

# 콘텐츠 중심 네트워킹 (CCN)과 소프트웨어 정의 네트워킹 (SDN) 기술의 접목

이병준  
삼성전자 종합기술원

## 요약

본 고에서는, 미래 인터넷 (Future Internet) 연구에 있어서, 가장 많은 관심과 가능성 예측에 기반한 실제적인 투자를 이끌어 내고 있는 두 개의 주요 핵심 기술 분야인 콘텐츠 중심 네트워킹 (Content-Centric Networking: CCN)과 소프트웨어 정의 네트워킹 기술 (Software-Defined Networking: SDN)의 접목에 대해서, 그 배경과 당위성 그리고 관련 연구 동향을 살펴 본다.

## I. 서론

최근 인터넷 트래픽 패턴의 변화에 있어서 가장 두드러지는 경향으로는, 기존 호스트 중심의 응용과 서비스에서 콘텐츠 중심으로의 이동과 대용량 스트리밍 비디오 트래픽의 폭발적인 증가를 들 수 있다. 이러한 변화의 동인에는 YouTube, Facebook 등의 SNS (Social Networking Service)와 Cloud computing 서비스의 확산, 그리고 고해상도의 비디오 지원이 가능한 PC급 모바일 기기의 보편화가 있다.

이러한 모바일 단말 기기의 발전과 확산 그리고 고해상도 스트리밍 비디오 트래픽 양의 폭발적 증가는, 향후 지속적으로 대규모 데이터 센터의 구축과 관리 운용에 따른 비용 증가는 물론, 관련 네트워크 부하의 증가에 따른 서비스 품질 저하의 문제를 초래할 것이다.

현재 인터넷의 눈부신 성공을 가능하게 한 TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) 기반의 네트워킹 기술은 이미 40여 년의 성숙기를 거치는 동안, 수직적이고 폐쇄적인 산업과 장비구조로 인한 관리의 복잡성 및 새로운 서비스 창출의 어려움과 획기적인 네트워크 용량 증대에 있어서의 기술적인 한계를 드러내고 있다. 이에 근본적인 해결책의 모색을 위해 수년 전부터 전 세계적으로 대규모의 미래 인터넷 연구가 활발히 진행되고 있다.

미래 인터넷 연구에 있어서 기술의 혁신성과 실현 가능성에 있어서 가장 주목을 받고 있는 두 개의 핵심 기술은 콘텐츠 중심 네트워킹 (CCN)과 [1-9] 소프트웨어 정의 네트워킹 (SDN)이다 [12-18]. 각각의 기술은 분산 자동 제어 기반으로 호스트 기기간의 연결을 목적으로 설계된 기존 TCP/IP 네트워킹의 문제를 해결하고자 하는 새로운 패러다임 임에 틀림없으나, 그 적용 분야와 목적, 그리고 해결하고자 하는 문제와 접근 방식에 있어서 차이가 있다.

두 기술의 근본적인 차이를 개념적으로 쉽게 요약하자면, CCN은 콘텐츠 자체의 이름을 이용하여 (named data) 네트워크 단에서의 라우팅 (route by name)과 네트워크 스위치에서의 캐싱 (in-network caching)을 가능하게 함으로써 많은 사용자가 원하는 콘텐츠를 가장 가까운 곳에서 안전하고 빠르게 가져오도록 하는 프로토콜을 정의한다. 이렇게 하면, 많은 경우 그 수요가 가변적이며 예측이 불가능한 고용량 콘텐츠에 대한 요청이 하나의 서버에 집중되는 것을 효과적으로 분산시켜서, 가용한 네트워크의 획기적인 용량 증대와 사용자의 콘텐츠 접근 시간 (content download 혹은 access delay) 단축 효과를 얻을 수 있다. 이러한 이유로 CCN을 NDN (Named Data Networking) 이라고도 부른다 [7].

이에 반해, SDN은 실제 콘텐츠를 전달하는 (content delivery) 프로토콜이 어떠한 종류의 것이든지 상관없이 네트워크 스위치를 구성하는 아키텍처를 현재의 수직적이고 폐쇄적인 구조에서, 사용자가 직접 소프트웨어로 프로그램이 가능한 (programmable) 구조로 설계하고 필요한 인터페이스를 정의하여, 네트워크 사용자의 요구 사항을 가장 신속하고 쉽게 반영하고 제어하는 것이 가능하게 하고자 하는 기술이다. 이렇게 하면 컴퓨터 산업 분야에서 일어났던, 폐쇄적 메인 프레임 (Main Frame) 구조에서 개방형 PC (Personal Computer) 플랫폼 구조로의 전환에서 볼 수 있었던 것처럼, 장비의 저가화와 유지 보수 비용의 절감은 물론, 개방형 플랫폼 기반에서 차별화가 가능한 다양한 애플리케이션과 서비스의 창출도 가능해 질 수 있다.

결과적으로, CCN 기술의 전개 (deployment)가 기존 IP 단위에서도 오버레이 (overlay) 방식으로 구현이 가능하다고는

해도 궁극적으로는 TCP/IP를 대체해야 하는 것이라고 보면, 단 기간 내에 상용 수준의 완성도로 대규모의 구축이 가능하기에는 기존 네트워크의 투자 규모와 운용 관리 비용 및 복잡성의 장벽이 너무 높다.

반면, SDN의 접근방식은 장비의 저가화와 운용 및 유지 보수 비용의 절감 효과는 물론, 40년 이상에 걸쳐 개발되고 구축되어와서 화석화(ossified)가 된 TCP/IP 기반 네트워크를 일거에 교체하지 않아도 가까운 시일 내에 상용 전개가 가능한 장점을 가진다. 이러한 점이 최근 대규모 데이터 센터와 자체 망을 운용하는 Google과 같은 인터넷 서비스 사업자와 기업 망 운영자들을 선두로 해서 SDN 기술에 많은 관심과 실제적인 투자가 이루어지고 있는 이유인 것이다. 하지만 아직도 CCN 기술이 해결하고자 하는 호스트 연결 기반의 TCP/IP 기술의 근본적인 문제는 그대로 계속 남아있게 되며, 이러한 것이 CCN과 SDN 기술의 보완적 접목에 대한 연구가 필요한 이유이다.

본고의 구성은, 먼저 CCN과 SDN 기술 각각의 개요와 연구 및 표준 동향을 살펴보고, 두 기술의 접목이 어떻게 이루어질 수 있는지, 주요한 연구 이슈가 무엇인지, 또한 연구 현황을 기술한다.

## II. 본 론

### 1. 콘텐츠 중심 네트워킹: 기술 개요

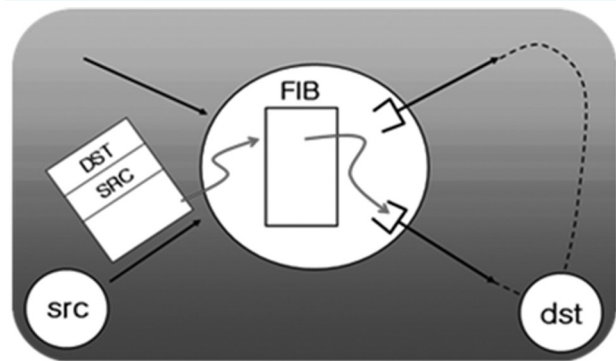
파일 전송, 원격 접속 등의 컴퓨터 기기 간 자원 공유를 위해 호스트 단말 간 (host-to-host)의 연결을 목적으로 설계된 TCP/IP 기반의 인터넷은, 이제 웹, 스트리밍 비디오 전송, P2P (Peer-to-Peer) 기반의 파일 공유 등 고해상도의 대용량 콘텐츠를 대규모로 분배하는 응용과 서비스가 대부분을 차지하게 되었다. 이러한 트래픽 패턴의 변화에 따른 네트워크 용량 부족과 서비스 품질의 저하 문제, 또한 지속적으로 증가 추세에 있는 분산 디도스 공격 (Distributed Denial of Service: DDoS) 등의 보안 문제를 근본적으로 해결하고자 하는 기술이 콘텐츠 중심 네트워킹 (Content-Centric Networking: CCN) 이다 [1-9]. 혹은 정보 중심의 네트워킹 (Information-Centric Networking: ICN) 이라는 용어도 사용되는데, 본고에서는 CCN을 광범위한 의미의 같은 용어로 사용한다.

인터넷 망의 설계 구조와 동작원리를 쉽게 설명하자면, 호스트 기기 간을 연결하는 대화형 (conversational) 모델을 기반으로, 모든 콘텐츠의 전달은 호스트 기기에 할당되는 인터넷 주소 (IP address)를 이용해서 이루어진다. 다시 말해 현재 인터넷

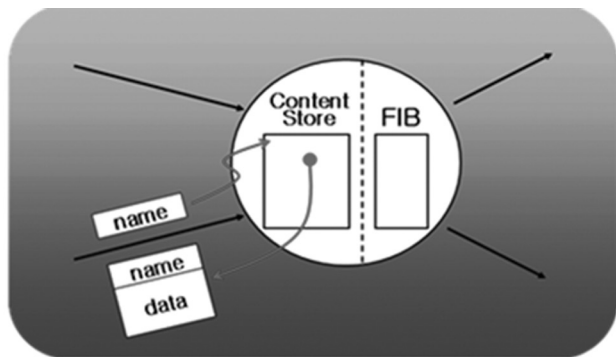
네트워킹 기술의 중심은 주소를 사용하여 어떻게 하면 특정한 컴퓨터 혹은 단말을 찾아 연결하는가에 있다.

하지만 이제는 인터넷 사용자가 전달, 분배, 혹은 소비하고자 하는 콘텐츠 자체가 중심이 되는 새로운 패러다임이 필요하며, 최근 많은 연구와 여러 가지 기술적 제안이 이루어지고 있다. 이러한 관점의 변화는 “주소 기반의 호스트 (addressed host) 중심에서 이름 기반의 콘텐츠 (named content) 중심으로 바꾸는 것”이라고 표현될 수 있으며, 중요한 것은 “무슨 (what)” 콘텐츠가 요청되고 전달되는가에 있지, 그 콘텐츠가 “어디에 (where)” 있는지는 중요하지 않다는 것이다.

CCN의 주요 컨셉 (concept)과 동작 원리를 [2]에서 제안된 방식을 이용하여 쉽게 설명해 보고자 한다. 다른 방식으로 제안된 기술들과의 차이점은 주로 이름의 구성 방법이나, 그러한 이름을 기반으로 라우팅 테이블을 만드는 방법 등의 이슈에 관한 것들이며, 여기서 설명하는 기본 컨셉과 동작 원리는 대부분 동일하다.



(a) 인터넷 주소 기반 Forwarding



(b) 콘텐츠 이름 기반 Cache & Forwarding

그림 1. Addressed Host vs. Named Content 기반 네트워킹 패러다임의 변화 [2]

먼저 <그림 1(a)>에서 보여지듯이, 주소 기반으로 콘텐츠를 전달하는 시스템에서는 패킷을 보내는 소스 (source)와 전달되는 목적지 (destination) 주소가 패킷 자체에 명시된다. 이러한 주소를 가지는 패킷이 교통 신호등 역할을 하는 네트워크 스

위치 혹은 라우터 (switch or router)에 도착하면, 각각의 목적지 주소마다 전달 방향을 알려주는 주소록인 FIB (Forwarding Information Base)를 이용하여 패킷 포워딩 (forwarding)이 이루어진다. FIB는 네트워크 토폴로지 (topology) 정보를 가지고 있는 테이블이며, 통상 라우팅 (routing) 프로토콜을 통해 업데이트 된다. 이러한 동작 구조의 특징은 데이터 패킷이 “어디 (where)”를 명시하는 주소를 지니고, 중간 노드들인 네트워크 스위치나 라우터들은 단순히 전달 방향을 바꾸어주는 교통 신호등의 역할만 하게 되는 것이다.

이와 달리 <그림 1(b)>에서 표현하는 콘텐츠 이름 기반 네트워킹에서는, 데이터 요청 메시지나 데이터 패킷이 오직 “무슨 (what)” 콘텐츠인지를 나타내는 이름을 가진다. 그 이름과 일치하는 데이터가 네트워크 스위치나 라우터의 로컬 캐시 메모리 (cache memory)에 저장되어 있는 경우에는 그 데이터가 직접 요청자에게 보내지며, 그렇지 않은 경우에는 FIB를 이용하여 또 다른 콘텐츠 저장자에게 요청 메시지가 전달되게 된다. 이 경우 주소 기반 네트워킹의 경우와 달리, FIB는 콘텐츠 이름을 기반으로 전달 방향을 결정하는 일종의 콘텐츠 지도 (content topology map)를 가진다.

보안성 측면에서도 컴퓨터 기기간의 연결을 기반으로 하는 패러다임에서는 시스템 자체나 통신채널을 방어해야 하는 기술이 주가 되었는데, 콘텐츠 자체가 네트워킹의 중심 객체 (entity)가 되면서 콘텐츠 자체를 보호하는 것이 가능해져서, 네트워크 구조에 내재된 보안성 (built-in security)의 확보가 가능하게 된다.

CCN 기술 관련 연구 및 산업체 동향을 살펴보면, 미국 PARC (Palo Alto Research Center)사가 2009년 부터 CCNx open source 코드를 제공하고 있으며[8], 미국 NSF (National Science Foundation) 산하 FIA (Future Internet Architecture) 4개 과제 중의 하나인 NDN (Named Data Networking) 과제의 기반 기술이기도 하다 [9]. 그 외 유럽 FP7 (Framework Program 7) 미래 인터넷 프로젝트로서의 PSIRP [4], NetInf [5], 및 한국을 비롯한 아시아 지역 등에서 활발한 연구가 이루어 지고 있다.

2012년 4월에는 통신사업자, 장비업체, 컨슈머 기기 제조업자, 서비스 업체, 연구기관을 망라하는 8개 창립멤버 업체 (British Telecom, France Telecom-Orange, Huawei, Alcatel-Lucent, 삼성, Panasonic, MACH, HCL, PARC)를 중심으로, 산업 표준을 지향하는 ENC (Emerging Networks Consortium) 컨소시엄이 발족되었으며 [10], 관련한 국제 표준 동향으로는 IRTF (Internet Research Task Force) 에서 ICNRG (Information-Centric Networking Research

Group)이 2012년 7월에 공식적인 활동을 시작하였다 [11].

## 2. 소프트웨어 정의 네트워킹: 기술 개요

소프트웨어 정의 네트워킹 (SDN)은 기본적으로 패킷 포워딩 (packet forwarding)을 담당하는 전송계층 (data plane)과 라우팅, QoS (Quality-of-Service) 기능, 그리고 다양한 컨트롤 정책을 제어하는 제어계층 (control plane)을 분리하여, 두뇌 역할을 하는 제어계층을 사용자나 애플리케이션이 범용 서버 상에서도 직접 프로그래밍이 가능하도록 만들겠다는 접근 방법을 통칭한다고 볼 수 있다 <그림 2>.

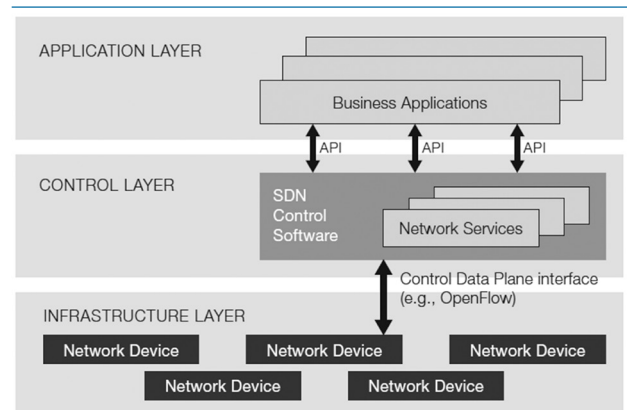


그림 2. SDN (Software-Defined Networking) 아키텍처 [16]

통상 고속 패킷 처리를 수행해야 하는 전송 계층은 하드웨어로 구현되는데, 기존의 네트워크 장비에서는 수직적 구조 기반의 제어 계층과의 구분이 복잡하고 장비제조사 고유의 폐쇄적인 영역이어서, 사용자의 새로운 요구사항을 반영하기 위한 새롭고 혁신적인 기술의 적용은 물론 신속하고 편리한 네트워크의 관리와 제어가 거의 불가능하였다.

최근 증가하고 있는 Cloud Computing 서비스의 확산에 따라 데이터센터에 대한 수요가 급속히 늘어나고 네트워크에 대한 지속적인 확대가 요구되고 있다. 하지만 설정 관리해야 할 네트워크 장비들이 계속 추가되어 그 복잡성이 증가하고, 가상화된 데이터센터에서의 트래픽 패턴은 매우 역동적이고 예측이 어렵다. 특히 구글 (Google), 페이스북 (Facebook)과 같이 대규모 서버 팜(server farm)을 운영하여 서비스를 제공하는 업체들은, 가상화된 컴퓨터 노드 간의 데이터 교류의 양이 페타바이트 (peta byte)에 달하고 있어서, 저가로 연결성을 제공할 수 있는 하이퍼스케일 네트워크 (hyper-scale network)로의 확장성과 관리성이 필요하다 [13,14]. 이러한 이유로 개방형 플랫폼 기반에서 사용자가 직접 소프트웨어 프로그래밍을 이용하여 일관성 있는 정책의 적용과 네트워크의 연결성을 동적으로 제어할 수

있는 기술이 필요한 것이다.

하지만 기본적인 SDN 정의에 기반한 아키텍처 설계와 구현 방법은 산업체 당사자의 이해 관계 및 비즈니스 모델에 따라 많은 차이가 있을 수 있으며, 향후 무선 단말 및 보안 분야에의 적용을 포함하는 다양한 SDN 모델과 플랫폼이 결합 공존할 가능성을 배제할 수 없겠다 [12-14].

관련 연구 개발 현황을 살펴보면, Google, Facebook 등의 클라우드 서비스 및 대규모 데이터센터를 운영하는 인터넷 사업자, 기존 네트워크 장비를 공급하는 Cisco, Juniper 등의 벤더들과 도이치 텔레콤 (Deutsche Telecom), NTT Communication 등과 같은 통신 사업자들이 ONF (Open Networking Foundation)과 같은 산업 컨소시엄 [18]이나 IRTF SDNRG (SDN Research Group)<sup>1</sup> [19], ETSI ISG (Industry Specification Group) for Network Functions Virtualization 등과 같은 국제 표준 단체에서 활발한 활동을 전개하고 있다.

특히 가장 최초로 SDN을 구현하는 기술인 오픈플로우 (OpenFlow) 표준 제정과 도입 촉진을 목표로 결성된 ONF는 Google, 도이치 텔레콤, Facebook, Microsoft, Verizon, Yahoo등 수요자 중심으로 이사회 멤버가 구성되었다는 측면에서 SDN의 확산 가능성을 높이고 있다 [13].

### 3. CCN-SDN 기술의 접목: 배경과 당위성

CCN 기술은 그 기술적 혁신성과 기대 효과에도 불구하고, 통신 사업자나 기업 망 운영자의 입장에서 보면 대규모의 실제적 구축 및 전개를 고려할 때 새로운 장비와 운영 관리 인프라에 필요한 많은 비용 부담이 있다. 이는 CCN을 기존의 TCP/IP 위에서의 오버레이 (overlay) 전개 방식으로 접근하던지, 직접 TCP/IP를 대체하는 방식을 채택하던지 상관없이, 요구되는 구현의 정도 차이가 있을 뿐이다.

결국 새로운 네트워킹 기술의 도입은 기존에 많은 투자가 이루어진 인프라를 점진적이고 적은 비용으로 대체해 나갈 수 있는 전략과 접근 방식이 필요한데, SDN 기술이 추구하는 유연하고 확장 가능한 개방형 아키텍처가 좋은 솔루션이 될 수 있다.

SDN은 기존의 하드웨어의 교체가 필요 없이, 소프트웨어 프로그래밍 기반의 제어 계층을 통한 다양한 종류의 정책, 서비스 및 프로토콜의 단기적이고 효율적인 실험과 구현이 가능할 것이기 때문이다. 더구나 현재 SDN 기술을 가장 시급히 필요로

하여 그 적용을 활발히 추진하는 업체들이 Google 같은 대규모의 실 수요자라는 점에서, 기술의 전개와 확산의 가능성이 높을 것으로 예측된다.

하지만 SDN 기술의 주요 장점은 제어와 관리의 용이성을 제 공한다는 데 있고, 네트워크 가상화를 통한 네트워크 용량 활용 (utilization)의 극대화는 연결성 제어를 통한 트래픽 엔지니어링 (traffic engineering) 기능의 부수적인 효과라고 볼 수 있다. 이러한 점에서 CCN 기술의 접목은 추가적인 투자 비용 없이 저비용의 스토리지 기반으로 네트워크의 용량을 획기적으로 늘릴 수 있다는 점에서 반드시 필요한 것이다.

### 4. CCN-SDN 기술의 접목: 연구 현황

CCN기술은 지난 수 년에 걸친 활발한 연구의 결과로 서로 경쟁하는 다른 접근 방식들이 존재하며, SDN의 경우에도 ONF (Open Networking Foundation) 산업 컨소시엄의 지원 하에 Google 이 자체 망 구축을 전개하는 등 OpenFlow 표준 기술 기반의 상용화가 빠르게 진행되고 있지만, Cisco 등 기존 벤더 및 통신사업자 중심의 SDN 기술 전개도 추진되고 있기 때문에 다양한 구현 방식이 공존할 가능성이 있다.

CCN과 SDN 기술 접목의 중요성을 인지하고 구체적인 아키텍처와 구현 방식을 고려한 연구는 초기 단계에 있으며, CCN과 SDN 각각의 기술 방식에 따라 여러 가지의 조합을 기반으로 연구가 진행되고 있다 [19-23]. 이러한 연구들에서 공통적인 부분은, 어떻게 분산 구조 기반으로 동작하는 CCN의 라우팅과 제반 컨트롤 기능 등을 SDN의 중앙 제어 기반의 컨트롤러 (controller) 아키텍처에 맞도록 설계하는가에 있다.

그 외 두 기술의 접목에 있어서 중요한 연구 이슈는, 기기와 기기를 연결하는 단대단 (end-to-end) 기반의 연결성이 없는 콘텐츠 중심 네트워킹 개념에서의 플로우 (flow) 정의이며, 네트워크 내의 캐쉬 (in-network cache)를 어떻게 제어 가능한 네트워크 프리미티브 (network primitive)로 정의하는가 등이 있다 [20]. 이러한 연구 이슈는 IRTF SDNRG와 ICNRG에서 협력이 필요한 부분이 될 것이며, 최근 두 그룹의 메일링 리스트에 관련된 기술적 이슈들의 크로스 포스팅 (cross-posting)이 시작되고 있다.

또한 현재 ONF에서 표준 스펙이 정의되고 있는 OpenFlow 기반으로 CCN 기술이 접목되는 경우, OpenFlow 스펙에서 추가로 확장과 변경이 필요한 기능들의 구체적 연구와 제안도 이루어지고 있다 [21-23]. 향후 필요한 것은 이러한 제안들을 실제 테스트베드 상에서 검증하는 것인데, 중요한 것은 SDN의 플로우 (flow) 기반 가상화 기능을 통해 라이브 트래픽 (live

<sup>1</sup> IRTF SDNRG에서는 SDN 아키텍처를 단지 전송 계층과 제어 계층을 분리하는 것은 물론 서비스 단과 트랜스포트 단 (transport layer)를 포함하는 복수 계층 (multi-layer) 프로그래밍 개념으로의 확장까지 고려하고 있다.

traffic)을 지원하는 실제 망에서 CCN 기술의 점진적인 도입이 가능한지와 CCN 기술이 목적하는 가용 네트워크 용량의 증대를 검증하는 것이다.

### III. 결론

본 고에서는 최근 미래 인터넷 연구에 있어서 중요한 네트워킹 패러다임으로 부각되고 있는 콘텐츠 중심 네트워킹(Content Centric Networking)과 소프트웨어 정의 네트워킹(Software-Defined Networking) 기술 각각의 개요를 설명하고, 이 기술들의 효과적인 보완적 접목이 왜 반드시 필요한지에 대한 당위성과 관련 연구 이슈, 현황을 살펴보았다.

기존 TCP/IP 기반의 아키텍처로는 향후 지속적으로 증가할 것으로 예측되는 고용량 트래픽을 효과적으로 처리하는데 한계가 드러날 것이며, 따라서 콘텐츠 중심 네트워킹으로의 대체가 반드시 필요해 지는데, 이때 중요하게 고려되어야 하는 이슈는 어떻게 기존의 인프라를 대규모로 일시에 교체하지 않고 점진적으로 적용하고 전개해 나가느냐 하는 것이다.

CCN 기술의 장점을 최대한 가시화하면서 점진적으로 확산시켜 나가는 방법으로서, 모바일 애드혹(mobile ad-hoc) 네트워크와 같이 단말 기기와 IoT(Internet-of-Things) 기기 중심으로 구성되는 네트워크의 획기적 성능 개선을 위해 독립적으로 적용을 추진하는 사례가 있는데 [24,25], 더욱 효과적인 방안은 기존 하드웨어의 교체가 필요 없이 소프트웨어 프로그래밍 기반의 제어 계층을 통한 다양한 종류의 정책, 서비스 및 프로토콜의 단계적이고 효율적인 실험과 구현이 가능한 SDN 기술과의 접목을 추진하는 것이 될 것이다.

더구나 현재 SDN 기술을 가장 시급히 필요로 하여 그 적용을 활발히 추진하는 업체들이 대규모 데이터 센터와 자체 망을 운영하는 Google과 같은 인터넷 서비스 사업자와 기업 망 운영자들을 포함하는 실 수요자라는 점에서 기술의 전개와 확산의 가능성이 확실시 된다.

이러한 두 개의 미래인터넷 유망 기술의 접목은 비용 절감, 운용 관리의 용이성, 동적으로 가용한 네트워크 용량의 획기적인 증대가 가능하다는 효과 측면에서 데이터 센터는 물론, 무선과 이동 통신망을 아우르는 기업 망과 코어 사업자 망 그리고 홈 네트워크와 개인 망에의 적용도 가능하여, 미래 인터넷이 초기에 효과적으로 전개되는데 주요 핵심 enabler가 될 것이다.

### 참고 문헌

- [1] T. Koponen et al, "A Data-Oriented (and Beyond) Network Architecture," ACM Sigcomm 2007
- [2] Van Jacobson, et al, "Networking Named Content," ACM CoNEXT 2009
- [3] V. Dimitrov and V. Koptchev, "PSIRP - Publish-Subscribe Internet Routing Paradigm: New ideas for Future Internet," www.psirp.org
- [4] Publish-Subscribe Internet Routing Paradigm (PSIRP): <http://www.psirp.org/>
- [5] FP7 4WARD Project - Networking of Information (NetInf): <http://www.4ward-project.eu/>
- [6] D. Trossen, M. Sarela, K. Sollins, "Arguments for an Information-Centric Internetworking Architecture," ACM Computer Communications Review, April 2010.
- [7] Patrick Agyapong and Marvin Sirbu, "Economic Incentives in Information-Centric Networking: Implications for Protocol Design and Public Policy," IEEE Communications Magazine, December 2012
- [8] Project CCNx: <http://www.ccnx.org/>
- [9] Named Data Networking project web site: <http://www.named-data.org/>
- [10] ENC (Emerging Network Consortium), <http://www.parc.com/services/focus-area/emerging-networks-consortium/>
- [11] IRTF ICNRG (Information-Centric Networking Research Group), <http://trac.tools.ietf.org/group/irtf/trac/wiki/icnrg>
- [12] 신명기, "SDN 실현을 위한 표준기술 전략 및 Enablers," HSN 2013 발표자료, <http://plum.hufs.ac.kr/hsn2013/index.html>
- [13] 김민식, 임순옥, "차세대 네트워크 제어 관리 기술인 SDN (I)," <방송통신정책>, 제24권 12호 통권 534호, 정보통신정책연구원, July 2012
- [14] 김민식, 임순옥, "차세대 네트워크 제어 관리 기술인 SDN (II)," <방송통신정책>, 제24권 14호 통권 536호, 정보통신정책연구원, August 2012
- [15] N. McKeown, et al, "OpenFlow: Enabling Innovation in Campus Networks," ACM SIGCOMM CCR (Computer Communication Review) Volume 38, Number 2, April 2008

- [16] Software-Defined Networking: The New Norm for Networks, ONF (Open Networking Foundation) White Paper, April 13, 2012
- [17] ONF (Open Networking Foundation), <https://www.opennetworking.org/>
- [18] IRTF SDNRG (Software Defined Networking Research Group), <http://trac.tools.ietf.org/group/irtf/trac/wiki/sdnrg#>
- [19] D. Syrivelis, G. Parisi, D. Trossen, P. Flegkas, V. Sourlas, T. Korakis, and L. Tassiulas, "Pursuing a Software Defined Information-Centric Network," European Workshop on Software Defined Networking, 2012
- [20] Abhishek Chanda and Cedric Westphal, "Content as a Network Primitive," <http://www.techrepublic.com/whitepapers/content-as-a-network-primitive/32600637> 2012
- [21] Luca Veltri, et al, "Supporting Information-Centric Functionality in Software Defined Networks," IEEE ICC (International Conference on Communications), June 2012
- [22] 권태경, 장덕현, 서준호, "Content Delivery over SDN: incremental vs. clean-slate approaches," OSIA Standards & Technology Review Journal, vol.25, No.3, September 2012.
- [23] N. Blefari-Melazzi, et al, "Information Centric Networking over SDN and OpenFlow: Architectural Aspects and Experiments on the OFELIA Testbed," Cornell University Library, <http://arxiv.org/abs/1301.5933>
- [24] JaeHoon Kim, Myeong-Wuk Jang, Byoung-Joon (BJ) Lee, and Kiho Kim, "Content Centric Network-based Virtual Private Community," IEEE ICCE (International Conference on Consumer Electronics), pp. 843-844, January 2011
- [25] Van Jacobson, et al, "Custodian-Based Information Sharing," IEEE Communication Magazine, pp. 38-43, July 2012.

## 약 력



이 병 준

1989년 공학석사 University of Waterloo, Canada  
 1996년 공학박사 University of Waterloo, Canada  
 1989년~1992년 Research Associate,  
 University of Waterloo, Canada  
 1996년~1998년 Nortel Networks, Canada  
 1998년~2001년 Cisco Systems, Canada  
 2001년~2003년 Tropic Networks, Canada  
 2003년~현재 삼성전자 종합기술원, 전문연구원  
 관심분야: 미래인터넷, 콘텐츠 중심 네트워킹,  
 모바일 애드혹 네트워킹