

# Service adaptive Network Architecture(SaNA)을 활용한 콘텐츠 전송 시스템

공 석 환\*, 이 재 용°

## Effective Contents Delivery System Using Service Adaptive Network Architecture(SaNA)

Seok-Hwan Kong\*, Jai-Yong Lee°

### 요 약

최근 몇 년 사이 인터넷을 통해 접속 가능한 디바이스가 다양해지는 한편 디바이스가 콘텐츠의 사용자가 아닌 제공자가 되면서 콘텐츠 트래픽이 급속하게 증가하고 있다. 이와 같은 콘텐츠 트래픽이 기존과는 다른 패턴을 갖기 때문에, 효율적인 콘텐츠 전송 서비스를 위한 다양한 연구가 진행 중이다. 대표적 콘텐츠 전송 서비스 기술인 CCN(Contents Centric Network)은 기존의 기술 구조와 상이한 혁신적인 구조를 갖고 있기 때문에 기존의 네트워크와의 호환 문제가 발생한다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 CCN과 기존 망과의 연동 시 효율적 콘텐츠 전송을 위한 SaNA(Software adaptive Network Architecture) 구조를 제안한다. 이는 미래 인터넷의 핵심 기술 분야인 CCN 과 소프트웨어 정의 네트워킹 기술(Software Defined Networking : SDN) 을 활용하여 기존 망에 점진적으로 적용해 나가기 위한 융합 시스템이다. SaNA를 통해 콘텐츠를 서비스하는 경우, 기존 네트워크 대비 네트워크 대역폭 효율성을 두 배로 높일 수 있고, 콘텐츠 전송 시간도 약 1.7 배 단축시킬 수 있다. (스타일-요약본문)

**Key Words** : CCN(Contents Centric Network), SDN(Software Defined Network), CDN(Contents Delivery Network)

### ABSTRACT

In recent years, various contents traffics are increasing according to the various internet connectable devices which have become contents provider. Because these contents traffics show different pattern from previous one, many researches for efficient contents delivery system are in progress. CCN(Contents Centric Network), one of the representative research subject, has inter operation problem with a current network because it has clean-state architecture. In this point of view, this paper suggests the SaNA(Service adaptive Network Architecture) for efficient contents delivery when it inter operates with current network architecture. SaNA is a convergence system which can be gradually applied to current network using CCN and SDN(Software Defined Network) which are core future internet technologies. Applying this system on the contents delivery service, it can increase the network bandwidth utilization by two times and decrease the contents delivery time by 1.7 times.

※ 본 연구는 SK Telecom이 지원한 "Contents Centric Network Feasibility 및 효과 연구" 연구의 일환으로 수행되었습니다.

• First Author : Dept. of Electronic Engineering, Yonsei University, kongseokhwan@gmail.com, 학생회원

° Corresponding Author : Dept. of Electronic Engineering, Yonsei University, jy1@yonsei.ac.kr, 종신회원

논문번호 : KICS2014-06-220, Received June 2, 2014; Revised June 19, 2014; Accepted June 19, 2014

## I. 소개

현재의 네트워크 트래픽들에 연결되는 디바이스의 종류와 트래픽의 특성이 다양해지면서 효율적인 콘텐츠 전송을 위한 기존 네트워크의 유연성에 대한 요구가 높아졌다. 이러한 요구에 대응하기 위하여 미래 인터넷과 같은 다양한 혁신적인 네트워크 모델들이 연구 중에 있다.<sup>[1]</sup> 특히 모바일, 스마트 패드와 같은 디바이스의 발전은 기존의 클라이언트 서버 모델의 네트워크 트래픽이 아닌 다양한 트래픽 패턴들을 만들어 내고 있다. 이는 기존의 Top-down 방식으로 디바이스가 콘텐츠를 사용하는데 그쳤던 환경에서 벗어나, 디바이스가 다양한 콘텐츠를 생성하기 시작하면서 디바이스와 디바이스 간 콘텐츠 트래픽이 증가하고 있음을 의미한다. 뿐만 아니라 디바이스와 디바이스 간 통신, 분산된 환경의 콘텐츠 서비스에 대한 수요가 증가하고 있다. 특히 이러한 모바일 트래픽은 지역적 인 기도를 가지면서 그룹화된 경향을 보이고, 이렇게 그룹화 된 정보들은 CDN(Content Delivery Network) 측면에서 캐싱 업데이트를 위한 지표로 사용되기도 한다.<sup>[3]</sup>

5G 기술의 발전은 기존보다 천 배 빠르고, 천 배나 많은 디바이스들의 연결을 지향한다. 이를 통해 2018년까지는 100억 개 이상의 디바이스들이 무선으로 연결되고, 이를 통한 M2M, IoT 트래픽과 같은 콘텐츠 기반의 네트워크 트래픽이 증가할 것으로 예측된다. 콘텐츠 기반 서비스에 대처하기 위해 CDN과 같은 네트워크 서비스가 연구되어 현재 운용되고 있지만, CDN의 경우는 포털 기반의 동영상 서비스와 같이 Zipf의 트래픽 분포를 가지면서 높은 priority를 가지는 트래픽이 대다수를 차지하는 트래픽 환경에서만 용이하다는 제약사항이 있다. 이에 반해, 현재 증가하고 있는 트래픽들은 Long-tail의 트래픽 분포 특성을 가지고 one-to-many, many-to-many 형식의 트래픽 특성을 띤다.<sup>[4]</sup> 이와 같은 일회성 형식의 특징을

갖는 콘텐츠 서비스는 충분한 시간동안 반복된 트래픽의 캐싱을 기반으로 한 CDN 솔루션으로 해결하기에는 한계가 있다. 이를 해결하기 위해 최근 미래 인터넷 진영에서는 CCN과 같은 네임 기반의 라우팅 및 콘텐츠 서비스를 제공하기 위한 연구가 진행 중에 있고, 실제적으로 운용 가능한 CCNx 프로토콜이 릴리즈되어 사용되고 있다. 하지만 CCNx를 일반 x86 시스템에 통합하여 사용할 경우, 네임 기반 매칭으로 인한 패킷 프로세싱의 오버헤드가 상당하다.<sup>[5]</sup> 한편으로는 CCN에서의 라우팅 부재 문제를 해결하기 위하여 CCN에서의 효율적인 라우팅을 위한 연구가 상당수 진행되어 왔다.<sup>[11],[12]</sup> 하지만 이러한 라우팅 기법들 또한 clean-state 기반의 CCN 운용 방식을 사용하고 있기 때문에 당장 기존 레거시 망에 도입하기에는 한계가 있다.

이에 본 논문에서는 CCN을 기존 레거시망과 연동시 효율적으로 콘텐츠를 전송하기 위한 SaNA 구조를 제시한다. 본 시스템은 CCN을 통한 콘텐츠 Awareness를 제공함과 동시에 SDN을<sup>[9]</sup> 통한 네트워크 Awareness를 통합하여 효율적으로 콘텐츠를 전송할 수 있다. CCN과 SDN 기술을 접목하기 위한 연구가 다수 진행되어 왔지만, 많은 연구들이 가능성과 필요성만을 제시할 뿐 실제적인 기술적 연동방안에 대한 구체적인 연구는 미미한 상황이다.<sup>[2]</sup>

## II. 연구 동기

본 절에서는 SaNA의 콘텐츠 Awareness를 제공하기 위한 CCN의 기본개념에 관하여 설명한다. SaNA는 현재 릴리즈되어 사용되는 CCNx 프로토콜을 기반으로 구성된다. CCNx에 대한 더 자세한 내용은 다음 [6] 문서를 참고한다.

CCN에서 사용되는 통신 모델은 기존의 IP 기반과는 다르다. Contents의 location이 아니라 Contents가 무엇인지가 라우팅의 주요 조건이 된다. 그리고 Receiver driven 통신 모델을 따른다. 이와 같은 통신 모델을 위해 CCN은 기본적으로 두 가지의 메시지 타입을 정의한다. 첫 번째는 사용자가 콘텐츠에 대한 요청을 보내는 인터레스트 메시지고 두 번째는 이에 대한 응답으로 오게 되는 데이터 메시지이다. 인터레스트 메시지는 사용자가 원하는 콘텐츠의 이름을 가지고 있고, CCN 노드는 이를 기반으로 라우팅을 수행하게 된다.

CCN에서 사용되는 테이블의 경우는 크게 3가지의 특징적인 요소를 가진다. 1) FIB(Forwarding

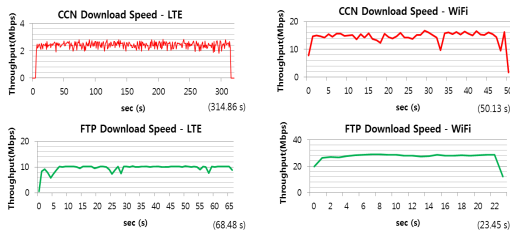


그림 1. CCN 포워딩 성능  
Fig. 1. CCN Forwarding performance

Information Base) 테이블은 사용자의 인터레스트 메시지를 라우팅 하기 위한 테이블이고, 기존의 레거시 라우터의 라우팅 테이블과 동일한 역할을 수행한다. 하지만 FIB 테이블은 기존의 IP 기반의 라우팅이 아닌 네임 기반의 라우팅을 수행한다는 차이점을 가지고 있다. 2) PIT(Pending Interest Table)

테이블은 데이터 메시지의 리턴 경로를 기록하기 위한 테이블로서 멀티캐스트의 이점을 가지고 있다. 예를 들어, 동일 콘텐츠를 요청하는 인터레스트 메시지가 다수의 인터페이스로부터 요청되었을 경우, 동일 콘텐츠에 대해서는 PIT 테이블에서 자동 복사되어 전달되기 때문에 기존의 one-to-one 패킷 전달 메커니즘과는 다른 방식을 따른다. 3) CS(Contents Store) 는 동일 콘텐츠에 대한 요청이 있을 경우 로컬 캐싱을 통해 즉시 처리가 가능하다.

하지만, 이와 같은 특징을 가지는 CCN 노드를 바로 실제 망에 적용하기에는 몇 가지 문제점이 있다. CCN 노드의 경우 기존 레거시의 IP에 비하여 상대적으로 긴 콘텐츠 네임 기반의 룩업을 수행해야 하기 때문에, 성능 상 오버헤드가 발생할 수밖에 없다.[5] CCNx 기반 CCN 노드의 오버헤드를 측정을 위해 두대의 리눅스 머신에 CCNx 설치 후 서버 머신에는 CCN repo를 실행하여 콘텐츠 서버를 동작시켰다. 클라이언트 머신에서는 cnggetfile 툴을 활용하여 LTE 인터페이스와 Wifi 인터페이스에서 파일을 다운로드 받는데 걸리는 시간을 측정하였다. 그리고 동일 환경에서 FTP를 활용하여 CCNx 스택 없이 IP를 통해 다운로드 걸리는 시간을 측정하여, CCNx 사용 시의 오버헤드를 측정하였다. 그림 1과 같이 CCNx 스택 사용 시 일반 IP 기반에 비해 약 4배 정도 성능이 저하되는 것을 확인할 수 있다. CCN 노드의 경우 proactive 방식의 FIB 테이블을 운영하고 있고 동적으로 FIB 테이블을 운용하기 위하여 라우팅에 관한 연구도 진행 중에 있다.[7] 하지만 이런 연구들은 모든 네트워크를 CCN 노드로 이루어진 네트워크 구조로 한정을 짓거나, 기존의 라우팅 프로토콜에 콘텐츠의 네임 정보를 맵핑하여 라우팅 정보를 교환하도록 하였기 때문에 기존의 레거시 시스템과 연동시 문제점이 지적되었다.

이에 본 논문에서는 그림 2와 같은 CCN 노드와 SDN 장비가 융합된 SaNA 아키텍처를 제시한다. CCN 노드의 경우는 콘텐츠 기반의 서비스를 위해서는 적합한 것으로 보이나, 네트워크의 부족 및 성능상의 문제로 인하여 기존의 CDN 시스템을 대체하기에는 한계가 있다. 이를 보완하기 위해 본 논문은 SDN

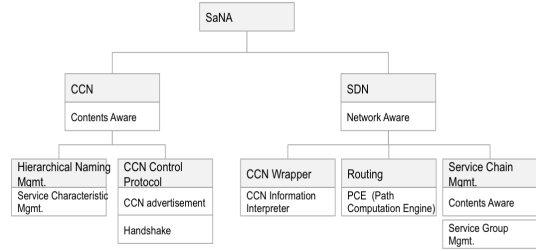


그림 2. SaNA 구조도  
Fig. 2. SaNA Architecture

을 활용한 연동 구조를 제시한다. 이러한 CCN 노드는 SDN의 엣지 영역에서 L7 레이어의 물리적 네트워크 장비 혹은 가상 머신의 형태로 존재할 수 있다.[8]

### III. Service adaptive Network Architecture(SaNA)

SaNA는 CCN망과 레거시망과의 연동에 있어 효율적으로 콘텐츠를 전송하기 위한 구조이다. SaNA에서의 CCN 노드는 기존의 FIB, CS, PIT 테이블 기반의 네임 룩업 및 라우팅은 그대로 수행하는 한편, 다음과 같은 추가 기능들을 가진다. 콘텐츠 테이블의 메타데이터를 주기적으로 모니터링하기 위한 모니터링 모듈, 주기적으로 CCN 노드의 상태를 알리기 위한 CCN 알람 모듈이 그것이다. 콘텐츠 테이블의 메타데이터는 각 CCN 노드가 캐싱하고 있는 콘텐츠의 네임 정보를 포함하는 한편, 룩업의 간소화를 위하여 세그먼트 번호는 제외한다. CCN은 IP 없는 네트워크를 가정하지만, CCNx와 같은 실제적인 프로토콜들은 기존 시스템과의 연동을 위하여 IP 스택 위에서 CCN 프로토콜이 동작하는 구조를 가진다. 이에 SaNA는 일부 IP 기반으로 동작하는 CCN 알람 메시지를 정의하여 기존 레거시 시스템과의 연동을 지원한다.

SDN은 기존의 레거시의 라우터 구조에서 제어평면과 데이터 평면을 분리하여 중앙 집중형 방식의 구조를 제시한다. 분리된 데이터 평면과 제어평면은 Openflow, NetCONF와 같은 매니지먼트 프로토콜을 활용하여 Top-down 방식으로 매니지먼트 된다. 이를 통해 소프트웨어 기반의 네트워크 매니지먼트가 가능하도록 하여 기존의 네트워크 장비 벤더 중심의 Closed 환경이 아닌 소프트웨어 기반의 Open 네트워크 환경을 제공한다. 기본적인 데이터 평면의 동작은 매칭 Flow와 Action 기반의 포워딩을 수행한다. 그리고 이러한 포워딩 테이블은 제어평면에 의해 동작된다.

SaNA는 기존의 홉 간 거리를 기준으로 라우팅 하는 방식에서 벗어나, 네트워크에 분포되어 있는 CCN 노드의 콘텐츠 정보를 기반으로 라우팅을 수행한다. 이를 위한 SaNA의 제어기는 SDN 도메인에 분포된 CCN 노드의 정보를 관리하기 위한 CCN 노드 매니지먼트 모듈, CCN의 광고 모듈을 통하여 전달된 메타데이터를 해석하기 위한 CCN Information wrapper, CCN 노드를 포함한 SDN 네트워크의 전체적인 토폴로지를 관리하기 위한 토폴로지 모듈, CCN 노드들을 거치는 일련의 최적의 서비스 체인 경로를 매니지먼트 하기 위한 CCN 서비스 체인 모듈로 구성된다.

SaNA는 CCN 노드 랩퍼를 통하여 SDN 영역에서 주변에 분포된 CCN 노드를 학습하게 된다. CCN 노드 랩퍼는 CCN 제어 메시지가 전달하는 콘텐츠 정보를 해석하여 CCN 노드 매니저에 전달을 하게 된다. CCN 노드 매니저는 토폴로지 매니저와의 연동을 통하여 네트워크 토폴로지뿐만 아니라 어플리케이션 레벨의 정보까지 학습한다. 이를 통해 SaNA는 어플리케이션 기반의 라우팅을 제공한다. 이와 함께 추가적으로 Learning 된 CCN 노드 정보를 중심으로 체인 경로를 제공하여 서비스의 로케이션 특성에 따른 독립적인 라우팅 경로를 제공한다. SDN 기반의 서비스 체인은 트래픽 특성에 따라 선택적으로 특정 노드들을 거쳐 가도록 라우팅 경로를 설정하는 기술이다. 본 논문에서는 CCN 노드를 일종의 NFV(Network Function Virtualisation)<sup>[8]</sup>로 규정한다. 그리고 이를 통해 트래픽에 따라 최적화된 서비스를 제공하여 콘텐츠의 전송 효율을 극대화 한다.

예를 들어, 그림 3과 같이 CCN 노드가 주기적으로 메타데이터 정보를 미리 정의된 특정 목적지 IP로 전송하면 다음 홉에 위치하는 SDN 스위치는 목적지 IP만으로도 해당 메시지가 CCN의 광고 메시지임을 인지한다. 이 때 해당 메타데이터 정보를 SDN 제어기에서 추출하는 것이 가능하다. 이를 위해 SDN 스위치는 Openflow 1.3 이상의 기능을 지원하는 것을 가정한다. Openflow 1.3 이상부터는 OXM(Openflow Extensible Match) 포맷을 활용하여 특정 프로토콜의 위치를 정의하여 운용하는 것이 가능하다. 따라서 미리 정의된 메타데이터의 정보를 추출할 수 있다. SDN의 CCN Wrapper 어플리케이션은 이와 같은 기능을 수행하면서 각 콘텐츠의 캐시 서버 위치 정보를 관리한다. 그리고 동일 콘텐츠에 대한 인터레스트 메시지를 수신하였을 경우, 해당 위치 정보를 기반으로 라우팅을 수행하게 된다.

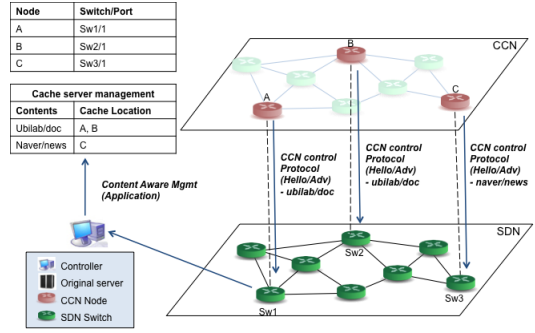


그림 3. SaNA에서의 CCN 제어 메시지 연동 과정  
Fig. 3. SaNA CCN Node registration Process

이와 함께 CCN 노드는 수직적인 구조의 네이밍을 기반으로 트래픽을 분류하는 네임 관리 모듈을 포함한다. 네임 관리 모듈을 동작시키는 CCN 노드는 네트워크 진입 단계에서 트래픽 특성에 따라 트래픽을 분류하여 다음 홉의 SDN 영역에 전달하는 역할을 수행한다. 그림 4는 CCN 노드 기반 서비스 인지 과정의 사례를 보여준다. SaNA로 진입하는 트래픽은 네트워크의 진입 단계에 위치한 CCN 노드에 의해 분류되어 특정 아웃풋 포트로 전달된다. 이를 통해 SDN은 진입 포트를 기반으로 해당 콘텐츠의 서비스 특성을 인지한다. 이를 통해 콘텐츠 네임을 SDN의 플로우로 맵핑할 수 있다. 예를 들어 그림과 같이 로컬 서비스의 특성을 띄는 트래픽은 SDN 스위치의 2번 포트에 들어온다. 2번 포트에 들어온 트래픽에 특정 VLAN 헤더를 할당하여 보내게 되면 다음 홉부터는 네임을 룩업 할 필요 없이 VLAN 헤더만으로도 서비스를 구분하는 것이 가능하다. 이렇게 콘텐츠의 특성이 분류된 후에 로컬 서비스의 특성을 띄는 트래픽은 Edge 영역에 분포하는 모든 CCN 노드를 경유하여 콘텐츠를 분산한다. 그 외의 원거리 서비스의 특성을 띄는 트래픽은 Edge의 CCN 노드를 경유하지 않고 바로 외부로 보내 CCN 노드에 의한 오버헤드를 최소화한다.

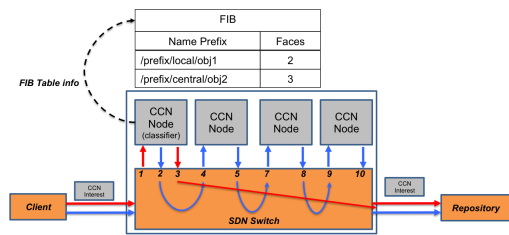


그림 4. SaNA에서의 CCN 기반 서비스 인지 및 체인 형성 과정  
Fig. 4. CCN based service detection and Chain processing on the SaNA

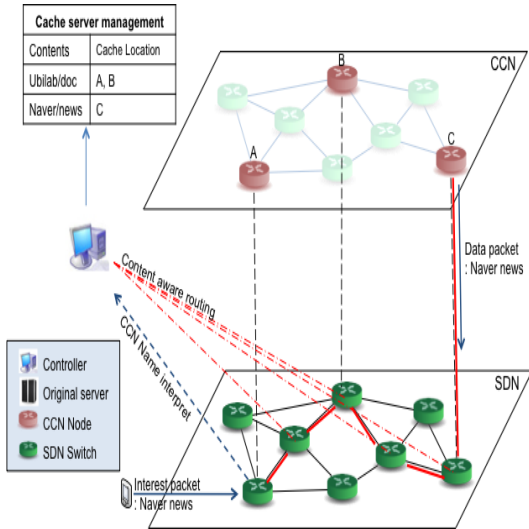


그림 5. 이미 존재하는 콘텐츠를 요청할 경우의, SaNA 동작 과정  
 Fig. 5. SaNA processing for the exist contents on the CCN node

다. 이와 같은 과정을 통한 SaNA의 콘텐츠 전송은 그림 5와 같다. 그림 5는 사용자가 요청한 콘텐츠가 (Naver/news) 이미 CCN 노드에 존재하는 경우의 동작 사례이다. SDN의 진입 노드에 도착한 인터레스트 메시지는 먼저 SDN 제어기에 전달된다. SDN 제어기의 CCN Wrapper는 Naver/news 콘텐츠가 CCN 노드 C에 존재하는 것을 인식한 후 CCN 노드 C를 경유하는 경로로 SDN의 라우팅 테이블을 업데이트한다. 해당 라우팅 경로로 CCN 인터레스트 메시지는 CCN 노드 C를 통해 데이터 패킷을 전달하게 된다.

#### IV. 성능 분석

##### 4.1 시뮬레이션 환경

본 절에서는 콘텐츠 서비스 트래픽에 대한 SaNA의 최적화된 라우팅 효과를 검증한다. SaNA 환경에서는 도처에 CCN 노드들이 분포되어 SDN을 통한 최적의 라우팅을 수행할 수 있다. 동시에 CCN 노드의 캐싱을 활용하여 콘텐츠를 전송한다. 본 시뮬레이션에서는 기존의 CDN의 벤치마크가 되는 Abilene 네트워크 토폴로지에서도 SaNA의 부분적 운용을 통한 성능 분석을 수행하였다. p

시뮬레이션을 위해 사용된 토폴로지는 그림 6과 같다. NDNsim<sup>[10]</sup> 기반의 시뮬레이션을 수행하면서 그림 6의 표와 같이 Zipf 분포를 따르는 동일 콘텐츠의 요청 트래픽을 특정 2개의 노드를 통해 발생시키며

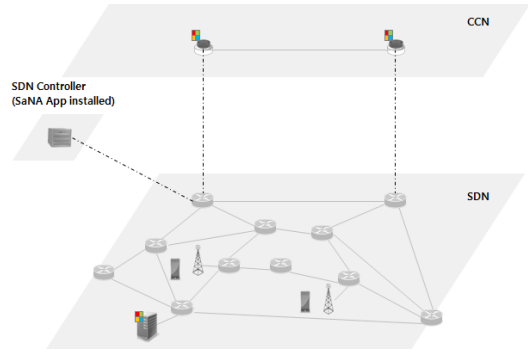


그림 6. Abilene 시뮬레이션 네트워크 토폴로지  
 Fig. 6. Abilene Simulation Topology

표 1. 시뮬레이션 파라미터

Table 1. Simulation Parameter

Parameters	Value
Contents Popularity	Zipf-mandelbrot
Contents Number	1000
User Request Rate	5000 Interest/sec
Cache Policy	Least Recently Used
Interest Packet Size	30 Byte
Data Packet Size	1024KB
Average Link Bandwidth	100M
Average Link Delay	3ms

네트워크의 트래픽 분포 상태를 측정하였다. CCN 노드의 CS 크기는 200개의 콘텐츠를 저장할 수 있다고 가정하였고, 캐싱 정책은 널리 사용되는 LRU(Least Related Unit)를 사용하였다. 콘텐츠 요청 트래픽은 초당 1000 개를 발생 시켰다. 이를 통해 각 시스템 (CDN, CCN, SaNA)에서의 네트워크 트래픽 분포와 콘텐츠 전송 지연시간을 분석하여 SaNA 도입에 의한 성능 향상을 알아보았다.

##### 4.2 시뮬레이션 결과

그림 7, 8은 각 네트워크 환경(CDN, CCN, SaNA)에서 발생하는 전체 트래픽의 양과 콘텐츠의 전송 지연시간을 측정한 결과이다. CDN은 단일 콘텐츠 서버만 가지고 해당 콘텐츠 서버를 루트로 하여 엣지의 사용자들이 콘텐츠를 전송받는 경우의 대역폭 사용량이다. CCN은 로컬 내에 2개의 CCN 노드가 있고 브로드 캐스팅 기반으로 콘텐츠 요청이 라우팅 경우의 예이고, SaNA의 경우는 콘텐츠 요청이 SaNA를 통해 최적의 경로로 라우팅 될 경우의 대역폭 사용량을 보여준다. 그림 7과 같이 CDN의 경우는 모든 트래

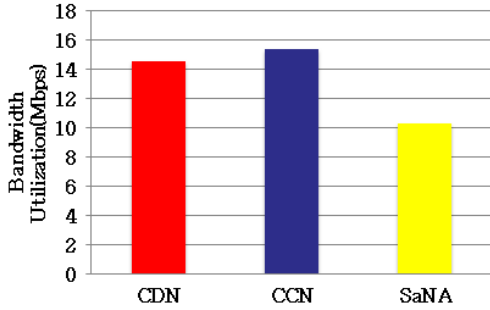


그림 7. SaNA 네트워크 대역폭 효율  
Fig. 7. SaNA Network Bandwidth efficiency

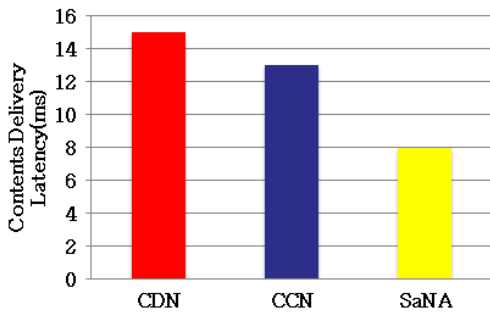


그림 8. SaNA 전송 지연 시간 효율  
Fig. 8. SaNA Latency efficiency

픽이 루트를 통해 End-to-End 로 전송되기 때문에, 루트에 연결된 링크를 제외한 모든 경로의 루트에서 유사한 양의 트래픽이 사용된다. 이에 반해 CCN의 경우는 캐싱을 통해 콘텐츠 서버로 향하는 트래픽의 양을 줄일 수는 있지만, 잘못된 라우팅 경로를 통하여 전체적인 네트워크의 대역폭 사용량이 오히려 더 많아진다. 하지만 SaNA를 통해 효율적인 라우팅을 제공할 경우는 로컬 캐시에 트래픽이 집중되어 네트워크 대역폭 사용량이 확연히 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 뿐만 아니라 전송 지연 시간의 경우도 효율적인 라우팅과 캐싱을 통하여 사용자와 콘텐츠간의 거리를 감소시킴으로써 CCN 대비 3분의 1 정도 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해 Edge CDN 운용 시 단순 CCN 도입만으론 효과가 제한적일 것으로 예상된다. CCN 도입을 위해서는 SaNA와 같은 효율적인 라우팅이 요구되고 이를 통한 콘텐츠 전송 시간 및 대역폭 사용 측면에서 긍정적 효과가 기대된다.

실제 SaNA 구현을 통한 성능 측정은 향후 연구로 남겨놓았지만, 본 논문에서는 프로토타입 버전의 SaNA 구조를 구현하고자 하였고 SaNA을 통한 서비스 체인의 성능을 추가로 측정하였다. SaNA을 통한

서비스 체이닝시 CCN 노드들은 가상머신 노드로 작동하도록 하였다. 한편, CCN 노드별 VLAN Swapping을 통하여 Loop detection을 수행하면서 독립적인 서비스 체인이 운용되도록 하였다.

그림 9는 SaNA 에서의 콘텐츠 트래픽이 SDN 네트워크 진입 시 특정 CCN 노드들을 경유하는 서비스 체인을 구성하기 위한 과정을 보여준다. SDN 은 CCN 노드별 경유 경로를 트래킹하기 위하여 CCN 노드 간 구간에 따라 VLAN Swapping을 수행하여 트래픽간의 라우팅 테이블 충돌을 피하도록 한다. SaNA의 프로토타입은 아직 초기 단계로, 경유하는 CCN 노드의 수에 따라 대략 3 개의 CCN 노드를 경유하는 서비스 체인의 구성 시 0.9ms 의 서비스 체인 구성 시간이 걸린다. 이 중 40% 정도의 시간은 최적의 CCN 노드들을 선택하는데 걸리고, 나머지 60% 정도의 시간은 SDN 의 스위치의 라우팅 테이블을 설정하는 데 걸린다. 측정 결과 CCN 노드의 수 증가에 따라 SDN 스위치의 라우팅 테이블 설정 시간에 더 많은 영향을 주는 것으로 확인되었다. 이로 인한 오버헤드를 최소화 하여 CCN 노드의 수에 따른 Scalability 문제를 해결하기 위한 연구를 진행 중에 있다.

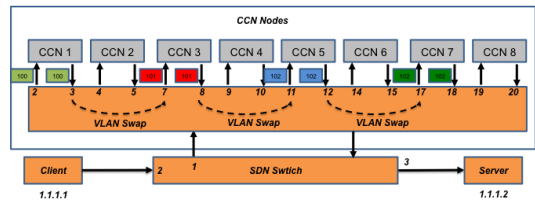


그림 9. VLAN 기반의 SaNA 서비스 체이닝  
Fig. 9. VLAN Based Service Chaining on the SaNA

### V. 향후 연구 과제

본 논문에서는 CCN 과 기존 레저시 망과의 연동시 효율적인 콘텐츠 전송을 위한 SaNA를 제안하였다. NDNsim 기반의 시뮬레이션을 통하여 SaNA에 의한 네트워크 대역폭과 전송 시간 측면에서의 성능 향상을 증명하였다. 하지만 본 논문에서 제안하는 SaNA 프로토타입은 초기 단계이고, 아키텍처와 각 컴포넌트의 기능을 정의하였을 뿐 많은 부분의 구현은 향후 연구로 남아있는 상태이다. 특히 실제 망 사업자로부터의 피드백을 통해 망 사업자의 테스트베드에 부분적으로 SaNA를 도입하고 운용하기 위한 실망 테스트의 추가 연구가 필요하다. 또한 가상화 기반의 CCN 노드 풀을 지역 분산된 데이터 센터를 기반으로 운영하

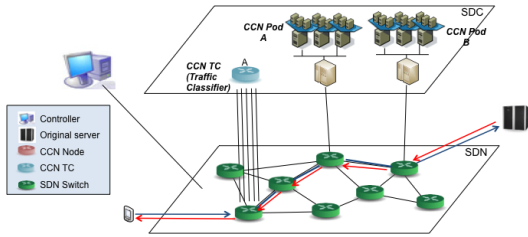


그림 10. 소프트웨어 정의형 데이터 센터 기반의 SaNA  
Fig. 10. SaNA with the SDDC(Software Defined Data Center)

고 매니지먼트 하기 위한 추가 연구가 필요하다. 이를 위한 매니지먼트 시스템은 트래픽의 혼잡 상황에 따라 가상화 기반의 CCN 노드가 Auto-scaling 되면서 SaNA와 연동되는 기능을 제공해야 한다.

## VI. 결 론

SaNA는 CCN 망에서의 효율적인 콘텐츠 전송을 위하여 CCN 기술의 장점을 최대화 하면서 SDN을 활용하여 점진적으로 기존 레거시망과 연동해 가기 위한 시스템 구조이다. SaNA는 비용 절감, 운용 관리의 용이성, 동적 네트워크 관리를 통한 다양한 콘텐츠 서비스가 가능 하도록 한다. 특히 SaNA는 SDN 에 분포된 CCN 노드들을 동적으로 인지하게 하여 어플리케이션 레벨의 토폴로지 정보를 기반으로 CCN 트래픽의 라우팅을 수행한다. SaNA는 로컬 캐싱 및 최적을 라우팅을 통하여 기존대비 네트워크의 대역폭 사용 효율을 약 2배 까지 증가 시켰고, 전송 지연 시간 측면에서도 1.7배 정도 빨리 사용자에게 콘텐츠를 전송할 수 있었다. 본 연구팀은 본 논문의 SaNA을 발전시켜 가상화 기반의 CCN 노드를 활용하여 기존의 레거시 망과 연동하기 위한 시스템을 연구 중에 있다. 뿐만 아니라 실제 코어 사업자 망에 적용하여 검증하기 위한 연구를 함께 진행 중에 있다.

## References

[1] J. Pan, S. Paul, and R. Jain, "A survey of the research on future internet architectures," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 49, no. 7, pp. 26-36, Jul. 2011.

[2] B. Lee, "The technology integration with contents centric networking(CCN) and software defined networking (SDN)," in *Proc. KICS*, vol. 30, no. 3, pp. 67-72, Feb. 2013.

[3] S. Scellato, et al., "Track globally, deliver locally: Improving content delivery networks by tracking geographic social cascades," in *Proc. WWW 2011*, pp. 457-466, Hyderabad, India, Mar. 2011.

[4] H. Kwak, C. Lee, H. Park, and S. Moon. "What is twitter, a social network or a news media?" in *Proc. WWW 2010*, pp. 591-600, NC, USA, Apr. 2010.

[5] Y. Liang and Z. Chen, "Reality check of CCN routing using search processor," in *Proc. ICNDC*, pp. 16-20, Hangzhou, China Oct. 2012.

[6] V. Jacobson, et al., "Networking named content," in *Proc. CoNEXT'09*, pp. 1-12, Rome, Italy, Dec. 2009.

[7] Md. Faizul Bari, et al., "A survey of naming and routing in information-centric networks," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 20, no. 12, pp. 44-53, Dec. 2012.

[8] M. Chiosi, D. Clarke, Oct. 22-24, 2012. "Network Functions Virtualisation," from [http://portal.etsi.org/NFV/NFV\\_White\\_Paper.pdf](http://portal.etsi.org/NFV/NFV_White_Paper.pdf).

[9] N. McKeown, T. Anderson, H. Balakrishnan, G. Parulkar, L. Peterson, J. Rexford, and S. Turner, "OpenFlow: Enabling innovation in campus networks," *ACM SIGCOMM Comput. Commun. Rev.*, vol. 38, no. 2, pp. 69-75, Apr. 2008.

[10] A. Afanasyev, I. Moiseenko, and L. Zhang, "ndnSIM: NDN simulator for NS-3," Tech. Rep. NDN-0005, NDN Project, Jul. 2012.

[11] J. Lee and J. Lee, "CCN based safe routing method on the ad-hoc network," in *Proc. KICS*, 39B, no. 5, pp. 304-308, May 2014.

[12] H. Park and T. Kwon, "The military communication routing method using contents based MANET," in *Proc. KICS*, vol. 39C, no. 4, pp. 334-342, Apr. 2014.

공 석 환 (Seok-Hwan Kong)



2010년 2월 : 연세대학교 전기  
전자 공학과 졸업  
2012년 2월 : 연세대학교 전기  
전자 공학과 석사  
2012년 2월~현재 : 연세대학교  
전기전자 공학과 박사과정

<관심분야> 미래 인터넷, SDN, CCN

이 재 용 (Jai-Yong Lee)



1977년 2월 : 연세대학교 전기  
전자 공학과 졸업  
1977년~1984년 : 국방과학연구  
소 연구원  
1984년~1987년 : Iowa State  
University 박사  
1987년~1994년 : 포항공대 교수  
1994년~현재 : 연세대학교 전기전자 공학부 교수

<관심분야> USN, 미래 인터넷, SDN, CCN, IoT,  
5G