측정을 획득할 수 있다. 인터레스트는 또한 "보고 노선" 플래그를 포함하고, 그리고 각 전달자가 인터레스트를 수신하고 이 플래그를 탐지할 때, 전달자는 상기 인터레스트를 다음-홉 노드에 전달하기 전에 노드 식별자를 인터레스트에 추가한다. 노드가 추적 에이전트에서 인터레스트를 수신하고 프로세싱할 때, 추적 에이전트는 추적 경로의 기록을 인터레스트로부터 획득할 수 있고, 이 추적 경로를 콘텐츠 오브젝트에 추가하여 소스 노드에 있는 추적 프로그램으로 반환할 수 있다.
- [0067] 일부 실시예에서, 전달자는 정보를 인터레스트의 이름에 첨부함으로써 인터레스트에 정보를 추가할 수 있다. 이 정보는, 예를 들면, 노드 식별자, 링크 식별자, 통행 시간, 쿼리 파라미터 등을 포함할 수 있다. 또한, 링크를 기술하기 위하여 사용되는 식별자는 글로벌 지속 식별자, 로컬 지속 식별자, 또는 단기 식별자일 수 있다. 추적 에이전트는 식별자의 유형을 결정하여 콘텐츠 오브젝트 내에 반환할 수 있다.
- [0068] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른, 특정 네임스페이스를 추적하는 인터레스트를 수신하기 전에 노드 C의 FIB(402)를 보여주는 블록도이다. 도 4에 도시된 것처럼, FIB(402)에 두 개의 규칙 엔트리가 있다. 컬럼(404)은 네임스페이스(예를 들면, 콘텐츠 이름, 그리고/또는 /trace/agent 프리픽스나 경로)를 저장하고, 컬럼(406)은 연관된 인터페이스 및/또는 주어진 네임스페이스에 대한 로컬 어플리케이션을 저장한다. 예를 들면, 네임스페이스 "/trace/agent"는 추적 에이전트 어플리케이션(trace.app)에 매핑되어 프리픽스와 연관된 노선-추적 인터레스트를 처리한다. 또한, 네임스페이스 "company/path/content/object"는 인터페이스 CD(예를 들면, 노드 D로의 인터페이스)에 매핑된다.
- [0069] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른, 추적 에이전트에서 노선-추적 인터레스트를 프로세싱한 이후에 노드 C의 FIB를 보여주는 블록도이다. 도 5에 도시된 것처럼, FIB(502)에 두 개의 규칙 엔트리가 있다. 도 4와 유사하게, 컬럼(504)은 한 세트의 네임스페이스를 저장하고, 컬럼(506)은 연관된 인터페이스 및/또는 주어진 이름과 연관된 인터레스트 패킷을 수신하는 어플리케이션을 저장한다. 특히, FIB(502)는 도 4에 도시된 동일한 엔트리를 포함한다. 그러나, 이름 "trace/agent/company/path/content/object/id(AB)/id(BC)"을 갖는 노선-추적 인터레스트를 프로세싱한 이후에, 로컬 추적 에이전트는 다음-홉 노드 D는 "trace/agent/company/path/content/object"에 대한 인터레스트를 만족시킬 수 있다고 결정하고, 그리고
- [0070] "trace/agent/company/path/content/object/id(AB)/id(BC)/id(CD)"에 대한 FIB 엔트리를 생성한다. FIB 엔트리 "trace/agent/company/path/content/object"와 "trace/agent/company/path/content/object/id(AB)/id(BC)/id(CD)"는 모두 노드 D에 대한 인터페이스 "CD"에 매핑된다. 미래의 인터레스트가 이름(또는 이름 프리픽스)
- [0071] "trace/agent/company/path/content/object/id(AB)/id(BC)/id(CD)"와 함께 노드 C에 도달할 때, 노드는, FIB 엔트리에 기초하여, 인터레스트를 노드 D에 직접 전달할 것이다.
- [0072] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른, CCN 내의 노드의 정확한 전달 성능을 측정하는 컴퓨터 시스템을 보여준다.

도 1을 참조하여 설명된 것처럼, CCN 장치는, 랩톱 컴퓨터, 태블릿이나 슬레이트 컴퓨터, 스마트폰, 또는 개인용 디지털 보조기(PDA)와 같은, 모바일 컴퓨팅 장치나, 또는 데스크톱 컴퓨터, 인터넷 서버, 또는 홈 미디어 서버와 같은, 고정 컴퓨팅 장치를 포함하는 어느 유형의 컴퓨팅 장치일 수 있다. 도 6은 그러한 컴퓨팅 장치의 예를 보여준다.

[0073] 도 6에서, 컴퓨터 통신 시스템(600)은 프로세서(602), 메모리(604), 저장 장치(606)를 포함한다. 저장 장치(606)는 프로세서(602)에 의해 수행될 프로그램을 저장한다. 특히, 저장 장치(606)는 추적 에이전트(620), 추적 프로그램(622), 전달자(624), FIB(626)를 저장하고, 또한 어플리케이션(626, 628) 같은 기타 다른 어플리케이션을 저장한다. 동작 동안, 추적 에이전트(620), 전달자(624), FIB(626), 그리고 선택적으로 추적 프로그램(622)은 저장 장치(606)로부터 메모리(604)로 로드되고 프로세서(602)에 의해 실행된다. 프로그램을 실행하는 동안, 프로세서(602)는 앞에 언급한 기능을 수행한다. 컴퓨터 통신 시스템(600)은 선택적인 디스플레이(614), 키보드(616), 그리고 포인팅 장치(618)에 연결된다.

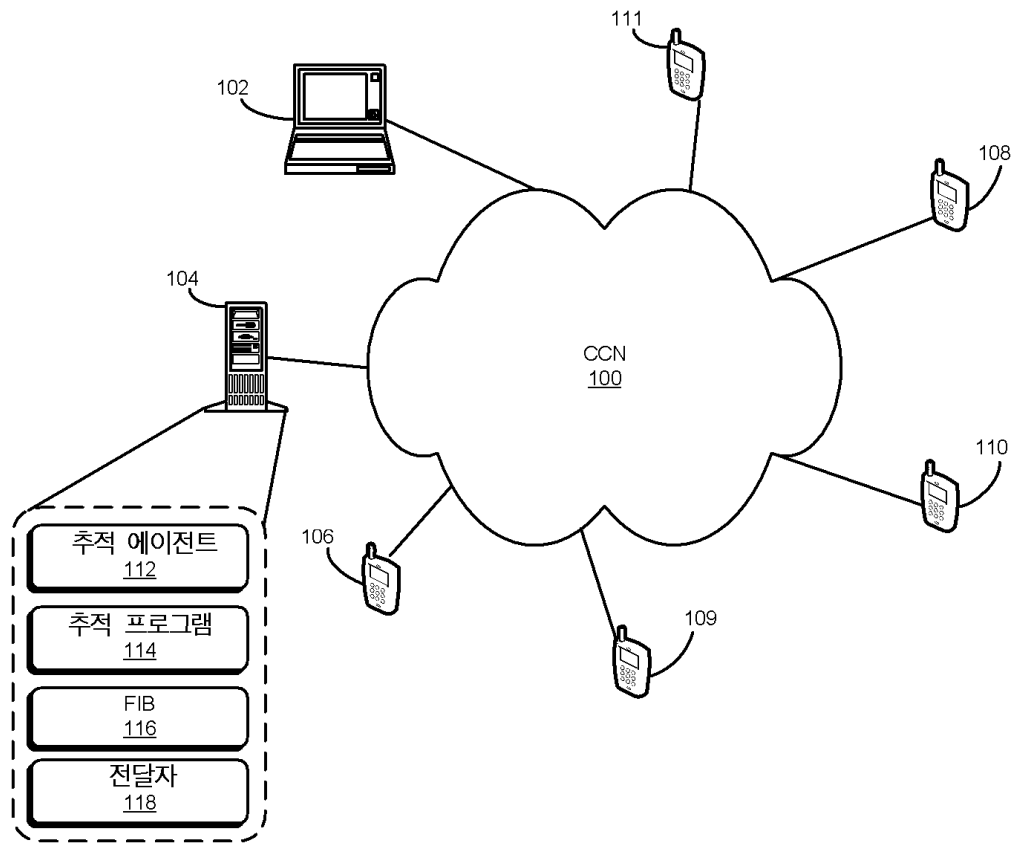
[0074] 본 상세한 설명 섹션에 기술되는 방법과 프로세스는 코드 및/또는 데이터로서 구현되어, 상술한 것처럼, 컴퓨터-관독 가능한 저장 매체에 저장될 수 있다. 컴퓨터 시스템이 컴퓨터-관독 가능한 저장 매체에 저장된 코드 및/또는 데이터를 읽거나 실행할 때, 컴퓨터 시스템은 데이터 구조와 코드로서 구현되어 컴퓨터-관독 가능한 저장 매체 내에 저장된 방법과 프로세스를 수행한다.

[0075] 또한, 이하 기술되는 방법과 프로세스는 하드웨어 모듈에 포함될 수 있다. 예를 들면, 하드웨어 모듈은 어플리케이션-특정 집적 회로(ASIC) 칩, 필드-프로그램머블 게이트 어레이(FPGA), 그리고 현재 알려지거나 추후에 개발될 기타 프로그래머블-로직 장치를 포함하지만, 이에 한정되지는 않는다. 하드웨어 모듈이 활성화되면, 그들은 하드웨어 모듈 내에 포함된 방법과 프로세스를 수행한다.

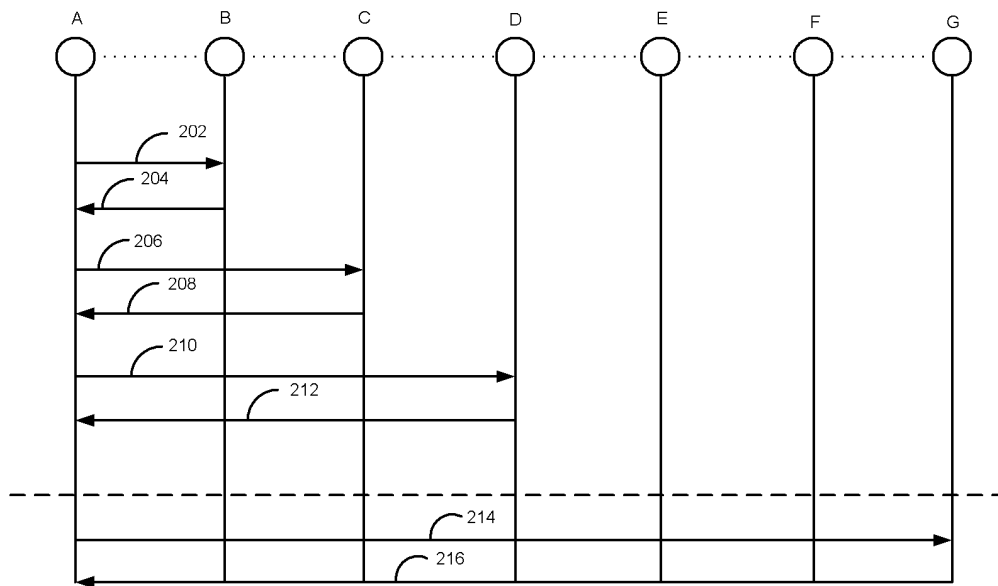
[0076] 본 발명의 실시예의 전술한 설명은 도해와 설명의 목적으로만 표현되었다. 그들은 본 발명을 망라하거나 개시된 형식으로 제한하도록 의도되지 않는다. 따라서, 많은 수정과 변형이 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명백할 것이다. 또한, 상기 개시는 본 발명을 제한하도록 의도되지 않는다. 본 발명의 영역은 첨부되는 청구범위에 의해서 정의된다.

도면

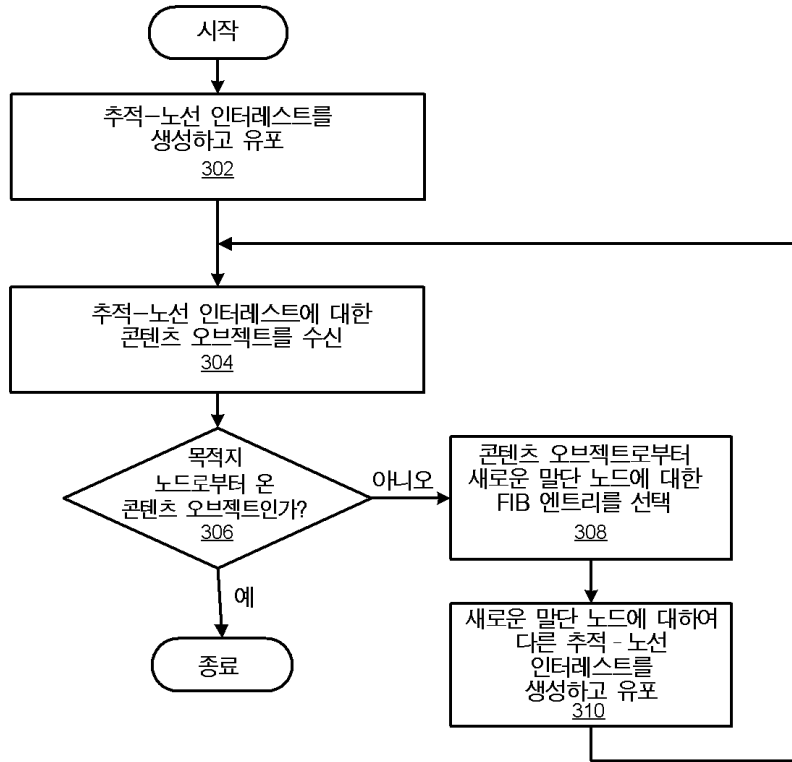
도면1



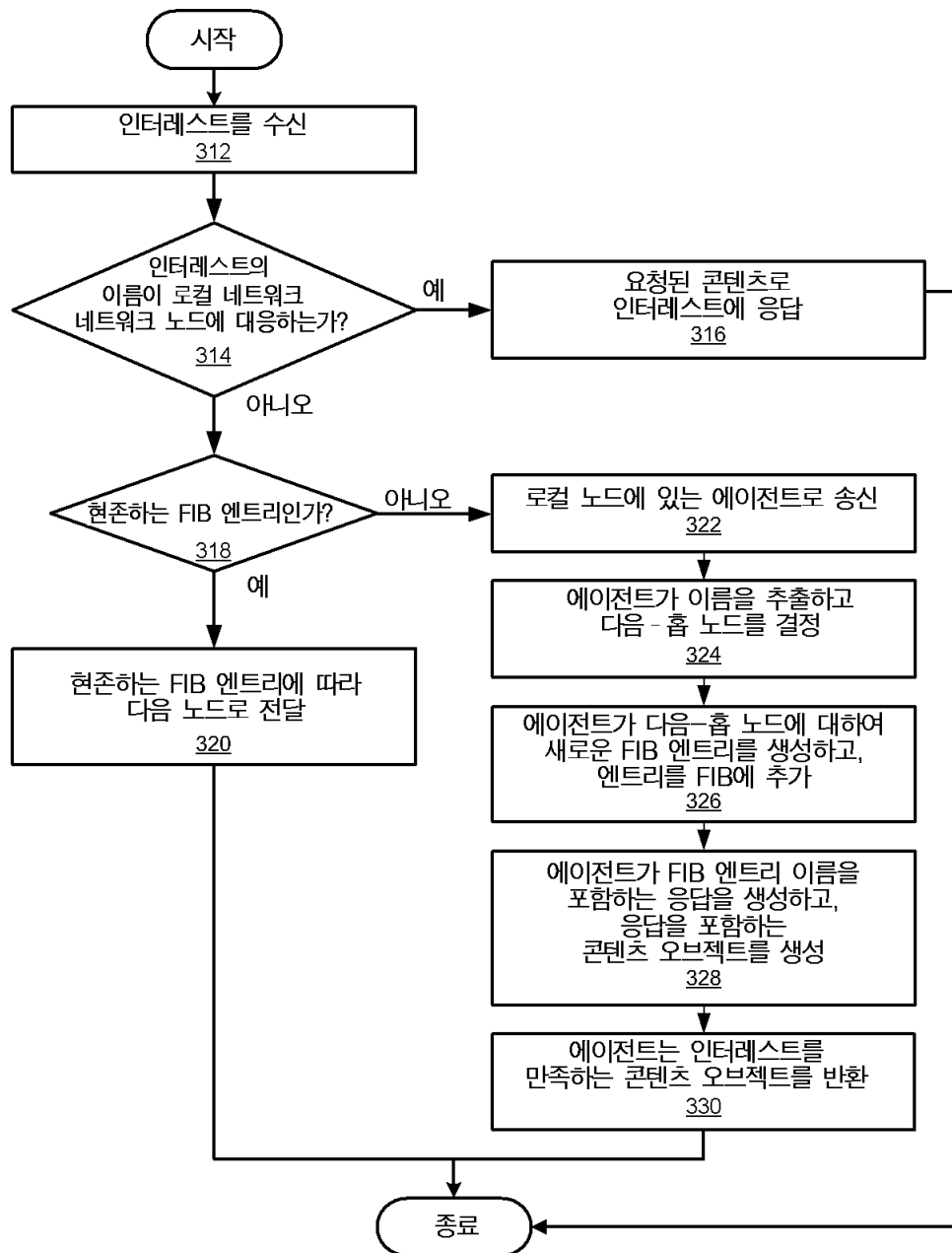
도면2



도면3a



도면3b





도면4

FIB 402

/company/path/content/object	CD
/trace/agent	trace.app

도면5

FIB 502

/company/path/content/object	CD
/trace/agent	trace.app
/trace/agent/company/path/content/object/id(AB)/id(BC)/id(CD)	CD

도면6

