

CCN (Content-Centric Networking): 콘텐츠 중심 네트워킹 - 인터넷 주소, 이제 몰라도 된다

이병준
삼성전자 종합기술원

요약

본고에서는 최근 미래 인터넷의 주요 핵심 기술로 주목 받고 있는 콘텐츠 중심 네트워킹 기술에 대해서, 이러한 기술연구가 시작되게 된 배경과 관련 연구, 산업체 및 표준 현황에 대해 살펴본다. 특히 여러 후보 기술들 중, 그 개념의 완성도 및 실현 가능성에 있어서 가장 앞서 있는 CCN (Content-Centric Networking)을 중심으로 콘텐츠 중심 네트워킹의 동작원리를 설명하고, 관련 주요 사용 예 (Use Case)와 향후 전망에 대해 짚어본다.

I. 서론

현재 인터넷의 근간인 인터넷 프로토콜이 컴퓨팅 기기와 기기를 연결하는 호스트 중심의 (Host-centric) 구조에 기반하여 효율적인 콘텐츠 분배에 있어서 구조적인 취약점을 가지고 있음을 지적하고, 대신 콘텐츠 중심의 (Content-centric, 혹은 Data-oriented) 네트워킹 구조로 바뀌어야 한다는 주장이 처음 제안된 것은 벌써 10여 년이 지났으나[1,2], 그 잠재 가능성에 대한 기대가 본격적이고 실질적인 연구로 가시화되기 시작 된 것은 불과 몇 년 되지 않는다 [3-6, 13-15, 20].

아마도 이러한 가시적 연구 모델 변화의 가장 큰 동인은 무엇보다도 Apple의 iPhone으로 시작되어 삼성의 Galaxy 제품군 등으로 확산되고 있는 스마트폰 혁명이라고 생각된다. 명실상부한 모바일 인터넷의 생활화와 고화질 비디오 스트리밍 사용 증가에 따른 모바일 데이터 트래픽의 폭증, 대규모 디도스 (D-DoS) 공격 등의 이슈가 더 이상 일부 연구자들의 “what-if” 시나리오가 아니라, 시급한 해결책이 요구되는 현실적인 문제가 되면서, 그 동안 금기 시되었던 인터넷의 근본적 구조 혁신이 필요하다는 공감대가 자리잡아 가고 있는 것이다.

인류역사상 가장 중요한 발명품이라고 하는 인터넷은, 원래 컴퓨터와 그 주변 기기들을 연결하고자 하는 목적으로 설계되

었던 것이다. 하지만 이제는 그때 그때 맞닥뜨리는 문제들을 임기응변 식의 유지 보수만으로 지속 가능하게 하기에는 기술적인 복잡성은 물론, 조그마한 기술적 오작동이나 downtime을 용인하기에는 글로벌 사회에 있어서 경제, 사회, 정치, 문화적으로 너무나 중요한 인프라가 되어 버렸다.

CCN (Content-Centric Networking) 기술은 현 인터넷의 근본적 취약점인 호스트 중심의 구조에서 벗어나 콘텐츠를 중심으로 하는 새로운 네트워킹 아키텍처를 제안하는 것이다. 다시 말하면, 인터넷에 접속되는 기기와 기기를 연결하는 데이터 채널을 제공하고, 그 채널을 보호하는 현재의 인터넷 프로토콜 방식 대신, 네트워크 단에서 콘텐츠 자체를 안전하고 빠르게 사용자에게 제공하고자 하는 기술이다. 따지고 보면 사용자는 본인이 원하는 콘텐츠가 어디에 있는지 굳이 알아야 할 필요가 없는 것이며, 요즘 같이 글로벌 스케일의 네트워크 연결이 보편화된 환경에서 종단간의 (End-to-End) 데이터 채널을 보호하기에는 너무나 많은 오버헤드가 필요해 진다. 콘텐츠 중심 네트워킹에서는 더 이상 이러한 기능에 필요한 인터넷 주소가 필요없이, 콘텐츠 자체를 네트워킹의 주체 (Entity)로 사용하는 것이다.

본론에서 구체적인 문제점과 해결 방안을 살펴보기 전에, CCN 아키텍처의 주요 특징을 요약해보자면 아래와 같다.

CCN 기술은:

- 호스트 기기의 위치를 나타내는 인터넷 주소가 아닌, 콘텐츠 이름 자체를 네트워킹을 위한 주소로 사용하여, 사용자가 원하는 콘텐츠를 가장 가까운 곳에서 가져올 수 있게 한다.
- 네트워크 단에서 콘텐츠 캐싱을 제공하여 효율적인 전송이 가능하게 한다.
- 콘텐츠 자체에 인증 기능을 포함하여, 다양한 신뢰 모델 (Trust Model)에 기반한 보안 기능의 제공을 네트워크 단에서 가능하게 한다.
- 콘텐츠 자체가 네트워킹의 주체 (Entity)가 됨으로써, 콘텐츠 별 QoS (Quality-of-Service) 제공을 가능하게 한다.

II. 본 론

2.1 인터넷 주소, 무엇이 문제인가

여기서는 먼저 현재 호스트 중심 (Host-centric)의 인터넷 프로토콜이 사용하는 인터넷 주소에 대해 어떤 문제점이 있는지 알아보자. 인터넷 주소란 인터넷 망을 구성하고 이용하는 컴퓨터 시스템에 부여되는 32비트 (bit) 길이의 고유한 숫자를 말하며, IP (Internet Protocol) 주소 (address)라고도 불린다. 인터넷 주소는 기본적으로 두 가지의 기능을 수행한다. 하나는 우편물 배달을 위한 주거지의 우편주소와 같이 패킷 (packet) 이라고 불리는 디지털 정보 묶음의 전달을 위한 위치 식별자 (locator)로서의 기능이며, 다른 하나는 사람의 주민등록번호와 같이 고유 식별이 가능한 이름 (name 혹은 identifier)의 기능이다. 이렇게 숫자로 표기되는 인터넷 주소가 두 가지의 기능을 동시에 수행하면서, 사용자의 불편과 네트워크 운용상의 비효율이 초래되는데, 먼저 그 이유를 살펴보겠다.

인터넷 주소는 숫자로 표기되기 때문에 웹 (Web) 기반의 응용 프로그램이나 컴퓨터의 고유 이름 (name)으로 사용될 때는 사람이 쉽게 이해하고 기억하기 어려운 불편함이 있다. 그래서, 사람이 이해하기 쉬운 도메인 이름을 사용하면, 이를 IP 주소로 바꾸어주는 DNS (Domain Name System)라는 별도의 인프라가 필요하다. 예를 들어, 사용자가 웹 브라우저에서 www.samsung.com 이라는 도메인 이름을 입력하면, DNS 서버에 문의 요청 메시지 (query)가 보내져서 “61.111.58.11”이라는 인터넷 주소를 발견하고, 웹 브라우저는 이 주소를 사용하여 삼성에서 운용하는 서버에 접속하게 되는 것이다.

하지만 이러한 방식을 사용하면 추가적으로 DNS 서버 이용에 발생하는 불필요한 지연을 감수해야 한다. 더구나 위치 식별자로서의 기능 때문에, 스마트폰 등의 이동 단말이 위치를 바꿀 때 마다 발생하는 인터넷 주소 변경에 따른 회선 끊김이 발생하여 이동 단말의 이동성 (mobility) 지원이 쉽지 않다. 또한, 이와 유사한 문제로서 인터넷 사업자를 바꾸어야 할 때 마다 모든 시스템의 인터넷 주소를 새로운 사업자가 부여하는 주소로 변경 (re-naming)해야 한다거나, 운용 규모가 큰 기업들의 경우 안정성 (reliability 혹은 availability) 확보를 위해 한 개 이상의 인터넷 사업자를 통해 인터넷 접속 (multi-homing)을 하는데 발생하는 불편함이 있다. 이러한 인터넷 주소의 기능 혼용으로 발생하는 문제를 해결하고자 이름과 주소의 분리 운용 (Identifier-Locator Separation) 원칙에 기반한 해결 방안들이 제안되어 검토되고 있다 [7,8,9].

2.2 컴퓨터의 고유 이름을 인터넷 주소와 분리 운용하면 문제가 없을까?

그렇다면 위에서 살펴본 대로, 인터넷 망을 구성하고 이용하는 컴퓨터의 고유 이름과 주소를 분리 사용하면 인터넷 주소 사용에 기인하는 모든 문제가 해결될 것인가? 결론부터 말하면, 그렇지 않다. 현 인터넷의 네트워킹 동작 구조에는, 가장 중요한 문제 중의 하나인 보안 이슈를 포함하는 더 심각한 문제가 내재하고 있다. 여기서는 이러한 구조적인 문제점을 좀 더 살펴본다.

1876년 미국의 알렉산더 그레이엄 벨 (Alexander Graham Bell)이 전화를 발명한 이래, 전화망의 목적이 사용자간의 음성 통신을 위해 전화기와 전화기를 일대일로 연결시키는 것이었던 것처럼, 1960년대에 설계된 인터넷 망도 컴퓨터와 주변기기간 혹은 컴퓨터간의 일대일 연결을 기반으로 값 비싼 컴퓨터 자원을 공유하는 것이 가장 중요한 설계 요구사항이었다. 이러한 두 기술 사이에 커다란 차이점이 있다면, 전화 망에서는 통화기기간에 음성신호를 전달하는 물리적 회선(wires)이 그 통화를 위해서만 연결 유지되는데 반해, 인터넷 망에서는 전달하고자 하는 정보를 패킷 단위의 조각으로 나누어, 동일한 물리적 회선을 여러 사용자들이 공유하도록 하는 통계적 복합 기법 (statistical multiplexing)으로 망 운용의 효율성을 획기적으로 높였다는데 있다. 이러한 방식의 또 다른 주요한 장점은 네트워크를 구성하는 시스템이나 링크가 부분적으로 동작하지 않아도, 패킷이 그러한 부분을 우회해서 전달되는 안정성 (reliability)이 보장된다는 것이다.

그런데 컴퓨터 기기간 일대일 연결을 목적으로 설계된 인터넷 망은 현재 어떻게 사용되고 있는가? 디지털 기술의 급속한 성장을 바탕으로 음성과 데이터뿐만 아니라 실시간 비디오를 포함하는 모든 종류의 미디어와 콘텐츠가 디지털화 되어가고 있고, 1990년대 웹 기반 서비스의 발달에 따라 누구나 콘텐츠를 쉽게 만들고 소비하는 것이 가능해지면서, 인터넷을 통해서 전달되는 콘텐츠의 양이 폭발적으로 증가하고 있다. 이러한 현상은 최근 인터넷 브라우징 (browsing)이 가능한 스마트폰, 스마트 태블릿 등 PC급 성능을 가진 모바일 기기 보급의 확대로 이동 중의 콘텐츠 생성 및 소비가 추가되면서 더욱 확대일로에 있다. 다시 말해 이제 인터넷의 역할은 1960년대처럼 값비싼 컴퓨팅 자원의 공유를 위한 컴퓨터 기기간 일대일 연결이 아니라, 대량의 콘텐츠를 다수의 사람에게 분배하는 공급망의 역할을 하게 되었다. 우리가 잘 아는 Youtube나 Google 서비스, 혹은 IPTV의 등장이 하나의 좋은 예이다. 하지만 현재의 인터넷 구조에서 동일한 콘텐츠를 많은 사람에게 전달하기 위해서는, 그 소비자

의 숫자만큼 복사본을 만들어 네트워크를 통해 전송하게 되고, 결과적으로 서버 자체가 서버에 가까운 네트워크 링크에 과부하가 걸리게 된다. 하지만 이러한 종류의 과부하는 단순한 시스템 혹은 회선 증설로 해결하기에는 비용이나 복잡성 측면에서 상당히 어려운 문제이다.

이제는 인터넷의 기술적 성공이 원래 해결하고자 했던 문제의 영역을 벗어난 전혀 새로운 응용과 서비스를 창출해낼 정도가 되었으며, 결국 그 새로운 응용과 서비스를 효율적으로 지원할 수 있는 새로운 기술이 다시 필요한 시점이 된 것이다. 다수의 대중을 상대로 하는 라디오나 TV 방송 (broadcast)을 일대일 음성통신을 위해 만들어진 전화망을 통해서 했어야 한다면, 그 비효율성을 상상만이라도 해보라. WWW (World Wide Web) 창시자 Tim Berners-Lee씨가 1995년 MIT대학 방문 중 제안한 아이디어를 기반으로 만들어졌다고 알려진 미국의 Akamai 사는 화려한 광파레와 함께 1999년 창사이래로 CDN (Content Delivery Network) 기술의 상업화를 주도하고 있는데, 이러한 CDN 시장의 보편화도 현 인터넷 망에서의 효율적 콘텐츠 분배의 필요성을 증거하는 현상 중의 하나이다. 하지만, CDN은 현 인터넷 망 위에서 돌아가는 응용 프로그램일 따름이고, 근본적인 해결책이라고 보기는 어렵다. 물론, 어떠한 근본적인 해결책도 지금의 성공을 있게 한 인터넷 기술의 장점을 다 버리고, 바닥부터 전혀 새로운 기술을 만들어내자는 것은 아니어야 한다.

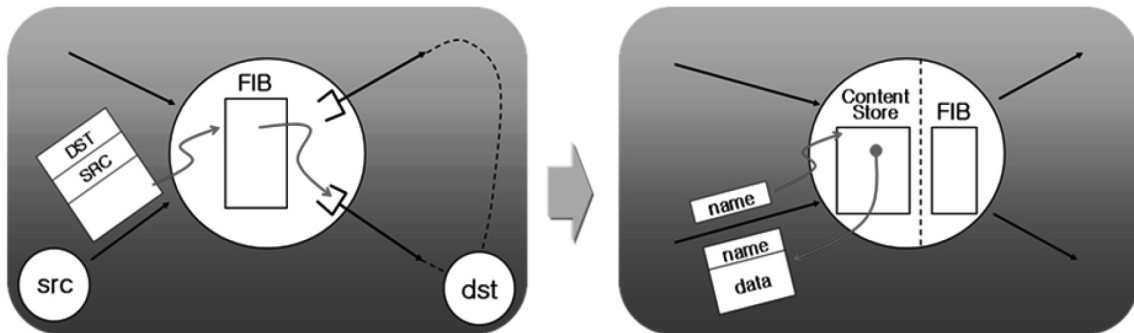
2.3 이제는 호스트가 아닌 콘텐츠가 네트워킹의 중심이 되어야 한다

인터넷 망의 설계구조와 동작원리를 다시 짧게 요약하면, 컴퓨터와 컴퓨터를 일대일로 연결하는 대화형 (conversational) 모델을 기반으로, 모든 콘텐츠의 전달은 컴퓨터의 주소 (혹은 이름)를 이용해서 이루어진다. 다시 말해 현재 인터넷 네트워킹 기술의 중심은 주소를 사용하건, 이름을 사용하건 궁극적으로 “어

떻게 하면 특정한 컴퓨터 혹은 단말을 찾아 연결하느냐”에 있다. 이러한 단말은 또한 네트워크 호스트 (host)라 칭하기도 한다.

하지만 이제는 인터넷 사용자가 전달, 분배, 혹은 소비하고자 하는 콘텐츠 자체가 네트워킹 기술의 중심이 되는 새로운 패러다임이 필요하며, 최근 이러한 콘텐츠 중심의 네트워킹 (Content-based Networking) 기술에 대한 많은 연구와 여러 가지 기술적 제안이 이루어지고 있다 [1-6]. 그 중에서도 대표 주자라고 할 수 있는 CCN (Content-Centric Networking) 기술은 PARC (Palo Alto Research Center)사의 Fellow인 Van Jacobson에 의해 주창되었으며, 그는 이러한 관점의 변화를 “named (or addressed) host 기반에서 named content 기반으로 바꾸는 것”이라고 표현하고 있다 [4,6]. 중요한 것은 “무슨 (what)” 콘텐츠가 요청되고 전달되는가에 있지, 그 콘텐츠가 “어디 (where)” 있는지는 중요하지 않다는 것이다. 이렇게 되면, 소비자가 원하는 콘텐츠가 무엇인지를 표현하는 이름이 필요할 뿐, 지금까지 일대일로 연결되는 컴퓨터의 위치를 가리키는 인터넷 주소는 필요 없게 되는 것이다.

이러한 패러다임 변화의 주요 컨셉을 <그림 1>을 이용하여 설명해 보고자 한다. 먼저 <그림 1(a)>에서 나타내듯이, 호스트 주소 기반 네트워킹에서는 데이터 패킷을 주고받는 발원지 (source)와 목적지 (destination)가 명시되며, 이러한 주소를 가지는 패킷이 교통 신호등 역할을 하는 네트워크 스위치 혹은 라우터 (switch or router)에 도착하면, 각각의 목적지 주소마다 전달 방향을 알려주는 주소록인 FIB (Forwarding Information Base)를 이용하여 패킷 전달 (forwarding)이 이루어진다. FIB는 네트워크 토폴로지 (topology) 정보를 가지는 테이블이며, 통상 라우팅 (routing) 프로토콜에 의해 네트워크의 변화 상황을 반영하며 주기적으로 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.



(a) 인터넷 주소 기반 forwarding

(b) 콘텐츠 이름 기반 cache & forwarding

그림 1. Named Host vs. Named Content 기반 네트워킹 패러다임 변화 [10]

이와 달리 <그림 1(b)>에서 표현하는 콘텐츠 중심 네트워킹에서는, 데이터 요청 메시지나 데이터 패킷이 오직 “무슨 (what)” 콘텐츠인지를 명시하는 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. 이러한 콘텐츠 지도를 구성하는 구체적인 방법이나, 계층적 콘텐츠 이름의 구성, 데이터 포맷 (format) 등의 상세한 구성 및 동작 예는 관련 논문 [4]를 참조하기 바란다.

여기서 또 하나 강조되어야 하는 점은, 호스트 기반의 메커니즘과 비교할 때 콘텐츠 중심 네트워킹에서는 네트워크 노드에 있는 저장 메모리가 효율적으로 대량의 콘텐츠를 다수의 사용자에게 분배하고 소비하는데 중요한 역할을 하게 된다는 것이다. 통신 회선과 메모리 가격의 하락 추세를 비교하는 <그림 2>에서도 볼 수 있듯이, 가격의 하락 속도가 전용회선 대비 8배 이상이 되는 고용량 메모리의 사용을 기반으로 하는 새로운 네트워킹 기술이 비용 측면에서도 더욱 바람직하다.

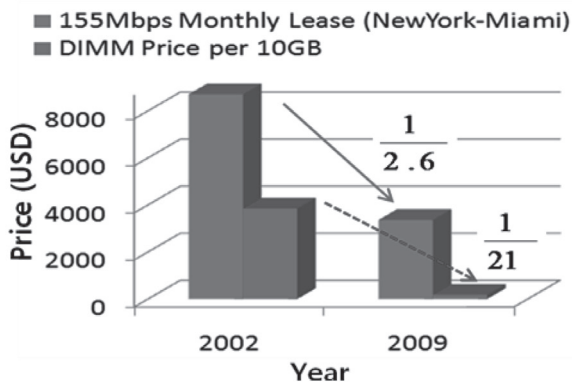


그림 2. OC-3 전용선 Monthly Lease 비용 vs. DIMM (Dual In-line Memory Module)메모리 가격 추이 비교 [11,12]

보안성 측면에서도 컴퓨터 기기간의 연결을 기반으로 하는 패러다임에서는 시스템 자체가 통신채널을 방어해야 하는 기술이 추가 되었는데, 콘텐츠 자체가 네트워킹의 중심 객체 (entity)가 되면서 콘텐츠 자체를 보호하는 것이 가능해져서, 소위 말하는 네트워크 구조에 내재된 보안성 (built-in security)의 확보가 가능하게 된다. 또한, 전체적인 네트워크 운용의 효율성이 제고되어 에너지 소비도 획기적으로 줄일 수 있다는 연구 결과도 주의 깊게 살펴 볼 필요가 있다 [13].

2.4 관련 연구, 산업체 및 표준 동향

CCN 기술 관련 연구 및 산업체 동향을 살펴보면, 미국의 실리콘 벨리에 위치한 PARC (Palo Alto Research Center)사가 2009년에 초기 버전의 CCN open source software를, 2010년 11월에는 안드로이드(Android) 용 CCN 코드를 발표했다 [14]. 또한 CCN 기술은, 미국 NSF (National Science Foundation) 산하 FIA (Future Internet Architecture) 4개 과제 중 2010년 10월부터 3년간 7천9백만불 규모로 진행되는 NDN (Named Data Networking) 과제의 기반 기술이기도 하다 [15].

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 [16], 관련한 국제 표준 동향으로는 IETF (Internet Engineering Task Force) 내의 IRTF (Internet Research Task Force) 에서 ICNRG (Information-Centric Networking Research Group)이 2012년 7월에 공식적인 활동을 시작하였다 [17].

그 외 유럽 FP7 (Framework Program 7) 미래 인터넷 과제 내 NetInf [18], RSIRP [19] 등과 같은 다수의 연구 활동이 활발하게 진행되고 있으며, 아시아 지역에서도 한국의 FIF (Future Internet Forum), 중국의 산업체, 학계 등에서 많은 연구활동이 진행되고 있다.

III. 결론

본고에서는 현 인터넷 망의 근간을 이루는 인터넷 프로토콜의 설계 원리와 구조적 취약점을 간략히 살펴보고, 새롭게 대두되고 있는 콘텐츠 중심의 네트워킹 기술의 배경과 연구 동향을 CCN (Content-Centric Networking) 기술 중심으로 소개하였다.

현재 인터넷 네트워킹 기술의 중심은 주소를 사용하건, 이름을 사용하건 궁극적으로 “어떻게 하면 특정한 컴퓨터 혹은 단말을 찾아 연결하느냐”에 있었는데, 이제 중요한 것은 “무슨 (what)” 콘텐츠가 요청되고 전달되는가에 있지, 그 콘텐츠가 “어디 (where)” 있는지는 중요하지 않게 되었다는 것이다. 이렇게 되면, 소비자가 원하는 콘텐츠가 무엇인지를 표현하는 이름이 필요할 뿐, 지금처럼 일대일로 연결되는 컴퓨터의 위치를 가리키는 인터넷 주소는 필요 없게 되는 것이다.

마지막으로 중요하게 고려해야 하는 이슈는 어떻게 점진적으로 CCN 기술을 적용하고 전개해나가는지 하는 것인데, 기존의 인터넷 인프라를 대대적으로 일시에 교체하지 않고도 CCN 기술의 장점을 최대한 가시화할 수 있는 사용 예를 발굴하고 확산시켜 나가는 것이 중요하다. 현재의 모바일 인터넷 환경에서도 그렇지만, 특히 미래 인터넷에서는 센서를 포함하는 모바일 인터넷 기기의 수가 압도적으로 많아질 것이고, 이러한 단말에서 생성, 전달, 소비되는 콘텐츠를 중심으로 하는 네트워킹의 중요성이 더욱 커질 것임에 틀림없다. 이에, 흥미로운 관련 연구 결과가 나타나기 시작하고 있으며 [5,6,20], 이러한 결과가 적용된 제품이나 서비스를 향후 2~3년내에는 직접 사용할 수 있을 것으로 예상된다.

참고 문헌

- [1] David Cheriton and Mark Gritter, "TRIAD: a Scalable Deployable NAT-based Internet Architecture," Technical Report, <http://www-dsg.stanford.edu/triad/#papers>, January 2000
- [2] Mark Gritter and David Cheriton, "An architecture for content routing support in the Internet," 3rd USENIX symposium on Internet technologies and systems, 2001
- [3] T. Koponen et al, "A Data-Oriented (and Beyond) Network Architecture," ACM Sigcomm 2007
- [4] Van Jacobson, et al, "Networking Named Content," ACM CoNEXT 2009
- [5] Jaehoon Kim, et al, "Content Centric Network-based Virtual Private Community," IEEE ICCE, Las Vegas, January 2011
- [6] Van Jacobson, et al, "Custodian-based Information Sharing," IEEE Communication Magazine, July 2012
- [7] "Host Identity Protocol (HIP) Architecture," R. Moskowitz, et al, IETF (Internet Engineering Task Force) RFC 4423, May 2006.
- [8] "Shim6: Level 3 Multihoming Shim Protocol for IPv6," E. Normark, et al, IETF RFC 5533, June 2009.
- [9] "Architectural implications of Locator/Identifier," D. Meyer and D. Lewis, IETF draft-meyer-loc-id-implications-01.txt, January 2009
- [10] "Content Centric Networking," a private presentation at Samsung Advanced Institute of Technology (SAIT), May 13, 2010
- [11] OC-3 전용선 비용 통계 출처: Telegeography research,
- [12] 메모리 가격 통계 출처: <http://www.jcmit.com/memoryprice.htm>
- [13] "Greening the Internet with Content-Centric Networking," Uichin Lee et al, 1st International ICST Conference on E-Energy, 2010
- [14] Project CCNx: <http://www.ccnx.org/>
- [15] Named Data Networking project web site: <http://www.named-data.org/>
- [16] ENC (Emerging Network Consortium), <http://www.parc.com/services/focus-area/emerging-networks-consortium/>
- [17] IRTF ICNRG (Information-Centric Networking Research Group), <http://trac.tools.ietf.org/group/irtf/trac/wiki/icnrg>
- [18] FP7 4WARD Project - Networking of Information (NetInf): <http://www.4ward-project.eu/>
- [19] Publish-Subscribe Internet Routing Paradigm (PSIRP): <http://www.psirp.org/>
- [20] Swarun Kumar, et al, "CarSpeak: A Content-Centric Network for Autonomous Driving," ACM SigComm'12, Helsinki, August 2012

약 력



이 병 준

1989년 University of Waterloo, Canada, 공학석사
 1989년~1992년 University of Waterloo, Canada, Research Associate
 1996년 University of Waterloo, Canada, 공학박사
 1996년~1998년 Nortel Networks, Canada
 1998년~2001년 Cisco Systems, Canada
 2001년~2003년 Tropic Networks, Canada
 2003년~현재 삼성전자 종합기술원, 전문연구원
 관심분야: MAC 프로토콜, TCP/IP, Mobile IP, Mobile Ad Hoc, Content-Centric Networking