정 보 보 호 학 회 지
제26권 제6호, 2016. 12

CCN 이동성 지원에 관한 연구

이 주 용*, 이 지 훈**

요 약

모바일 기기의 폭발적인 증가로 인하여 다양한 종류의 많은 콘텐츠들이 시간과 장소에 관계없이 만들어지고 공유된다. 하지만, 현재 인터넷 구조는 모바일 기기의 이동성 지원을 위해 추가적인 동작이 필요하다. 따라서 비효율적인 현재의 인터넷 구조를 개선하기 위하여 새로운 네트워크 구조가 필요성이 대두되었으며 정보중심의 네트워크와 같은 새로운 구조가 등장하게 되었다. 정보 중심 네트워크 구조에서 콘텐츠 요청자의 이동성 지원은 단순히 콘텐츠를 재전송하면 되기 때문에 효율적으로 동작한다. 하지만, 콘텐츠 소유자의 이동성 지원은 소유자의 위치를 인지하기 전까지 효율적으로 대응하지 못한다는 문제점이 존재한다. 따라서, 본 논문에서는 정보중심의 네트워크 구조에서의 콘텐츠 소유자의 효율적인 이동성 지원을 위한 연구들을 분석한다.

Ⅰ. 서 론

최근 이동통신 기술의 급격한 발전과 다양한 스마트 디바이스의 높은 보급률로 인하여 트래픽 용량 및 기존의 인터넷의 사용 패턴이 변화하기 시작하였다[1].

단순히 정보를 요청하는 현 인터넷 사용 패턴에서 YouTube, Facebook 및 Netflix 등과 같은 고용량 미디어 콘텐츠의 수요가 급격하게 증가하고 있다[2].

급증하는 콘텐츠 중심의 트래픽 해결 및 고용량 미디어 중심의 인터넷 사용 패턴을 수용하기 위해 인터넷 구조를 호스트 중심 (Host-centric)에서 정보 중심 (Information-centric)으로 변경하려는 관련 연구들이 등장하고 있다[3-6].

최근 이러한 연구 중 콘텐츠를 효율적으로 공유하는 Content Centric Networking (CCN) 구조[7]가 주목을 받고 있다. CCN은 이름 기반의 라우팅 (name-based routing), 콘텐츠 이름을 통한 자가 인증 (self-certifying) 및 콘텐츠 캐싱 등의 기능을 가지고 있어 대용량콘텐츠를 전달해야하는 환경에 유용하다.

하지만 이러한 장점에도 불구하고 CCN 환경에서의 콘텐츠 생성자 및 콘텐츠 요청자의 이동성 지원에 대한 연구가 많이 부족한 실정이다. CCN 환경에서의 이동성 문제점은 콘텐츠 생성자의 이동 및 콘텐츠 요청자의 이동 크게 두 가지로 구별할 수 있다.

CCN의 수신자 중심의 (receive-driven) 전송 구조 때문에 콘텐츠 요청자가 이동시 단순히 콘텐츠를 재요청하면 되기 때문에 콘텐츠 요청자의 이동성 지원은 콘텐츠 생성자의 비해 단순하다. 반면에 콘텐츠 생성자의 이동은 콘텐츠 요청자가 콘텐츠 생성자의 이동한 위치로부터 새로운 경로를 생성해야 하므로 많은 시간이 걸린다. 따라서 본 논문에서는 CCN 이동성 지원을 위한 다양한 연구들을 소개한다.

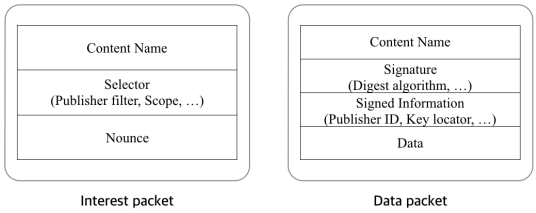
Ⅱ. CCN의 기본 동작

CCN은 Palo Alto Research Center (PARC)에서 시작된 연구 프로젝트이다. CCN은 IP주소를 기반으로 하는 기존의 인터넷 구조와는 다르게 계층화된 콘텐츠 이름에 기반을 둔 라우팅을 수행한다. 라우팅을 수행하면서 지나간 네트워크 노드 각각에 콘텐츠들을 저장하는 기능 (in-network caching)을 수행한다.

이를 통해 동일한 콘텐츠를 요청이 전달된 경우 콘텐츠 생성자가 아닌 중간 노드에서 콘텐츠를 전달하게 하여 네트워크 트래픽의 부하를 감소시킬 수 있다.

이러한 동작을 수행하기 위하여 CCN은 그림 1과 같이 Interest 패킷과Data 패킷 두 가지 형태의 패킷을 이

* 상명대학교 정보통신공학과 (juyonglee0208@gmail.com)
** 상명대학교 정보통신공학과 (vincent@smu.ac.kr)



〔그림 1〕 Interest 패킷 & Data 패킷

용하며, 이는 HTTP의 요청 및 응답 메시지와 유사한 역할을 수행한다.

즉, Interest 패킷은 HTTP 요청 메시지와 유사하게 콘텐츠의 이름을 기술하여 콘텐츠를 요청하는 기능을 수행하며, Data 패킷은 HTTP응답 메시지와 유사하게 실제 콘텐츠를 포함한 데이터 패킷이다.

CCN은 콘텐츠를 요청 및 전송하기 위하여 세 가지의 테이블로 구성된 독특한 포워딩 모델을 갖으며 각 테이블의 기능은 아래와 같다.

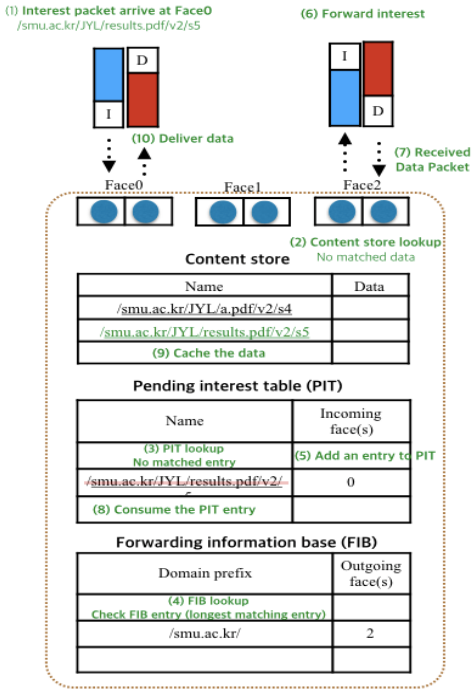
CS (Content Store): 콘텐츠의 빠른 교환을 위해 콘텐츠를 저장하는 기능을 가진다.

PIT (Pending Interest Table): Data 패킷의 경로 생성을 위해서 interest 패킷이 수신된 face의 정보를 기록하고 있다.

FIB (Forwarding Information Base): 패킷 전달 경로 정보를 기록하고 있다.

CCN 포워딩 과정은 그림 2와 같은 과정으로 진행된다. 우선 interest 패킷이 도착하면 요청된 콘텐츠 이름과 관련된 저장되어 있는 콘텐츠가 있는지 CS를 확인한 후, 재 수신 여부를 감지하기 위해 PIT 정보를 확인한다. 재 수신된 경우라면 별도의 동작 수행 없이 interest 패킷을 폐기하며 그렇지 않은 경우 PIT 테이블에 전송 받은 interest 패킷의 유입 face 및 lifetime등의 정보들을 기록한다. 저장되어 있는 데이터 패킷이 있는 경우 interest 패킷의 포워딩 없이 데이터 패킷을 interest 패킷이 수신된 face로 전송한다. 저장되어 있는 데이터 패킷이 없으면, 차후 수신된 데이터 패킷을 전달하기 위한 경로 구성을 위해 PIT에 목록을 생성 하고 FIB를 통해 interest 패킷을 포워딩한다. 이러한 과정을 통해 패킷의 중복 전송을 차단하게 되고 또한 CS를 통한 트래픽부하의 감소효과를 가질 수 있게 된다.

즉, 콘텐츠를 요청하는 Interest 패킷은 요청하는 콘텐츠의 계층화된 이름으로 구성되고, 네트워크 노드들은 이 계층화된 콘텐츠 이름을 참조 하여 Interest 패킷



〔그림 2〕 CCN 포워딩 모델

을 콘텐츠 제공자의 호스트를 향하여 포워딩 하며, 전달 경로 상에 있는 CCN 노드가 요청된 콘텐츠를 저장하고 있다면, 해당 노드는 Interest 패킷을 외부의 노드로 더 이상 전달하지 않고, 해당 콘텐츠의 Interest 패킷을 수신한 face로 역으로 전송하여 콘텐츠 요청자가 해당 콘텐츠를 수신할 수 있도록 한다.

결과적으로, CCN에서의 데이터 패킷을 이용한 콘텐츠 전송은 단순히 PIT 엔트리를 따라 전달하면 되므로 기존의 호스트 기반의 인터넷 동작보다 상대적으로 단순하며 콘텐츠 캐싱의 기능을 수행하므로 대용량 콘텐츠 공유 환경에서 효율적이다.

Ⅲ. CCN 환경에서의 이동성 문제

CCN 구조는 이름 기반의 데이터 전송과 in-network caching 기능이 있기 때문에 콘텐츠 전송 및 네트워크 자원의 소비를 효율적으로 처리할 수 있다. 이러한 장점에도 불구하고 CCN 이동성 환경에서 콘텐츠 요청자와 콘텐츠 소유자가 이동하는 이동성 환경인 경우 몇 가지의 문제들이 존재한다. 본 장에서는 CCN의 이동성 모

델을 콘텐츠 요청자가 이동하는 경우와 콘텐츠 소유자가 이동하는 두 가지로 분류하여 각각의 문제점을 서술한다.

3.1. 콘텐츠 요청자가 이동하는 경우

CCN 이동성 환경에서 콘텐츠 요청자가 이동하는 경우 간단하게 CCN의 수신자 중심 특성(receive-driven)에 따라 콘텐츠 소유자에게 interest 패킷을 재전송하면 되므로 기존의 IP 기반의 이동성 문제에 비해 효율적으로 대응이 가능하다. 하지만 이러한 CCN 특성에도 불구하고 콘텐츠 요청자의 이동 시 다양한 문제점들이 존재한다.

먼저, 콘텐츠 요청자가 이동한 위치에서 동일한 콘텐츠를 전송받기 위하여 두 번의 interest 패킷을 전송해야 한다. 즉, 데이터를 요청하기 위한 interest 패킷에 추가적으로 이동한 위치에서 동일한 콘텐츠 요청을 위해 interest 패킷을 재전송하기 때문에 불필요한 네트워크 자원의 낭비가 발생한다.

또한 콘텐츠 소유자 입장에서는 콘텐츠 요청자가 이동전에 전송한 interest 패킷에 대한 응답 및 새로운 위치에서 요청한 interest 패킷에 응답해야 하는 문제가 발생한다. 즉, 동일한 콘텐츠의 재전송으로 인하여 불필요한 데이터의 낭비 및 네트워크 자원의 낭비가 발생한다.

3.2. 콘텐츠 소유자가 이동하는 경우

콘텐츠 요청자가 이동하는 경우는 interest 패킷을 콘텐츠 소유자에게 단순히 재전송하는 방식으로 이동성 문제에 대처했다.

반면 콘텐츠 소유자가 이동하는 경우에는 콘텐츠 요청자가 이동하는 경우보다 더욱 복잡한 문제들이 발생된다. 이 경우 모든 CCN 노드의 FIB가 콘텐츠 소유자의 새로운 위치로 업데이트되기 전까지 콘텐츠 소유자가 어디에 존재하는지 인지할 수 있는 방법이 존재하지 않는다. 따라서 콘텐츠 요청자가 콘텐츠를 요청하더라도 콘텐츠의 제공을 보장받지 못한다. 또한 새로운 위치로 이동하는 경우 콘텐츠 소유자의 도메인이 변경되므로 이미 CCN 노드에 캐싱 되어 있던 데이터를 사용할 수 없으므로 효율적인 콘텐츠 공유 환경을 제공하지 못한다.

Ⅳ. 이동성 지원을 위한 연구

3장에서 확인할 수 있듯이 CCN 환경에서 콘텐츠 요청자 및 콘텐츠 소유자의 이동 시 이동성 문제에 효율적으로 대응할 수 없다는 문제들을 확인하였다. 이러한 문제들을 해결하고 효율적인 CCN 이동성을 지원하기 위하여 다양한 연구가 진행 중에 있다.

본 논문에서는 터널링 기반의 CCN 이동성 지원 모델과 FIB 업데이트 기반의 CCN 이동성 지원 모델을 중점적으로 설명한다.

4.1. 터널링 기반의 이동성 지원 모델

CCN 이동성 문제를 효율적으로 처리하기 위하여 본 방식은 Mobile IPv6 (MIPv6)과 유사한 방식인 Tunnel-based redirection (TBR) 구조 [8] 를 이용한다.

TBR 구조에서는 CCN 이동성을 지원하기 위하여 CCN 노드의 이동성 모델을 Mobile content source (MCS)와 Content consumer 두 가지로 구별한다. 즉, MCS는 콘텐츠 소유자, content consumer는 콘텐츠 요청자와 동일한 의미로 사용된다. TBR 구조에서는 CCN 라우터를 Content Router (CR), MCS의 홈 라우터를 Home Domain CR (CRh)라고 명명한다. TBR의 동작 과정은 움직임 탐지, 경로설정, interest redirection 3단계로 구성되어 있다.

Step1. 움직임 탐지: MCS가 자신이 다른 도메인으로 이동했다는 것을 인지하면 MCS는 자신이 있는 도메인 내에 임시적인 이름을 브로드캐스트하여 다른 CCN 노드가 사용 중인지 확인하는 duplicate name prefix detection (DND) 동작을 수행한다. 다른 노드가 이미 임시적인 이름을 사용 중이면 DND 과정을 반복하며 그렇지 않다면 MCS는 이동 이벤트를 CR_h에 알리기 위해서 prefix update (PU) message를 CR_h로 전송한다.

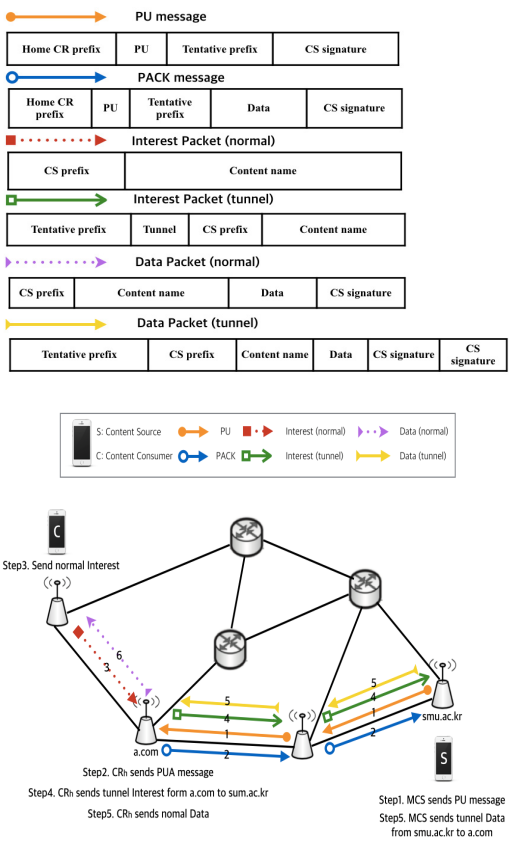
Step2. 경로설정: PU 메시지를 전송받은 CR들은 PU 메시지의 name prefix domain 간의 비교 통하여 경로 설정 작업을 수행한다. 만약 name prefix 도메인이 CR의 도메인과 같지 않으면 FIB 정보에 따라 다음 CR로 PU 메시지를 포워딩한다. 반면에 PU 메시지가 CR_h에 도착하여 name prefix 도메인이 같은 경우 (name prefix 도메인이 동일한 경우) PU 메시지의 확인 응답

메시지로 MCS에게 prefix update acknowledgement (PACK) 메시지를 전송한다. PACK 메시지 전송 경로에 위치한 CR들이 연관된 PIT를 생성하기 때문에 경로가 생성된 후 일반적인 CCN 포워딩처럼 동작할 수 있다.

Step3. Interest 메시지 Redirection: 새로운 경로가 생성된 후 콘텐츠 요청자가 MCS에게 interest 패킷을 전송하면 interest 패킷은 MCS의 이전 위치인 CR_h로 전송된다. Interest 패킷을 전송받은 CR_h는 캡슐화(encapsulating) 동작을 수행하여 새로운 interest 패킷을 생성한다. 그 후 CR_h는 MCS의 tentative name prefix로 새로 생성된 캡슐화된 interest 패킷을 MCS가 위치해 있는 곳으로 전송한다. CR_h와 중간의 CR들은 MCS의 원래 이름이 아닌 tentative name prefix를 이용하여 캡슐화된 interest 패킷을 PIT에 기록하며 이를 통하여 일반 CCN 포워딩 모델과 동일한 방식으로 interest 및 data 패킷을 포워딩할 수 있다.

캡슐화된 interest가 MCS에 도착하면 MCS는 캡슐화된 interest 패킷을 역캡슐화를 통해 확인하고 응답으로 캡슐화된 데이터를 CR_h로 전송한다. 캡슐화된 데이터를 받은 CR_h는 역캡슐화 동작을 수행하여 콘텐츠 요청자가 있는 곳으로 데이터를 전송해 준다. 즉, 모든 콘텐츠들은 CR_h을 통해 캡슐화 및 역캡슐화 동작을 수행하여 효율적인 이동성 지원을 가능하게 해준다.

결과적으로 TBR 구조는 CR_h가 interest 및 data 패킷을 캡슐화/역캡슐화 하는 방식으로 동작하기 때문에 CCN 포워딩처럼 동작할 수 있으며 콘텐츠의 본 name prefix로 캐싱이 가능하며 이로 인하여 네트워크 자원의 효율적인 사용이 가능하다.



〔그림 3〕 TBR 구조의 동작 및 메시지 형식

4.2. FIB 업데이트 기반의 이동성 지원 모델

CCN 이동성 문제를 효율적으로 처리하기 위하여 Publisher Mobility Support (PMC) 구조 [9] 에서는 FIB를 업데이트하는 방식을 이용한다.

PMC 구조에서는 콘텐츠 소유자를 publisher, 콘텐츠 요청자를 subscriber로 명명하며 publisher 위치를 기반으로 각각의 라우터에 다른 이름이 설정된다.

Publisher가 초기에 위치해 있는 라우터를 home, 이동해 위치해 있는 곳의 라우터를 previous point of attachment (POA)라 명명한다. PMC 구조에서 이동성을 처리하기 위하여 원본 엔트리(Original Entry)와 이동 엔트리(Mobility Entry) 2가지로 FIB를 구별한다.

원본 엔트리는 CCN에서 사용하는 일반적인 FIB 엔트리이며 이동 엔트리는 모바일 및 임시적인 목적지의 정보를 유지하는데 사용되는 특수한 FIB이다.

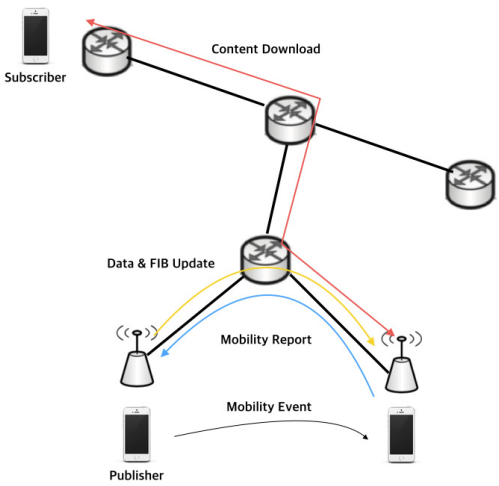
또한 엔트리에 우선순위를 설정하여 각각의 엔트리를 구별한다. 즉, 이동성 지원을 위한 이동 엔트리는 원본 엔트리에 비해서 빠르게 위치 업데이트를 수행해야 하므로 높은 우선순위를 갖는다.

또한, PMC 구조에서 Publisher에 대한 이동성을 유지하기 위하여 2가지의 예약된 이름 (reserved name)이 존재한다. 아래 그림 4는 PMC 구조에서의 이동성 지원 과정을 보여준다.

먼저 publisher가 새로운 위치로 이동하면publisher

〔표 1〕 PMC 구조의 예약된 이름(Reserved name)

publisher's URL/mobilityReport/Home
publisher's URL/mobilityReport/PrevPoA



〔그림 4〕 PMC 구조의 동작

는 새로운 곳으로 이동했다는 정보를 home에 알리기 위해 publisher's URL /mobilityReport/PrevPoA interest 패킷을 home에 전송한다. 이 메시지를 받은 home 라우터는interest에 대한 응답으로 이동 엔트리를 생성할 수 있는 정보를 포함한 데이터를 전송 받은 역경로로 전송한다.

경로에 위치한 라우터들은 home으로 부터 우선순위가 높은 이동 엔트리가 포함된 데이터를 전송 받았기 때문에 자신의 FIB를 publisher가 존재하는 face로 업데이트 한다. 이미 이동 엔트리에 의하여 FIB가 업데이트되었기 때문에 subscribe가interest 패킷을 publisher에게 전송하면 publisher로부터 데이터 수신을 보장받을 수 있다

즉, PMC구조는 MIPv6와 유사하지만 home라우터와 새로운 도메인에 위치하는publisher간의 경로를 FIB 업데이트 방식으로 형성하는 차이점이 존재한다. PMC 구조는 FIB가 업데이트되면 기존의 CCN포워딩 방식으로 동일하게 사용이 가능하다.

Ⅴ. 분석 및 결론

CCN은 기존의 호스트 중심의 네트워킹 기술에서 벗어나 콘텐츠 이름 정보를 바탕으로 네트워킹을 구현한다는 특징을 갖는 대표적인 미래 인터넷 기술 중 하나이다. 또한 CCN 네트워크 노드들은 콘텐츠 캐싱 을 수행하기 때문에 동일한 콘텐츠 요청을 받을 경우 저장된 콘텐츠를 활용하여 네트워크 자원의 효율성을 높여준다.

이러한 장점에도 불구하고 CCN 이동성에 대한 해결책이 제시되어 있지 않는 상황이다. 따라서 본 논문에서는 기존 CCN 환경에서의 이동성 지원시의 문제점과 함께 MIPv6와 유사한 터널링 방식과 FIB 업데이트 방식의 CCN 이동성 구조를 중점적으로 살펴보았다. 기존 CCN 환경에서의 이동성 지원에 대한 정확한 성능 및 효율을 예측하기 위하여 실제 테스트베드에서의 성능 평가 및 검증이 향후 필요할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

[1] Cisco, “Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update”, *2015-2020 White Paper*, 2015

[2] B. Ahlgren, C. Dannewitz, C. Imbrenda, D. Kutscher, B. Ohlman, “A survey of information-centric networking”, *IEEE Communications Magazine*, 50(7), pp. 26-33, July 2012

[3] M. Waehlisch, D. Saucez, T. Schmidt, D. Kutscher, S. Eum, I. Psaras, K. Pentikousis, D. Corujo, "ICN research challenges", *IETF RFC* 7927, July 2016

[4] V. Dimitrov, V. Koptchev, “PSIRP Project: Publish-Subscribe Internet Routing Paradigm,” *International Conference on Computer Systems and Technologies*, pp. 167 - 171, June 2010

[5] K. Pentikousis, P. Chemouil, K. Nichols, G. Pavlou, D. Massey, "Information-centric networking", *IEEE Communications Magazine*, 50(7), pp. 22-25, July 2012

[6] N. Fotiou, G. C. Polyzos, P. Nikander, D. Trossen, "Developing Information Networking Further: From PSIRP to PURSUIT", *International Conference on Broadband Communications, Networks, and Systems (BROADNETS)*, pp. 25-27, Oct 2010

[7] V. Jacobson, D. K. Smetters, J. D. Thornton, M.

F. Plass, N. H. Briggs, R. L. Braynard, “Networking named content”, ACM I*nternational conference on Emerging networking experiments & technologies*, pp. 1-12. December 2009

[8] J.H Lee, S.R Cho, D.Y Kim, "Device mobility management in content-centric networking", *IEEE Communications Magazine*, 50(12), pp. 28-34, Dec 2012

[9] D, Han, M. Lee, K. Cho, T. Kwon, Y. Choi, “Publisher mobility support in content centric networks”, *International Conference on Information Networking (ICOIN)*, pp. 214-219, February 2014

〈저자소개〉

이 주 용 (Ju-Yong Lee)
정회원

2014년 2월 : 상명대학교 정보통신공학과 졸업
2016년 2월 : 상명대학교 정보통신공학과 석사
2016년 3월~현재 : 상명대학교 정보통신공학과 박사과정
관심분야 : CCN, 미래인터넷, 네트워크 보안

이 지 훈 (Ji-Hoon Lee)
정회원

2001년 8월 : 고려대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
2002년 3월 : 고려대학교 차세대인터넷 센터 Research fellow
2012년 2월 : 삼성전자 종합기술원 전문 연구원
2012년 3월~현재 : 상명대학교 정보통신공학과 조교수
관심분야 : 미래인터넷, CCN, M2M, 네트워크 보안, Electric Vehicle Electric Vehicle