

WLAN 기반 개인형 멀티미디어 캐싱 네트워크 성능 분석

반태원 · 김성환 · 류종열 · 이웅섭*

Performance analysis of private multimedia caching network based on wireless local area network

Tae-Won Ban · Seong Hwan Kim · Jongyeol Ryu · Woongsup Lee*

Department of Information and Communication Engineering, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

요 약

본 논문에서는 최근 급격히 증가하고 있는 대용량 고품질 멀티미디어 스트리밍 서비스의 품질을 개선하고 코어 네트워크의 트래픽 부담을 경감시킬 수 있는 무선 근거리 네트워크 (wireless local area network: WLAN) 기반의 캐싱 기법을 제안한다. 제안하는 캐싱 방식은 WLAN용 AP에 탑재된 저장 장치에 멀티미디어를 저장한 후 클라이언트의 스트리밍 요청에 따라 인터넷망과의 연결 없이 독자적인 스트리밍 서비스를 제공한다. 실제 상용망을 기반으로 시험망을 구축하여 초당 프레임수와 버퍼링 시간 관점에서 제안 방식의 성능을 측정하였다. 성능 분석 결과에 따르면, 제안하는 캐싱 방식은 기존의 스트리밍 방식 대비 평균 버퍼링 시간을 73.3% 감소시킬 수 있으며, 평균 FPS를 약 71.3% 향상시킬 수 있는 것으로 나타났다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a private multimedia caching scheme based on wireless local area network (WLAN) to improve the quality of service for high capacity and high quality multimedia streaming services which are recently increasing and to reduce the traffic load of core networks. The proposed caching scheme stores multimedia in the storage device mounted on WLAN APs and provides streaming services on its own without Internet connection in accordance with the request from clients. We have implemented a test network based on real commercial networks and measured the performance of the proposed caching scheme in terms of frames per second (FPS) and buffering time. According to the performance measurement results, the proposed caching scheme can reduce the average buffering time by 73.3% compared to the conventional streaming scheme. In addition, the proposed caching scheme can also improve the average FPS by 71.3% compared to the conventional streaming scheme.

키워드 : 무선 근거리 네트워크, 멀티미디어, 캐싱, 차세대 이동통신

Key word : Wireless Local Area Network (WLAN), Multimedia, Caching, Next Generation Mobile Communications

Received 27 June 2017, Revised 05 July 2017, Accepted 10 July 2017

* Corresponding Author Woongsup Lee(E-mail:wslee@gnu.ac.kr, Tel:+82-55-772-9174)

Department of Information and Communication Engineering, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

Open Access <https://doi.org/10.6109/jkiice.2017.21.8.1486>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

최근, 이동통신 네트워크를 통한 멀티미디어 비디오 스트리밍 데이터가 폭발적으로 증가하고 있다. 시스코에 따르면, 2016년 기준으로 비디오 트래픽이 전체 이동통신 트래픽의 약 60%를 차지하고 있으며 2021년까지 그 비율은 약 78%까지 증가할 것으로 예측된다[1]. 특히, 최근의 멀티미디어는 대용량 그리고 고화질화되고 있으며 이러한 트래픽을 수용하기 위한 이동통신 네트워크의 용량 증대는 천문학적인 투자비용을 수반한다. 이로 인해, 이동통신 네트워크의 용량 증대가 적기에 이루어지지 못할 경우 사용자의 체감 품질은 필연적으로 저하될 수밖에 없다[2]. 이러한 문제점을 완화시키기 위하여 멀티미디어 콘텐츠 제공자와 최종 클라이언트 사이의 물리적 통신 간격을 줄일 필요가 있다. 전세계적인 콘텐츠 제공자인 YouTube와 같은 over the top (OTT) 사업자들은 거대한 분산형 content delivery network (CDN)을 구축하고 있으며, 이러한 CDN을 통해서 이미 캐싱 서비스를 제공하고 있다[3, 4]. CDN을 통해 캐싱 서비스를 제공할 경우 OTT가 직접 스트리밍 서비스를 제공하는 경우보다 콘텐츠와 최종 클라이언트 사이의 물리적 거리가 줄어들지만, 여전히 internet service provider (ISP)의 복잡한 코어 네트워크를 경유

해야하므로 성능 개선에 한계가 있다. 따라서, 차세대 이동통신 네트워크에서 캐싱 서비스를 제공하기 위한 많은 연구들이 있었다[5-8]. [5]는 이동통신 네트워크에서 캐싱 장치의 위치에 따른 비용 절감 효과와 이익을 분석하기 위한 경제적 모델을 제안하였으며, [6]은 차세대 이동통신 네트워크에서의 다양한 캐싱 기술들을 제시하였다. [7]은 이동통신 네트워크에서 최적의 캐싱 위치를 확률 기하 이론을 바탕으로 분석하였으며, [8]은 유한한 캐싱 저장 용량의 한계를 고려한 최적의 저장 용량 할당 기법을 제안하였다. 이러한 대부분의 다양한 선행 연구들은 캐싱 기술들에 대한 이론적 연구에 초점을 맞추고 있을 뿐만 아니라, 이동통신 네트워크를 대상으로 하고 있다. 따라서, 본 논문에서는 industrial scientific and medical (ISM) 밴드를 통해서 이미 광범위하게 활용되고 있으며 누구나 손쉽게 구축할 수 있는 무선 근거리 통신망 (wireless local access network: WLAN) 기반 캐싱 네트워크 개념을 제안한다. 또한, 실제 상용망을 기반으로 시험망을 구축하여 제안한 캐싱 네트워크의 구현 가능성을 검증하고 성능을 실제 환경에서 측정하며 이를 기존의 스트리밍 방식과 캐싱 방식들의 성능과 비교한다.

본 논문의 나머지는 다음과 같이 구성되어 있다. II 장에서 WLAN 기반 개인형 캐싱 네트워크의 개념을 소

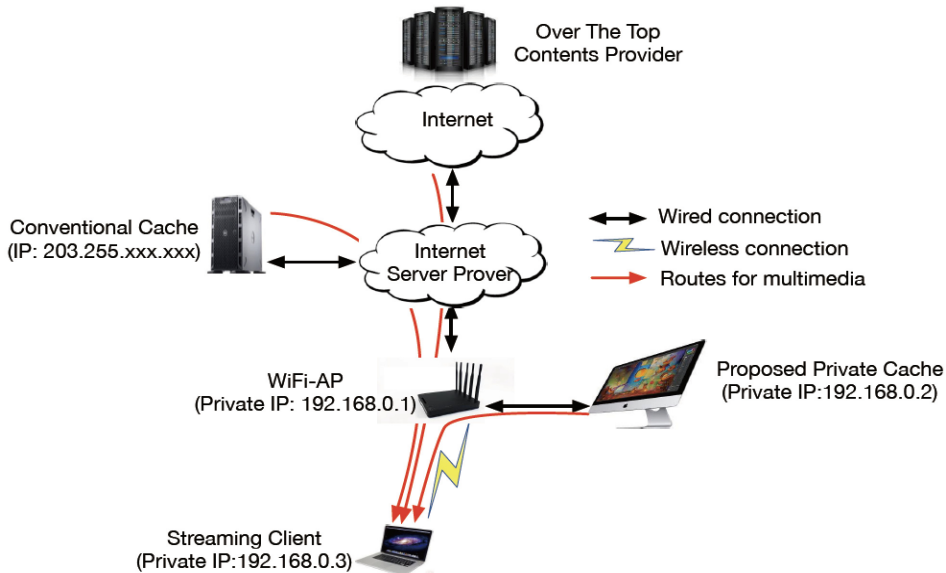


Fig. 1 Architecture of multimedia streaming network and proposed private caching network

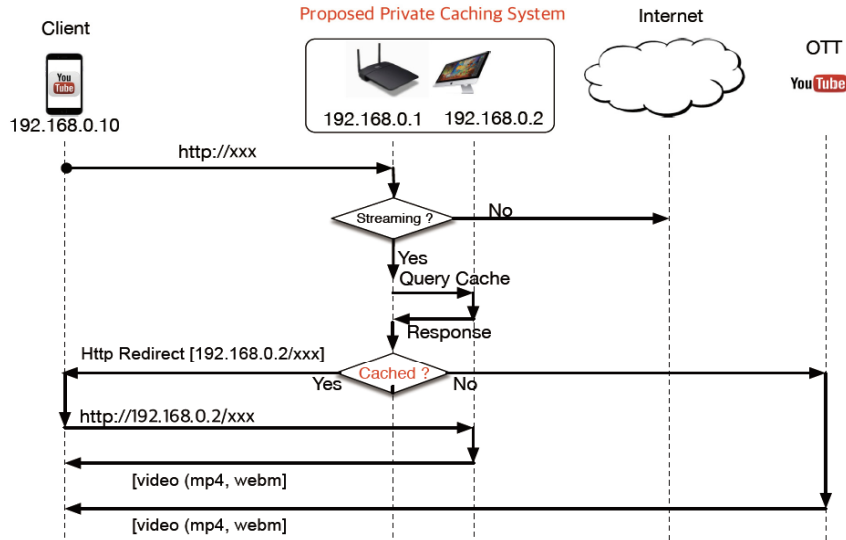


Fig. 2 Signal flow in the proposed private caching network based on WLAN

개한다. III장에서 성능 측정을 위해서 구축한 개인형 캐싱 네트워크에 대해서 설명하고 성능을 분석한다. 마지막으로, IV 장에서 본 논문의 결론을 제시한다.

II. 무선 근거리 통신망 기반 개인형 캐싱 네트워크

그림 1에서 보는 바와 같이, 일반적으로 유튜브와 같은 글로벌 OTT 콘텐츠 제공 사업자들의 중앙 집중식 데이터 센터에 존재하는 콘텐츠는 인터넷망을 통해 특정 국가로 전달되며 해당 국가의 internet service provider (ISP) 네트워크를 경유하여 최종 클라이언트에게 스트리밍 된다. 최종 클라이언트와 글로벌 OTT의 데이터 센터는 지리적으로 먼 거리에 위치하여 종단간 경로가 많은 홉으로 구성되어 있으므로, 사용자들의 체감 품질을 보장하기 어렵다. 따라서, 글로벌 OTT들은 사용자들의 체감 품질 향상을 위하여 많은 국가에 로컬 데이터 센터를 활용하여 캐싱 네트워크를 구축한다. 그러나, 최근에는 3차원과 가상 현실 영상등과 같은 고품질 대용량 멀티미디어들이 등장하고 이에 대한 사용자들의 수요가 급속히 증가하여 OTT가 제공하는 캐싱 네트워크만으로는 사용자들의 체감 품질을 보장할 수 없게 되었다. 따라서, 본 논문에서는 그림 1과 같이 사용

자들의 WLAN을 활용하여 고품질 대용량 멀티미디어에 대한 캐싱 서비스를 제공할 수 있는 네트워크 개념을 제안한다. 최근 대부분의 사용자들은 ISP의 인터넷 회선에 WLAN access point (AP)를 구축하여 사용하고 있다. 먼저, 제안하는 개인형 캐싱 네트워크는 WLAN AP에 탑재된 저장 장치에 선호도가 높은 멀티미디어 데이터를 선택적으로 저장한다. 그림 2에서 보는 바와 같이, WLAN AP는 클라이언트로부터 멀티미디어 스트리밍 요청 메시지를 전달받을 경우에 자신의 저장 장치에 해당 미디어가 저장되어 있는지 여부를 먼저 확인한다. 해당 미디어가 저장되어 있는 경우에 WLAN AP는 클라이언트에게 해당 미디어의 url을 포함하는 http redirection 메시지를 전송하여 클라이언트가 외부 인터넷망을 경우하지 않고 WLAN AP로부터 직접 스트리밍 서비스를 받을 수 있도록 한다. 만약, 해당 미디어가 WLAN AP에 저장되어 있지 않은 경우에는 OTT로부터 서비스를 받을 수 있도록 클라이언트로부터 수신한 스트리밍 요청 메시지를 인터넷 망으로 정상적으로 전달한다.

III. 개인형 캐싱 네트워크 구축 및 성능 분석

본 논문에서 제안하는 멀티미디어 스트리밍을 위한

개인형 캐싱 네트워크의 성능을 분석하고 다른 스트리밍 방식의 성능과 비교하기 위하여 그림 1과 2를 기반으로 하여 시험망을 구축하였으며, OTT로는 글로벌 멀티미디어 콘텐츠 제공 사업자 중의 하나인 유튜브를 고려한다. 기존의 캐싱 네트워크는 통영 소재의 경상대학교 정보통신공학과내에 별도의 스트리밍 서버로 구축하였으며, 부산 지역에 개인형 WLAN을 구축하였다. 본 논문에서 제안하는 개인형 캐싱 네트워크는 WLAN AP에 별도의 데스크탑 컴퓨터를 유선으로 연결하여 저장 장치로 활용한다. 스트리밍 서비스의 성능을 평가하기 위하여 초당 수신되는 프레임 수 (frame per second :FPS)를 먼저 분석하였다. 임의의 시간 t 에서 관찰한 FPS를 $f(t)$ 라고 할 때, $f(t)$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$f(t) = \frac{p(t+W) - p(t)}{W} \times F \quad (1)$$

여기서, $p(t)$ 는 임의의 시간 t 에서 관찰한 멀티미디어의 재생 시간을 의미한다. W 는 FPS를 관찰하는 시간 윈도우를 나타내며 본 논문에서는 100ms로 가정하였다. F 는 멀티미디어의 인코딩된 FPS를 나타낸다. 모든 조건이 완벽한 이상적인 환경에서는 $p(t+W) - p(t) = W$ 이므로 $f(t) = F$ 가 되고, 항상 $f(t) \leq F \forall t$ 조건을 만족한다. 주어진 임계치 값 x 에 대한 FPS의 outage 확률은 다음과 같이 정의될 수 있다.

$$P_{out,FPS}(x) = \Pr[f(t) \leq x] \quad (2)$$

클라이언트에서 수신하는 멀티미디어의 FPS는 소스 멀티미디어의 인코딩된 FPS를 초과할 수 없으므로, $P_{out,FPS}(F) = 1$ 을 만족한다.

추가적으로 멀티미디어 재생 중 발생하는 버퍼링 시간을 분석하였다. n 번째 프레임에 대한 버퍼링 시간 $b(n)$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$b(n) = \begin{cases} 0, & \text{if } p(n+1) - p(n) \leq \frac{1}{F} \\ s(n+1) - s(n), & \text{if } p(n+1) - p(n) > \frac{1}{F} \end{cases} \quad (3)$$

여기서, $p(n)$ 은 n 번째 프레임에 대한 멀티미디어 재생 시간을 나타내며, $s(n)$ 은 n 번째 프레임에 대한 절대적인 시스템 시간을 나타낸다. $\frac{1}{F}$ 는 이상적인 환경에서의 인접 프레임간 시간 간격을 나타낸다. 만약

$p(n+1) - p(n) \leq \frac{1}{F}$ 이면, 버퍼링이 발생하지 않는 경우를 나타내므로 $b(n) = 0$ 을 만족한다. 또한, 주어진 임계치 값 x 에 대한 버퍼링 시간의 outage 확률 $P_{out,buffer}(x)$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$P_{out,buffer}(x) = \Pr[b(n) \geq x] \quad (4)$$

시험망을 통하여 클라이언트에서 30 FPS로 인코딩된 full HD 동영상을 동일하게 스트리밍하면서 FPS와 버퍼링 시간을 측정하였다. 본 논문에서 제안하는 개인형 WLAN 기반 캐싱 네트워크의 성능을 먼저 측정하고, 이를 클라이언트의 저장 장치에서 직접 재생하는 방식 (Local), 캐싱되어 있지 않은 동일 영상을 OTT에서 스트리밍하는 방식 (OTT), 그리고 기존의 캐싱 방식 등과 비교하였다.

그림 3은 버퍼링 시간에 대한 outage 확률을 보여준다. 멀티미디어를 클라이언트에서 직접 재생하는 Local 방식의 outage 확률이 가장 낮은 반면 OTT에서 스트리밍하는 방식의 outage 확률이 가장 높음을 확인할 수 있다. 제안하는 개인형 캐싱 방식의 outage 확률은 다른 두 방식보다 낮으며, Local 방식과 유사한 outage 성능을 나타낸다. 그림 4는 버퍼링 시간의 평균값을 나타낸다. OTT 방식의 평균 버퍼링 시간은 약 610msec로 가장 긴 것으로 측정되었고, Local 방식은 157msec로 가장 짧은 평균 버퍼링 시간을 나타내었다. 기존 네트워크 기반 캐싱 방식의 버퍼링 시간은 209msec였으며, 제안 방식의 버퍼링 시간은 163msec로 Local 방식의 약 104%에 불과한 것으로 측정되었다.

그림 5는 FPS에 대한 outage 확률을 나타낸다. 모든 임계치 값에 대하여, Local 방식의 outage 확률이 가장 낮았으며 OTT 방식이 가장 높은 outage 확률을 나타내었다. 제안 방식은 전체적으로 Local 방식보다 높은 outage 확률을 가지는 것으로 측정되었지만 그 차이가 크지 않았다. 소스 멀티미디어의 인코딩 FPS인 30을 만족시키지 못하는 확률은 Local 방식이 약 33.9%로 가장 우수하고 OTT 방식은 64.7%로 가장 나쁜 성능을 나타내었으며, 기존 네트워크 기반 캐싱 방식은 약 48.3%의 outage 확률을 보였다. 반면에, 제안하는 캐싱 방식은 약 38.3%로 Local 방식과 유사한 outage 확률을 나타내었다. 그림 6은 네 방식에 대한 평균 FPS 값을 보여준다. 측정 결과에 따르면, Local 방식이 21.2 FPS로 가장

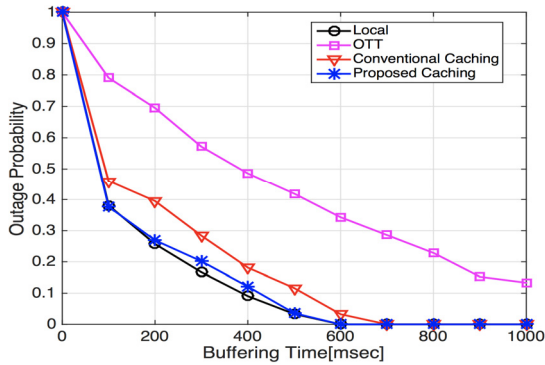


Fig. 3 Outage probability for buffering time

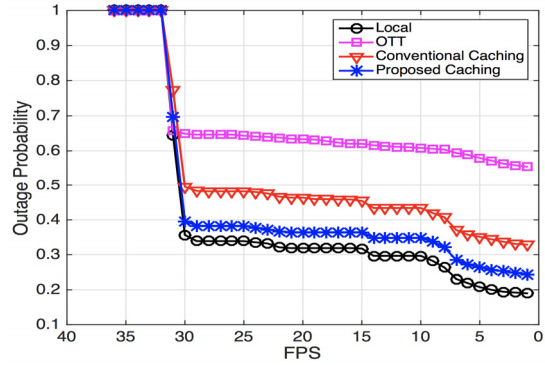


Fig. 5 Outage probability for FPS

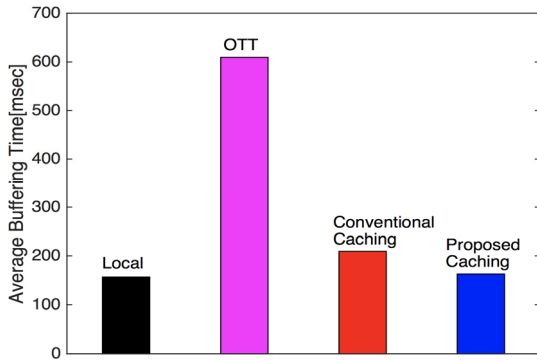


Fig. 4 Average value of buffering time

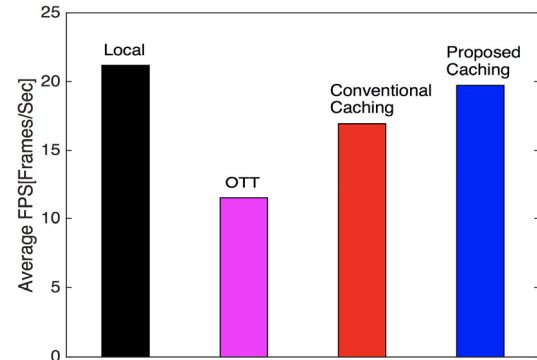


Fig. 6 Average value of FPS

우수하고 OTT 방식이 11.5 FPS로 가장 나쁜 성능을 나타내었다. 기존 캐싱 방식은 16.9 FPS, 그리고 제안하는 방식은 19.7 FPS로 Local 방식과 유사한 성능을 가지는 것으로 측정되었다.

IV. 결 론

최근 대용량 고화질 멀티미디어에 대한 스트리밍 서비스에 대한 수요가 급격히 증가하고 있다. 본 논문에서는 이러한 대용량 고화질 멀티미디어 서비스의 품질을 획기적으로 개선하고 코어 네트워크 트래픽 부하를 낮출 수 있는 WLAN 기반 개인형 멀티미디어 캐싱 기법을 제안하였다. 제안하는 캐싱 기법은 WLAN용 AP에 연결된 저장 장치에 멀티미디어를 저장한 후 별도의 인터넷 연결 없이 클라이언트에게 독자적으로 캐싱 서

비스를 제공할 수 있다. 시험망을 구축하여 제안 방식의 성능을 실제 네트워크 환경에서 측정하였으며 성능 측정 결과에 따르면, 제안 방식의 평균 버퍼링 시간은 OTT 기반 스트리밍 방식의 약 26.7%에 불과하였으며, 통신망 연결 없이 클라이언트의 로컬 저장 장치에 저장된 멀티미디어를 재생하는 Local 방식의 104%에 불과한 것으로 나타났다. 또한, 제안 방식의 평균 FPS는 Local 방식의 약 92.9%로 우수한 성능을 나타내었다.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by ICT R&D program of MSIP/IITP. [2015-0-00820, A research on a novel communication system using storage as wireless communication resource]

REFERENCES

[1] Cisco, Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2016-2021, Whitepaper, 2017 [Internet]. Available: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/mobile-white-paper-c11-520862.html>.

[2] G. Caire, The Role of Caching in 5G Wireless Networks, invited talk in IEEE ICC 2013 [Internet]. Available: http://icc2013.ieee-icc.org/3_caire_icc-invited-talk-2013.pdf.

[3] D. Giordano, S. Traverso¹, L. Grimaudo, M. Mellia, E. Baralis, A. Tongaonkar, and S. Saha, "YouLighter: A cognitive approach to unveil YouTube CDN and changes," *IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking*, vol. 1, no. 2, pp. 161-174, Jun. 2015.

[4] J. Son, Content networking trends: OTT, Global CDN and Operator, [Internet]. Available: <http://www.netmanias.com/en/post/reports/6015/cdn-google-netflix-ott-transparent-cache-youtube/2013-content-networking-trends-ott-global-cdn-and-operator-cdn>.

[5] X. Cai, S. Zhang, and Y. Zhang, "Economic analysis of cache location in mobile network," in *Proceedings of the IEEE WCNC*, Shanghai, China, pp. 1243-1248, Apr. 2013.

[6] X. Wang, M. Chen, T. Taleb, A. Ksentini, and V. C. M. Leung, "Cache in the air: Exploiting content caching and delivery techniques for 5G systems," *IEEE Communications Magazine*, vol. 52, no. 2, pp. 131-139, Feb. 2014.

[7] S. H. Chae and W. Choi, "Caching placement in stochastic wireless caching helper networks: Channel selection diversity via caching," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 15, no. 10, pp. 6626-6637, Oct. 2016.

[8] B. Hong and W. Choi, "Optimal storage allocation for wireless cloud caching systems with a limited sum storage capacity," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 15, no. 9, pp. 6010-6021, Sep. 2016.



반태원(Tae-Won Ban)

2010년 2월 KAIST 전기전자공학과 박사
 2000년 2월~2012년 8월 KT 네트워크부
 2012년 9월~현재 경상대학교 정보통신공학과 부교수
 ※관심분야: 이동통신, 자원관리, 간섭관리, 협력 및 중계통신, 인지통신, 주파수 공유



김성환(Seong Hwan Kim)

2013년 2월 KAIST 전기전자공학과 박사
 2013년 8월~2016년 2월 맥길대학교 박사후 연구원
 2016년 3월~국립경상대학교 정보통신공학과 조교수
 ※관심분야: 차세대 이동통신 시스템, 사물인터넷



류종열(Jong Yeol Ryu)

2014년 2월 KAIST 전기및전자공학과 박사
 2014년 4월~2016년 8월 싱가포르기술디자인대학교 박사후 연구원
 2016년 9월~국립경상대학교 정보통신공학과 조교수
 ※관심분야: 보안 통신 시스템, 차세대 이동통신 시스템, 사용자 릴레이 통신 등



이용섭(Woongsup Lee)

2011년 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사
 2012년 2월~2013년 2월 한국과학기술원 박사후 연구원
 2013년 2월~2014년 2월 독일 FAU 박사후 연구원
 2014년 3월~현재 경상대학교 정보통신공학과 조교수
 ※관심분야: 차세대 이동통신 시스템, 인지 라디오 시스템, 스마트 그리드, 빅 데이터 분석, 딥러닝