

정보 중심 네트워킹 연구동향

Information-Centric Networking Research Trend

이병준 (B.J. Lee) 스마트노드연구팀 선임연구원
전홍석 (H.S. Jeon) 스마트노드연구팀 선임연구원
송호영 (H.Y. Song) 스마트노드연구팀 팀장

차세대통신기술 특집

- I. 정보 중심 네트워킹
- II. 식별자와 위치 지정자
- III. 정보 중심 네트워킹 이슈
- IV. ICN 프로젝트
- V. 주요 벤더 동향
- VI. 결론

* 본 연구는 방송통신위원회의 클라우드 네트워킹 및 콘텐츠 중심 네트워킹을 위한 스마트노드 기술개발 사업의 연구결과로 수행되었음(KCA-2011-11913-05003).

정보 중심 네트워킹(Information Centric Networking)은 단대단(end-to-end)으로 통신을 수행하는 기존의 인터넷 통신 패러다임을 정보 중심적으로 재편하려는 시도이다. 이 방법론에 따르면, 통신을 원하는 개체는 통신 대상 호스트(host)의 주소를 명시하는 대신, 통신 대상 정보의 식별자(identifier)를 명시하여 통신을 시작한다. 네트워크는 해당 식별자를 통해 어떤 정보를 서비스하여야 하는지 알아낸 뒤 해당 정보를 전송한다. 정보 중심 네트워킹 패러다임을 지지하는 연구자들은 이러한 통신 메커니즘이 기존의 IP 중심적 네트워킹 구조가 갖는 여러 가지 이슈들에 대한 본질적인 해결책이 될 수 있을 것이라 믿는다. 본고에서는 정보 중심 네트워킹에 관한 연구 동향 및 대표적 연구 프로젝트를 살펴보고, 앞으로 해결되어야 하는 이슈들을 점검한다.

I. 정보 중심 네트워킹

정보 중심 네트워킹(Information-Centric Networking, ICN)은 통신과 인터넷 기반 네트워킹에 관한 기본 가정을 뒤집어, 기존 인터넷의 문제점을 해결하고자 시작된, 새로운 형태의 통신 패러다임이다.

기존의 인터넷은 호스트(host)의 주소(address)에 기반한 통신을 한다는 측면에서, 통신의 목적(purpose)보다는 절차(procedure)에 집중한다. 즉, 통신 프로토콜은 이용하고자 하는 정보를 보유한 호스트까지 패킷을 전달하기 위한 목적으로만 사용된다. 따라서 라우터나 스위치 등의 인터넷 전달망 계층(transport layer) 요소들은 통신 절차에 관한 문제들을 해결하는 데 집중하며, 통신의 목적을 달성하는 것은 응용 계층(application layer)의 몫이다.

하지만 정보 중심 네트워킹은 통신의 절차보다는 통신의 목적에 집중한다. 이는 기존 인터넷에서 응용 계층 요소들이 담당하던 기능 중 상당수를 인터넷의 전달망 계층에 수용하겠다는 뜻이다. 이러한 기능들 중 핵심적인 것은 바로 정보 접근과 유통이다.

정보 접근과 유통의 문제를 전달망에서 해결하기 위해, 정보 중심 네트워킹 기술들은 호스트의 주소를 사용하는 대신, 접근하려는 정보의 식별자를 사용하는 전달망 계층 요소들을 설계하고자 한다. 기존의 인터넷 주소는 인터넷 인프라를 구성하는 전달망 요소들을 식별할 용도로만 사용하고, 정보의 유통 문제는 주소 대신 식별자를 사용해 해결하려는 것이다.

이러한 움직임은 미래 인터넷(future internet) 연구 활동과 상당 부분 궤를 같이한다. 미래 인터넷 진영에서는 현재 인터넷의 문제들을 해결하기 위한 clean-slate 해결 방안들을 제시하고자 애써왔다. 그러한 해결 방안으로 제시된 것 중 하나가 바로 식별자와 위치 지정자(locator)를 분리하는 것이다. 하지만 이러한 움직임은 많은 연구자들을 혼란스럽게 했는데, 이는 상당부분 식별자가 무엇이고, 위치 지정자가 무엇인지에 대한 합의가 없다는 사실에 기인한다.

II. 식별자와 위치 지정자

상당수 문헌은 정보(information)와 콘텐츠(content), 이름(name)과 식별자(identifier), 그리고 주소(address)와 위치 지정자(locator)라는 용어를 뒤섞어 사용하고 있다.

많은 문헌에서 ‘정보’를 ‘콘텐츠’로 한정하여 언급하기도 한다. 하지만 최근에는 ‘정보’라는 용어로 통일되어 가고 있는 추세이다. 그러므로 본고에서는 통일하여 ‘정보’라는 용어만을 사용한다.

반면 이름과 식별자, 주소와 위치 지정자의 정의와 구별은 아직도 모호하다. 일례로, 중요한 ICN 연구 프로젝트 중 하나인 Named Data Networking(NDN)[1]과 Content Centric Networking(CCN)[2]은 아직도 ‘이름’이라는 용어를 사용하고 있다. 하지만 이름이 어떤 정보를 유일하게 식별할 목적으로 사용되는 경우, 이름 대신 식별자라는 용어를 사용하더라도 충분하다 할 수 있다.

한편, ‘주소’는 전통적으로 기존 인터넷에서 호스트의 위치를 식별하기 위한 심볼에 붙여진 이름이었다. 하지만 ICN 상에서는 더 이상 주소라는 용어를 고집하기 곤란한데, 콘텐츠의 수가 호스트의 수보다 훨씬 많을 뿐 아니라, 콘텐츠의 ‘위치’를 ‘주소’라는 용어를 사용해 기술하게 되면 특정한 전송 기술(가령, IP와 같은)을 가정한 것처럼 받아들여질 수 있기 때문이다. 따라서 최근에는 ‘위치 지정자’라는 용어를 사용하는 추세이며, 위치 지정자는 어떤 특정 공간 상에서 특정한 정보의 위치를 상대적으로 기술하기 위해 사용하는 것이 일반적이다.

이름과 식별자, 주소와 위치 지정자의 관계에 대해서는 참고문헌 [3]에 잘 정리되어 있다. 참고문헌 [3]에 따르면, 이름은 개체에 부여되는 심볼이고, 주소는 개체가 위치할 수 있는 또 다른 개체에 부여되는 심볼이다. 이름이 정보를 유일하게 식별 가능한 경우, 그 이름은 식별자로 사용될 수 있다. 또한 어떤 이름이나 주소가

공간상의 상대적 위치를 표현하는 경우, 위치 지정자로 사용될 수 있다.

III. 정보 중심 네트워킹 이슈

정보 중심 네트워킹 기술이 현실화되려면, 많은 이슈들을 해결하여야 한다. 이러한 이슈는 독립적이라기보다는 서로 강하게 연관되어 있으나, 대체적으로 다음과 같이 나누어 살펴볼 수 있다.

1. 식별자와 위치 지정자 설계

식별자는 어떤 정보를 유일하게 식별하여야 한다. 하나의 정보가 여러 부분 정보들의 합(composite)일 경우, 각각의 부분 정보들을 식별할 방법도 제공되어야 한다. 문제는 정보의 양이 인터넷 주소의 양보다 훨씬 많을 것으로 추정된다는 것이고, 정보 식별자를 가지고 통신을 하기 위해서는 정보 식별자가 정보의 위치 지정자로 변환되어야 한다는 것이다. 그래야 해당 위치로 정보 요청 패킷을 전송할 수 있다.

정보 식별자를 정보 위치 지정자로 변환하는 과정은, 필연적으로 규모 확장성(scalability) 문제를 야기한다. 가령, 식별자를 위치 지정자로 변환하는 과정을 함수 $f: I \rightarrow L$ 이라 표현해 보자. 식별자 집합 I 의 크기가 아무리 커지더라도, 이를 위치 지정자로 대응하는 함수 f 는 제한 시간 내에 계산될 수 있어야 한다. 그러므로, 식별자와 위치 지정자는 반드시 규모 확장성 문제를 고려하여 설계되어야 한다.

현재 이 문제를 푸는 방법은 크게 (1) 분산 라우팅 프로토콜에 의존하는 방법과 (2) DNS와 유사한 식별자-위치 지정자 대응 시스템을 네트워크 상에 설치하여 해결하는 방법으로 나누어 볼 수 있다. 하지만 현존하는 분산 라우팅 프로토콜 기반 방법은 라우터가 보관하여야 하는 정보 폭증 문제를 해결하지 못하고 있고, 식별

자-위치 지정자 대응 시스템 기반 방법은 규모 확장성 문제를 완벽히 해결하지 못하고 있다.

또한, 식별자를 설계할 때에는 식별자가 정보의 무결성 확인에 도움이 되도록 할 것인지 고려하여야 한다. 자가 인증 식별자(self-certifying ID)는 이를 고려한 식별자의 한 예이다.

2. 프로토콜 스택

식별자 기반의 통신을 지원하기 위해서는, 사용자의 일반 단말뿐 아니라 망의 전송 장비에도 새로운 ICN 프로토콜 스택(protocol stack)이 설치되어야 한다.

사용자 측 단말에 ICN 프로토콜 스택이 설치되어야 한다는 것은, 사용자의 네트워크 프로그래밍 모델이 일부 혹은 전부 수정되어야 한다는 것을 의미한다. 그러나 ICN 프로토콜 스택의 도입에 따른 사용자의 학습 부담을 경감하기 위해서는, 현존하는 소켓(socket) 기반의 프로그래밍 모델을 크게 바꾸지 않고서도 프로그래밍할 수 있어야 한다.

한편, 전송 장비에 탑재될 ICN 프로토콜 스택은 전송 장비의 형태에 크게 영향을 미칠 수 있으므로 가장 중대한 이슈라 할 수 있다. 가령 CCN과 같은 ICN 기술의 경우, 전송 장비에 패킷 페이로드를 캐싱(caching)하는 것을 염두에 두고 설계되었는데[2] 이는 전송 장비가 저장 장치(storage)와 융합될 것을 요구한다. 이는 기존의 전송 장비의 형태를 크게 바꾸는 것으로, ICN 프로토콜 스택의 도입이 단순히 '새로운' 프로토콜을 망에 설치하는 것 이상의 파급력을 가짐을 여실히 보여준다.

현재 다양한 프로토콜 스택이 제안되어 있는 상태이나, 사용자 측 프로토콜 스택과 전송 장비 프로토콜 스택까지 포괄적으로 다루고 있는 연구 성과는 찾아보기 힘들다.

3. 네트워크 구조

ICN 네트워크 구조 문제는 앞서 살펴본 식별자와 위

치 지정자, 그리고 프로토콜 스택의 문제를 전부 포괄한다. 식별자를 위치 지정자에 대응시키는 정보는 네트워크의 어느 위치에 보관해야 할 것인가? 정보의 식별자가 여러 네트워크에 걸쳐 존재할 경우, 각각의 네트워크 도메인이 ICN 프로토콜 스택을 통해 통신하도록 하려면, 도메인 간 연동 구조는 어떻게 설계하여야 하는가? 그리고 각각의 전송 장비는 위치 지정자 정보를 어떻게 활용하여 패킷을 전송하여야 할 것인가? 이러한 이슈들은 ICN 네트워크의 구조가 (1) 도메인 간 연동의 문제, (2) 식별자와 위치 지정자 정보의 규모 확장성 문제, (3) 전송 장비가 어떻게 위치 지정자 정보를 획득하고 패킷을 라우팅할 것인지에 관계된 문제를 포괄적으로 해결해야 함을 보여준다.

현재까지 제안되어 있는 ICN 네트워크 구조는 하나의 도메인만을 가정하거나, 규모 확장성 문제를 해결하지 못하는 등의 약점을 가지고 있다.

4. 네트워크 관리

현재까지의 연구 성과들은 네트워크 관리의 문제에 대해서는 한 발짝 비켜서 있다. 하지만 ICN이 실질적인 네트워크 구조로 정착하려면, 관리에 관련된 문제도 반드시 해결되어야 한다. 특히, FCAPS로 대표되는 기본적인 네트워크 장비 관리 기능 이외에도, (1) 도메인 간 연동 관리 (2) 정보 유통 현황 관리 (3) 전송 장비에 통합된 저장 장치 관리 (4) 캐시를 고려한 트래픽 엔지니어링 (5) 정보의 양과 네트워크 규모에 확장성이 높은 네트워크 관리 구조 등에 대한 연구가 이루어져야 한다.

기존의 인터넷 관리 구조가 IP 기반 전송망 위에 점진적이고도 개량적으로 고안되어 추가되었던 점을 감안하면, ICN과 같은 새로운 구조를 고안하고 제안할 때에는 기존 IP 네트워크에서 발생하는 여러 가지 관리 이슈를 포괄적으로 해결하는 새로운 관리 구조 또한 함께 제안하는 것이 필요하다. 관리 기능이 존재하지 않는 네트워크 구조는 설득력이 낮기 때문이다.

5. 보안과 신뢰성

IP 기반의 인터넷은 보안과 관련된 문제를 점진적이고도 개량적으로 해결해 왔다. 하지만 인터넷이 전 세계를 아우르는 인프라의 지위를 갖게 되면서, 보안과 신뢰성은 점점 더 중요한 문제가 되고 있다. 특히 인터넷은, 패킷을 통해 그 전송망을 공격할 수 있다는 측면에서 ‘인프라’로 보기에는 기술적으로 취약하다는 문제점을 가지고 있다. 수도나 전기 설비를 비롯한 대부분의 인프라는 인프라 자체를 물리적으로 공격해야만 그 기능을 무력화시킬 수 있는 반면, 인터넷은 인프라를 구성하는 각각의 장비를 물리적으로 손상시키지 않고도 공격이 가능하다.

따라서 ICN은 네트워크의 보안 문제를 ‘인프라로서의 네트워크’ 관점에서 본질적으로 해결할 필요가 있다. 즉, 정보의 생산자-소비자-유통자의 관점에서, (1) 유통되는 정보의 신뢰성 (2) 정보를 유통시키는 주체의 신뢰성, 그리고 (3) 정보 유통에 참여하는 개체의 신뢰성 문제가 원천적으로 해결된 상태에서 통신이 가능하도록 할 필요가 있다. 현재 이러한 이슈의 심각성을 인식한 결과, 네트워크의 신뢰성 문제를 전면에 내세운 미래 인터넷 연구 프로젝트도 제안되어 진행되고 있는 상태이다[4].

6. 에너지 효율성

범지구적으로 설치되어 있는 인터넷과, 인터넷을 통해 연결되어 있는 장비들은 굉장히 많은 전력을 소비하고 있다. 특히, 이런 경향은 전송 장비가 아닌 단말에서 심하며, 이런 단말이 집중화되어 있는 클라우드 데이터 센터와 같은 장소에서 심각하다.

따라서 ICN 기술은 설계 초기부터 에너지 효율성을 확보하는 문제를 고려하여야 한다. 지금까지 제안된 ICN 기술들은 정보의 복제와 분산을 통해, 정보 유통에 참여하는 개체들 가운데 일부의 전원이 차단되더라도 지속적인 정보 유통이 보장되도록 하는 방향으로 설계

되어 왔다. 하지만 이외에도, 다양한 저전력 소비 기술이 ICN 장비에 포함될 필요가 있다.

7. 사업 모델

기존의 인터넷은 망 서비스 제공자의 수익성을 저해하는 방향으로 발전되어 왔다. 이런 경향은 인터넷이 ‘콘텐츠를 서비스하는 플랫폼’으로 진화해 나가면서 더욱 가속화되었다. 일례로, 미국 인터넷 트래픽의 60% 이상은 현재 Netflix와 같은 OTT 사업자 관련 트래픽이 점유하고 있는 실정이다.

따라서 ICN 기술은 망 서비스 제공자의 악화된 수익성을 회복시키는 한편, 망을 통해 유통되는 정보의 생산자와 유통자에게는 새로운 사업 기회를 제공하는 플랫폼으로서 기능할 필요가 있다.

IV. ICN 프로젝트

ICN에 관련된 대표적인 연구 프로젝트들로는 CCN[2], DONA[5], PURSUIT[6] 등이 있다. 이 프로젝트들은 주소 기반이 아닌, 이름이나 식별자를 사용한 대안적 통신 체계를 구축한다는 점에서 공통적이나 그 세부사항에 있어서는 제각기 다르다.

1. Content-Centric Networking

가. 식별자 체계

Content-Centric Networking[2]은 Van Jacobson에 의해 처음 제안된 ICN 연구 프로젝트로 이름을 사용해 네트워크를 통해 교환되어야 하는 정보를 식별한다.

CCN 이름은 계층적으로 구성되어 있다는 점에서 URL과 유사하나, URL과는 달리 주소 정보를 포함하고 있지 않다는 점에서 다르다. (그림 1)은 CCN의 계층적인 식별자 체계이다. 예를 들어 본 문서의 첫 번째 청



(그림 1) CCN 식별자 체계

크(chunk)¹⁾를 표현한다면, ETRI(etri.re.kr) 산하 스마트노드연구팀(smartnode)에 소속된 저자(bjlee)가 소유한 보고서(report.doc)로의 첫번째 버전(v01)의 첫번째(c00) 청크라 표기할 수 있다. CCN에서는 계층적 구조를 갖는 모든 식별자 방식을 지원할 수 있다고 가정하고 있다.

나. 통신 모델

CCN은 요청-응답 형태의 통신 모델을 따른다. 정보를 요청하는 주체는 요청 패킷을 만들어 네트워크에 보낸다. 요청 패킷을 받은 네트워크는 해당 패킷을 정보의 보유자에게 전송한다. 정보 보유자는 요청 패킷을 수신하면 응답 패킷을 만들어 보내고, 이 응답 패킷은 다시 CCN 네트워크에 의해 정보를 요청한 자에게 전송된다.

CCN 네트워크의 특이한 점 가운데 하나는, 요청 패킷이 이동하는 경로와 해당 요청 패킷에 대한 응답 패킷이 이동하는 경로가 대칭적이라는 것이다. 기존의 IP 네트워크는 비대칭적이라 요청 패킷 이동 경로와 응답 패킷 이동 경로가 불일치할 수가 있다. 대칭성을 보장하기 위해, CCN 라우터들은 요청 패킷을 전송할 때 마다 그에 대한 응답 패킷을 어느 방향으로 전송해야 할 것인지에 관한 역방향 정보를 PIT라는 곳에 보관한다.

또한 CCN 라우터는 응답 패킷이 도착한 경우, 해당 패킷을 다음 CCN 라우터로 전달하기 전에 해당 응답 패킷에 포함된 정보와 이름을 캐싱한다. 요청 패킷을 받은 CCN 라우터는 해당 요청이 이미 캐싱된 정보에 대한 요구인 경우, 요청 패킷을 다음 라우터로 전송하

1) CCN에서 정보의 전송 및 관리 단위

는 대신 캐시에 보관된 정보를 꺼내어 응답 패킷을 만든 다음에 전송한다.

CCN 라우터는 기본적으로 OSPF와 같은 라우팅 프로토콜을 사용해 서비스 대상 정보의 위치에 관한 내역을 상호 교환하고, 교환된 위치 정보를 사용해 ‘어떤 정보에 대한 요청 패킷을 어떤 인터페이스로 전달해야 하는지’를 독립적으로 결정한다. 결정된 사항은 라우터의 FIB에 저장된다.

다. 장단점

CCN의 장점은 CCN 라우터의 동작 방식이 기존 IP 라우터들의 동작 방식과 굉장히 유사하다는 것이다. 그러므로 기존의 IP 전달망과 연동하기 용이하다.

단점은 CCN 라우터가 CCN 프로토콜을 지원하기 위해 보관하여야 하는 정보의 양이 매우 크다는 것이다. 응답 패킷을 역방향으로 전송하기 위한 정보를 보관해야 할 뿐 아니라, 서비스 대상 정보 각각에 대한 FIB 엔트리를 만들어 보관하여야 하므로, 서비스 대상 정보가 폭증할 경우 라우터의 메모리에 가해지는 부담이 증가한다.

또한, 라우팅 프로토콜에 대한 의존성은 CCN이 정보 이동성(information mobility)을 지원하기에는 부적당할 수도 있다는 의문을 제기한다.

2. Data-Oriented Network Architecture

가. 식별자 체계

U.C. Berkeley 대학의 Teemu Koponen을 중심으로 진행된 연구 프로젝트인 Data-Oriented Network Architecture(DONA)[5]는 공개키(public key)에 기반한 식별자를 사용하는 ICN을 정의한다.

DONA 식별자는 (그림 2)와 같이 공개키의 해시값²⁾과 해당 정보를 설명하는 특유의 라벨(label)로 구성된다. 공개키는 해당 정보의 책임 주체(principal)가 인증

Hash function(public key): Label

(그림 2) DONA 식별자 체계

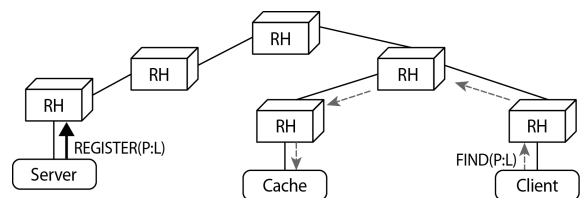
기관(CA)으로부터 발급받은 것으로 정보의 책임 주체는 정보를 생성하고 정보의 신뢰성을 보장할 수 있는 주체를 말한다. 예를 들어, DONA의 식별자 체계로 “2011년 11월 14일자 매일경제” 신문을 표현한다면 ‘매일경제’ 기업이 발급받은 공개키에 대한 해시값과 “2011년 11월 14일자, 매일경제”라 명시된 라벨의 조합으로 표기할 수 있다.

나. 통신 모델

DONA는 (그림 3)과 같이 Resolution Handler(RH)로 구성된 계층적인 네트워크 구조에 기반한 통신 모델을 제안한다.

RH는 정보 요청 패킷을 수신한 경우에 이를 적당한 이웃 RH로 전달하기 위한 라우팅 정보를 관리한다. DONA에서 정보 보유자는 보유한 정보를 DONA 네트워크에 등록하기 위하여 REGISTER 패킷을 만들어 근접한 RH에게 전송한다. RH는 이 REGISTER 패킷을 기반으로 라우팅 정보를 관리하게 된다.

정보 요청자는 요청하는 정보의 식별자를 포함하는 FIND 패킷을 만들어 근접한 RH에게 보낸다. RH는 라우팅 정보를 기반으로 FIND 패킷이 정보 보유자 혹은 정보를 캐싱하고 있는 특정 노드에게 전송되도록 이웃 RH에게 전달한다. RH가 FIND 패킷을 수신할 때, 해당 정보를 캐싱하고자 하는 경우에는 FIND 패킷의 소스 IP 주소를 자신의 IP 주소로 변경한 후 이웃 RH에게 FIND 패킷을 전송하는 동작을 수행할 수 있다.



(그림 3) DONA의 계층적 네트워크 구조

2) DONA에서는 cryptographic hash function을 사용함.

다. 장단점

DONA는 공개키에 기반한 식별자 체계와 [정보, 공개키, 서명]의 3-투플 형태의 정보 제공 방식으로 인해 정보에 대한 보안을 제3자의 개입 없이 자체적으로 제공할 수 있다는 장점을 갖는다.

정보 요청자는 정보와 함께 수신한 공개키를 해시 함수에 키 값으로 넣고 그 결과물이 식별자와 동일함을 확인하여 정보 식별자와 공개키 간에 연결성을 확인할 수 있고, 수신된 서명을 공개키로 검증함으로써 정보의 책임 주체가 실제로 서명하였음을 확인하여 수신된 정보가 실제 정보 보유자로부터 제공된 것임을 확인할 수 있다.

하지만 DONA 식별자는 사람이 판독 가능한 형태가 아니므로, 정보 사용자가 정보 취득을 위해 사용하는 이름을 식별자로 변환하는 방법이 별도로 도입되어야 한다는 단점을 갖는다.

3. Publish-Subscribe Internet Technology

가. 식별자 체계

Publish-Subscribe Internet Technology(PURSUIT) [6]는 유럽의 FP7 프로그램의 일환으로 Publish-Subscribe 모델을 기반으로 한 ICN 구조를 연구하는 프로젝트이다. PURSUIT은 정보를 발행자(publisher)와 구독자(subscriber) 간에 전달되는 데이터로 해석하고 발행자와 구독자를 연결해주는 란데부(rendezvous) 시스템을 정의한다.

PURSUIT에서 정보는 란데부 식별자(rendezvous identifier)와 영역 식별자(scope identifier)의 조합으로 표현된다. 란데부 식별자는 정보 자체에 부여된 이름이고 영역 식별자는 정보가 속한 영역을 나타낸다. PURSUIT에서 모든 정보는 적어도 하나의 영역에 포함되어야 하며 란데부 식별자는 해당 영역에서 고유해야 한다.

여기서 영역은 정보를 체계적으로 구조화하기 위해 사용되는데, 물리적인 영역 혹은 논리적인 영역으로 정

의될 수 있다. 정의된 영역들은 서로 간에 포함될 수 있으며 하나의 정보는 서로 다른 여러 영역들에 소속될 수 있다.

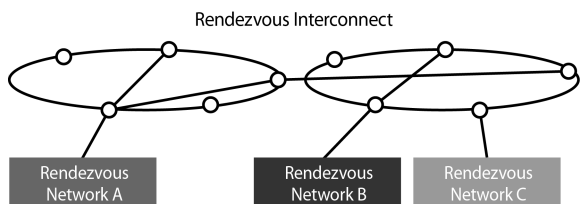
PURSUIT에서는 상기 란데부 식별자와 영역 식별자를 표현하는 방식으로 DONA에서 사용하는 공개키 기반 구조와 유사한 방식을 고려하고 있다.

나. 통신 모델

PURSUIT은 정보 보유자와 정보 요청자를 연결해주는 란데부 시스템 기반의 통신 모델을 제안한다. 란데부 시스템의 동작은 한 영역 내에서 정보 보유자와 요청자 간에 통신을 제공하는 로컬 란데부 동작과 서로 다른 영역에 존재하는 정보 보유자와 요청자 간에 통신을 제공하는 글로벌 란데부 동작으로 나누어 설명할 수 있다.

로컬 란데부 동작은 한 영역에 속한 정보들의 위치 정보를 관리하는 란데부 노드(rendezvous node)를 기반으로 한다. 정보 보유자는 자신의 정보를 제공하기 원하는 경우, 발생 메시지를 통해 란데부 노드에게 등록하고 정보 요청자는 원하는 정보를 구독 메시지를 통해 란데부 노드에게 요청한다. 이에 란데부 노드는 해당 정보 보유자에게 요청된 정보를 정보 요청자에게 전송하라는 명령을 내린다.

글로벌 란데부 동작은 (그림 4)와 같이 란데부 네트워크(rendezvous network)와 란데부 인터컨넥트(rendezvous interconnect)로 구성된 2-tier 시스템을 통해 이루어진다. 란데부 네트워크는 동일한 영역에 소속된 란데부 노드들로 구성되며 영역 식별자로 구별된다. 란데부 인터컨넥트는 계층적 DHT 방식을 활용하여 특정



(그림 4) PURSUIT의 란데부 기반 네트워크 구조

영역 식별자에 해당하는 랑데부 네트워크를 빠르고 정확하게 검색해주는 시스템이다.

정보 보유자는 자신의 정보를 제공하기 원하는 경우에 해당 정보가 속한 영역의 랑데부 네트워크로 발행 메시지를 전송하여 정보를 등록한다. 정보 요청자는 원하는 정보의 랑데부 식별자와 영역 식별자를 포함한 구독 메시지를 자신의 로컬 랑데부 네트워크로 전송한다. 로컬 랑데부 네트워크는 랑데부 인터컨넥트를 통해 요청 정보의 영역 식별자에 해당하는 랑데부 네트워크를 검색하고 요청 정보의 랑데부 식별자를 이용하여 해당 랑데부 노드를 찾아낸다. 이후 동작은 로컬 랑데부 동작과 동일하게 진행된다.

다. 장단점

PURSUIT의 장점은 Publish-Subscribe 네트워킹 모델을 채용함으로써 다수-대-다수 통신에 유리하고, 수신자 중심의 네트워크를 제공함으로써 스팸 정보나 DDoS와 같이 불필요한 정보의 수신을 원천적으로 방지할 수 있다는 것이다.

반면, PURSUIT은 랑데부 식별자와 영역 식별자의 표현으로 DONA의 식별자 체계를 그대로 차용하기 때문에 DONA와 마찬가지로 식별자에 대한 가독성 이슈를 가지며 특정 랑데부 노드가 식별자와 위치 지정자에 대한 대응 정보를 관리함으로써 보안 이슈와 규모 확장성 및 SPOF 이슈를 갖는 단점이 있다.

V. 주요 벤더 동향

ICN에 관한 연구가 학계를 중심으로 이루어지는 반면, 업계에서는 CDN을 중심으로 관련 기술을 개발하고 있는 실정이다. CDN은 CDN 저장소(repository)와 CDN 요청 라우터(request router)를 DNS와 결합하여, 사용자의 특정한 콘텐츠 요청이 특정한 CDN 저장소를 통해 서비스될 수 있도록 한다.

CDN 저장소는 요청 라우터와 DNS를 통해서 상호 연동한다. 만일 요청된 콘텐츠가 요청을 수신한 CDN 저장소 내에 존재하지 않는 경우, CDN 저장소는 다른 CDN 저장소에 요청을 보내어 서비스 대상 콘텐츠를 자기 저장소 내부에 복제한 뒤 서비스한다.

CDN 저장소는 통상 IDC 내에 위치하며, 인터넷 접근망의 head-end 라우터와 같은 위치에 설치되기도 한다.

CDN 저장소에 보관된 콘텐츠는 별도의 스트리밍 기술에 의해 사용자에게 서비스된다. 이런 기술로는 Adobe Flash Streaming, Windows Media Streaming, Adaptive Streaming(Apple, Adobe, MS 등이 관련 기술 제공), 3GPP Streaming, Apache-HTTP Adaptive Streaming 등이 있다. 스트리밍 기술은 사용자가 네트워크 내부 동작 메커니즘과 무관하게 콘텐츠 서비스를 받을 수 있도록 한다는 점에서 중요한 기술이다.

한편 주요 벤더의 CDN 기술은 ‘정보’라는 보다 큰 관점에서 ‘정보 유통’의 문제를 고민한 결과로 얻어진 기술이라기 보다, 널리 접근되는 콘텐츠를 어떻게 복제하고 어떻게 배포해야 망의 트래픽 부담을 줄일 수 있을 것인가 하는 관점에서 만들어진다.

이러한 CDN 기술은 Netflix 등의 OTT 사업자의 기술요구에 부응하기 위해 만들어 지고 있는 실정이다. 주요 벤더로는 Cisco, Juniper, Alcatel-Lucent, Verivue 등이 있다[7]-[10].

하지만 현재까지 공개된 주요 벤더 CDN 솔루션은 성능 및 용량에 따라 제품을 선택하여 구매해야 하므로 운용 중에 성능 및 용량을 개선할 수가 없어서 수평적 규모 확장성에 있어 한계를 노정한다.

또한 콘텐츠의 폭증에 대응하기에 적합한 규모 확장성이 높은 콘텐츠 라우팅 방법은 없어서, 정보 중심 네트워킹의 이상을 실현하기에 적절한 방법은 아닌 것으로 판단된다. 또한 보안, 노드 내 장애 복구, 부하 분산 등의 기능이 취약하다. 이런 문제를 해소하기 위해서는 별도 장비를 구매하고 설치하여야 한다.

VI. 결론

ICN은 정보 중심으로 재편되어 가고 있는 인터넷 기술이 궁극적으로 지향하여야 하는 네트워크 구조의 형태를 제시하고자 한다.

이 목적을 성취하기 위해서는 식별자와 위치 지정자의 관계, 프로토콜 스택, 네트워크 구조, 네트워크 관리, 보안과 신뢰성, 에너지 효율성, 사업 모델 등의 이슈들이 포괄적으로 고려되어야 한다. 그러나 현재로서는 이들 모든 이슈에 대한 답을 내놓은 ICN 기술은 존재하지 않으며, 활발히 실험/연구되고 있는 상태이다.

본고에서는 현존하는 주요 ICN 프로젝트의 연구 성과물을 간략하게 일별하였으며, 주요 벤더들이 정보 배포와 서비스의 문제를 어떻게 생각하고 있는지 알아보기 위해, 이들 업체들이 내놓은 CDN 솔루션들의 특징을 간략히 정리하였다.

요어해설

ICN(Information-Centric Networking) 호스트가 아닌 정보를 통신 주체로 보고, 정보 식별자를 기반으로 하는 통신 메커니즘을 정의하려는 일련의 연구 동향. 대표적인 것으로 미국의 CCN/NDN 프로젝트와 DONA, 그리고 유럽의 PURSUIT 등이 있음.

약어 정리

CCN	Content-Centric Networking
CDN	Content Distribution Network
DONA	Data-Oriented Network Architecture
ICN	Information-Centric Networking

IDC	Internet Data Center
NDN	Named Data Networking
OTT	Over-The-Top
PIT	Pending Interest Table
PURSUIT	Publish-Subscribe Internet Technology
RH	Resolution Handler
SPOF	Single-Point-Of-Failure

참고문헌

- [1] Named Data Networking. <http://www.named-data.net/>
- [2] V. Jacobson et al., "Networking Named Content," *CoNEXT*, 2009.
- [3] W. Chun et al., "YANAIL: Yet Another Definition on Names, Addresses, Identifiers, and Locators," *CFI*, 2011.
- [4] T. Anderson et al., "NEBULA - A Future Internet That Supports Trustworthy Cloud Computing," *NEBULA*. <http://nebula.cis.upenn.edu/NEBULA-WP.pdf>
- [5] T. Koponen et al., "A Data-oriented (and beyond) Network Architecture," *ACM SIGCOM Comput. Commun. Review*, vol. 37, no. 4, Oct. 2007.
- [6] Publish-Subscribe Internet Technology. <http://www.fp7-pursuit.eu/PursuitWeb/>
- [7] Cisco, "Cisco CDS Internet Streaming: Enabling New Video 2.0 Experiences," http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/video/ps7191/ps7127/prod_white_paper0900aecd8063caba.html
- [8] Juniper, "Juniper Networks Media Flow Solution," <http://www.juniper.net/us/en/dm/ankeena/>
- [9] Alcatel-Lucent Velocix. <http://www.velocix.com/>
- [10] Verivue. <http://www.verivue.com/>