

IEEE802.16m을 위한 효율적인 상향링크 스케줄러 연구

조다영*, 오혁준°, 홍성웅*, 오일혁**, 고경수**

A Novel Efficient Up-Link Scheduler for IEEE 802.16m

Da-young Cho*, Hyuk-jun Oh°, Sung-woong Hong*, Il-hyuk Oh**, Kyung-soo Ko**

요약

4세대 이동통신 시스템의 효율적인 서비스 지원을 위해서는 스케줄러를 이용한 자원 할당이 매우 중요하다. 많은 연구들을 통하여 다양한 스케줄러들이 제안 되었지만 기존의 방법들은 실시간 트래픽과 비 실시간 트래픽이 다양하게 공존하는 실제 동작 시나리오를 반영하기 보다는 특정 동작 시나리오에만 초점을 맞춰 실제 환경에서 실시간 서비스의 지연조건을 만족 시키지 못하거나, 전체 쓰루풋이 떨어지는 문제점이 있었다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 극복하기 위하여 가상 시간과 가상 완료시간을 통하여 단말을 스케줄링하고, 긴급도를 이용하여 단말 내 버퍼를 스케줄링 하는 IEEE 802.16m 시스템용 효율적인 상향링크 스케줄링 기법을 제안한다. 시뮬레이션 결과, 제안된 스케줄러는 실시간 서비스의 지연 성능을 만족시키면서도 쓰루풋은 향상되는 성능을 보였다.

Key Words : 802.16m, Up-link scheduler, urgency table, traffic model, QoS

ABSTRACT

The design of an efficient scheduler is a key design factor in IEEE 802.16m systems, in order to support services with various QoS smoothly. Although conventional studies of schedules have been suggested, those had problems that are not able to satisfy the delay condition and make the through-put declined, because they only focused on a specific action scenario rather than reflecting practical action scenarios which have real-time and non-real-time traffics variously. In this paper, an efficient uplink scheduling algorithm is proposed for IEEE 802.16m system by introducing the concepts of Virtual Time(VT) and Virtual Finish Time(VFT) based priority determination, and separate buffers for each QoS class in the mobile terminal. Simulation results showed that the proposed scheme had satisfied the delay requirement of real-time services even with improved throughput performance compared to conventional methods.

I. 서론

IEEE 802.16m은 IEEE 802.16e와 호환성을 유지하면서 초고속 데이터 통신을 지원하는 4세대 IMT-Advanced 기술 표준이다. IMT-Advanced 차

세대 이동통신 기술은 개인 휴대단말을 통해 60km/h 이상의 고속 이동 시 100Mbps, 정지 및 저속 시 1Gbps의 데이터 전송속도와 사용자의 요구에 특화 된 무선 및 방통 융합형 모바일 멀티미디어 서비스 제공을 요구한다.

※ 본 논문은 부분적으로 2012년 광운대학교 교내연구비 지원을 통하여 연구되었음.

◆ 주저자 : 광운대학교 전자통신공학과 디지털 통신 연구실, cdy1202@gmail.com, 학생회원

° 교신저자 : 광운대학교 전자통신공학과 디지털 통신 연구실, hj_oh@kw.ac.kr, 종신회원

* 광운대학교 전자통신공학과 디지털 통신 연구실, woongdol84@gmail.com, 준회원

** LIG넥스원 통신연구센터, ilhyuk.oh@lignex1.com, 정회원, kyungsu.ko@lignex1.com, 정회원

논문번호 : KICS2012-08-367, 접수일자 : 2012년 8월 21일, 최종논문접수일자 : 2012년 11월 12일

이러한 시스템의 효율적인 서비스 지원을 위해서는 각 클래스별 QoS(Quality of Service)를 고려하여 자원을 할당하는 것이 중요하다. 한편, IEEE 표준에서는 QoS를 보장할 수 있는 상향 스케줄러의 세부적인 디자인이 정의되어 있지 않고 설계자나 서비스 제공자의 몫으로 남아있다²⁾.

지금까지 우리에게 잘 알려져 있는 기본적인 스케줄러인 Proportional Fair나 Maximum C/I는 쓰루풋 성능은 좋으나 실시간 서비스를 제공하기에는 어려움이 많고, Round-Robin의 경우에는 효율성이 너무 좋지 못하다³⁾. 또한 이러한 기본 스케줄링 기법을 혼용 또는 개선하여 제안된 기존의 다양한 스케줄러들은 실시간 트래픽과 비 실시간 트래픽이 다양하게 공존하는 실제 동작 시나리오를 반영하기 보다는 특정 동작 시나리오에만 초점을 맞춰 실제 환경에서 실시간 서비스의 지연조건을 만족 시키지 못하거나, 전체 쓰루풋이 떨어지는 문제점이 있었다⁴⁾.

따라서 본 논문에서는 차세대 이동통신 시스템에서 제공하는 각 서비스들의 QoS조건을 고려하여 실시간 트래픽과 비 실시간 트래픽이 다양하게 공존하는 실제 서비스들을 효율적으로 제공하는 스케줄링 기법을 하나 소개하고, 이 스케줄러를 토대로 더 우수한 성능을 보이는 스케줄링 기법을 제안한다. 그리고 모의실험을 통해 성능을 분석한다. 2장에서는 IEEE 802.16m에 대한 소개와 시스템의 평가 방법 및 스케줄러를 소개하고, 소개된 스케줄러를 토대로 스케줄링 기법을 제안한다. 그리고 실시간 및 비 실시간 트래픽들을 일정한 비율로 나누어 모의실험을 통하여 스케줄러들의 성능을 비교 분석하고, 마지막3장에서는 결론을 맺는다.

II. 본 론

2.1. IEEE 802.16m 소개

IEEE 802.16m 무선 통신 시스템의 상·하향 링크에서 다중 접속 기법은 Orthogonal Frequency Division Multiple Access(OFDMA)을 사용한다. 또한, 시분할 다중화(Time Division Duplex, TDD) 및 주파수분할 다중화(Frequency Division Duplex, FDD) 방식 모두를 지원한다.

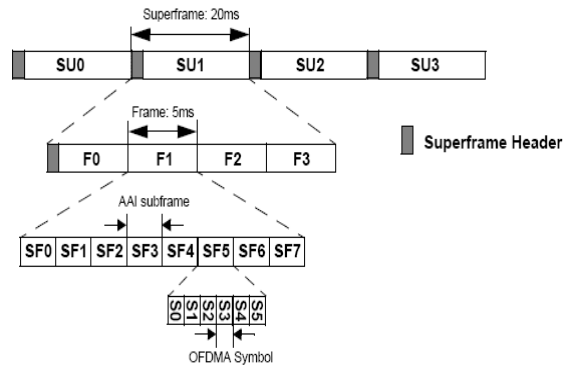


그림 1. 기본 프레임 구조
Fig. 1. Basic frame structure

그림 1은 IEEE 802.16m 시스템의 기본적인 프레임구조이다. 하나의 슈퍼 프레임은 4개의 프레임으로, 하나의 프레임은 8개의 서브 프레임으로 구성된다. 그리고 슈퍼 프레임 시간 구간은 20 msec이고, 프레임 시간 구간은 5 msec이다. 시스템 대역폭에 따라서 하나의 프레임은 8개보다 작은 개수의 서브 프레임으로 구성될 수도 있다. 또한, CP 길이에 따라서 서브 프레임을 구성하는 OFDMA 심볼의 개수가 다르다. 이 같은 계층적인 프레임 구조는 단방향 무선접속 대기 시간을 약 10 msec 이하로 줄일 수 있다.

2.2. IEEE 802.16m 평가방법

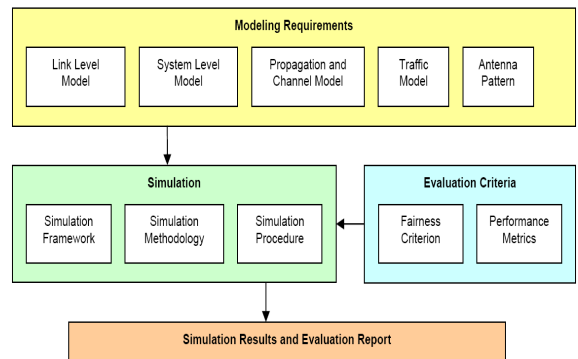


그림 2. 시뮬레이션 구성요소
Fig. 2. Simulation Components

링크레벨 설정은 하나의 베이스 스테이션과 하나의 모바일 단말기로 되어있다. 링크 레벨 분석은 시스템의 기초적인 성능 통계 정보를 제공하고, 다수의 베이스 스테이션과 모바일 사용자들이 실제로 동작하는 환경에서는 시스템 레벨 분석을 통해 평가할 수 있다. 링크레벨에서 시스템레벨 분석으로의 확장은 단일 셀 설정에서 다수의 사용자들을 추가해 시작할 수 있다.

| | |
|--------------------------------|---------|
| Cannel type | AWGN |
| Mobile speed | 0 km/h |
| Number of PRU | 1~96 |
| I size offset | 0~31 |
| BW | 20 |
| FFT size | 2048 |
| Number of subcarrier | 1729 |
| Ratio of CP | 1/8 |
| Number of symbol per frame | 47 |
| Number for symbol per subframe | 6 |
| Sampling factor | 28/25 |
| ttg (usec) | 105.714 |
| rtg (usec) | 60 |

시스템레벨 시뮬레이터 파라미터는 표 2에 나타난다.

표 2. 시스템레벨 시뮬레이터 파라미터
Table 2. System Level Simulator Parameters

| Parameter | Assumption |
|------------------------------------|---|
| Cellular Layout | Hexagonal grid 19 cell sites 3 sectors per site |
| Site to Site distance | 1.5km |
| Distance-dependent path loss | $L = 130.19 + 37.6 \log_{10}(.R)$, Rinkilo meters |
| Lognomal Shadowing Std.Dev | 8 dB |
| Correlation distance for Shadowing | 50m |
| Mobility | 3, 30, 120 in km/hr |
| Channel Mix | ITU Ped B 3 km/hr - 60% ITU Veh A 30 km/hr - 30% ITU Veh A 120 km/hr - 10% |
| Spatial Channnel Model | ITU with spatial correlation |

링크레벨시뮬레이터에서는 AWGN 채널만 고려되며 실제 다양한 다중경로 페이딩 채널의 효과는

표 2에 따라 시스템레벨 시뮬레이터 내부에서 고려된다.

모의실험 방법은 실시간 트래픽과 비 실시간 트래픽을 그림 4와 같이 생성한다.

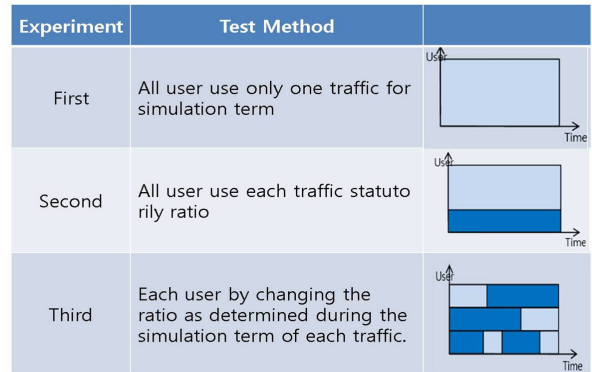


그림 4. 모의실험 방법
Fig. 4. Simulation Method

첫 번째 실험은 Full Buffer 트래픽 상황에서의 성능을 비교해 보았다. Delay 특성의 경우, Maximum C/I와 Proportional Fair는 다른 스케줄러에 비교해 현저히 떨어지므로 비교대상에서 제외하였다

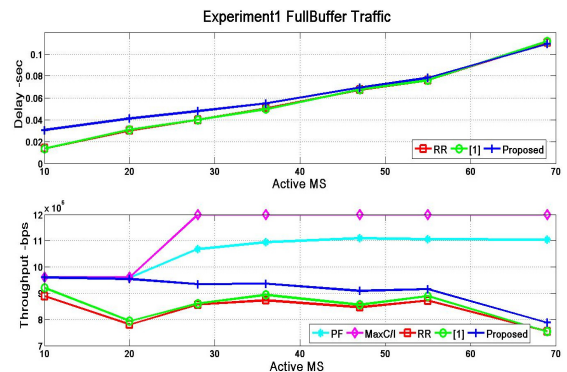


그림 5. 첫 번째 실험
Fig. 5. First Experiment

그림5에서 첫 번째 모의실험의 결과를 나타내었다. 제안된 스케줄러에서의 Delay특성은 MS의 수가 적을 때는 성능이 조금 떨어졌지만, MS의 수가 증가하면서 비슷한 성능을 보였다. 쓰루풋 특성은 Max.C/I와 PF 보다는 떨어졌지만 다른 스케줄러보다 높았다.

두 번째 실험은 실시간 트래픽과 비 실시간 트래픽이 각각 (3:7)인 경우와 (7:3)인 경우를 비교하였다.

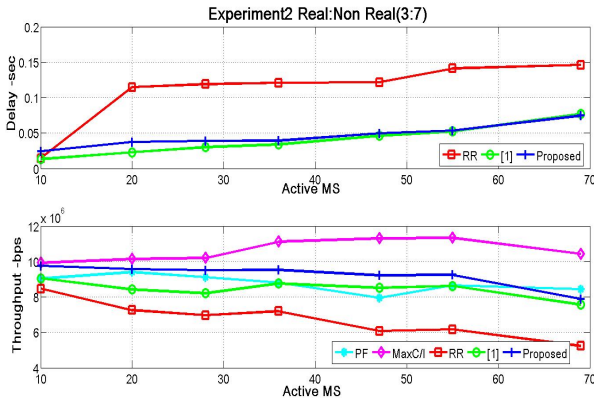


그림 6. 두 번째 실험(3:7)
Fig. 6. Second Experiment(3:7)

그림 6는 비율이 (3:7)인 경우의 성능을 나타내었다. 실시간 데이터가 섞이자, Delay특성은 RR과 다른 두 스케줄러가 월등히 차이가 남을 볼 수 있었다. 쓰루풋 특성 역시, 비교대상인 스케줄러는 PF와 비슷한 수치를 나타내었고, 제안하는 스케줄러는 PF보다 약간 좋은 성능을 보였다.

그림 7의 두 번째 실험에서 제안한 스케줄러는 실시간 비율이 늘어남에 따라 PF보다 확실하게 더 좋은 성능을 보였다.

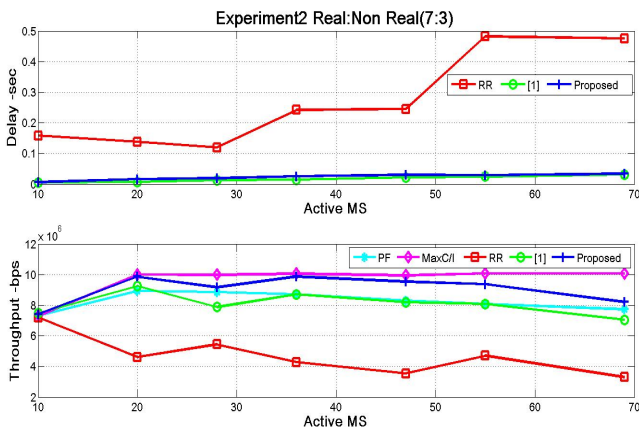


그림 7. 두 번째 실험(7:3)
Fig. 7. Second Experiment(7:3)

세 번째 실험과 번째 실험은 같은 비율이지만, 세 번째 실험은 두 번째 실험과 달리 시간을 기반으로 비율을 나누었다.

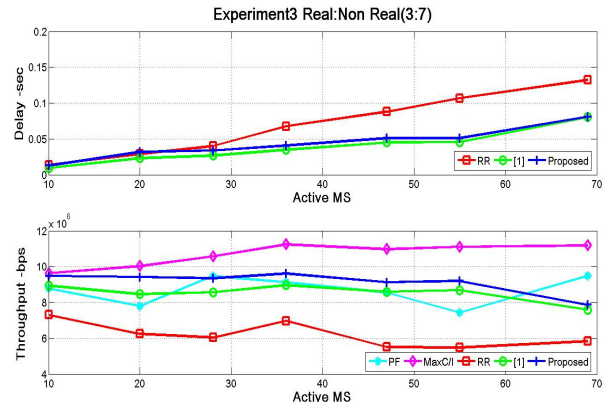


그림 8. 세 번째 실험(3:7)
Fig. 8. Third Experiment(3:7)

그림 8는 두 번째 실험과 비슷한 결과를 보였다. 비교 대상 스케줄러와 PF는 비슷한 쓰루풋을 보이고, 제안하는 스케줄러는 그보다 약간 좋은 성능을 보였다.

그림 9는 실시간 비율을 더 늘린 경우의 성능이다. 실시간 비율이 늘자 제안하는 스케줄러와 비교 대상 스케줄러 모두 PF보다 확연히 좋은 성능 차이를 보였다.

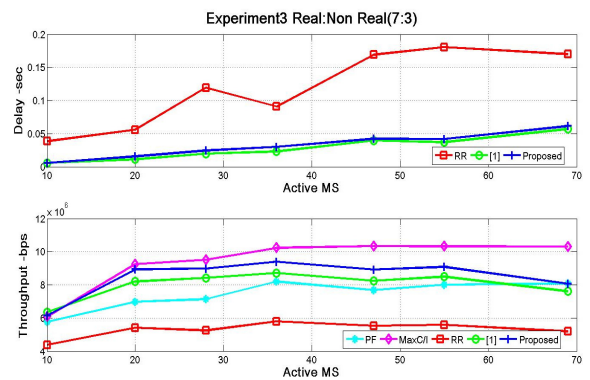


그림 9. 세 번째 실험(7:3)
Fig. 9. Third Experiment(7:3)

위의 모의실험의 결과 Credit 기반의 스케줄러[1]는 딜레이 특성은 굉장히 좋아지는 것을 볼 수 있었으나, 쓰루풋 성능이 Round-Robin 스케줄러보다 약간의 좋은 성능을 보였다. 즉, 딜레이 특성이 좋아 실시간 트래픽 특성에 알맞으나 쓰루풋 특성이 낮기 때문에 채널의 효율성 면에서 떨어짐을 볼 수 있다.

또한, UGS, ertPS, 나머지 순으로 연결을 하게 되는 알고리즘 특성상 UGS 이외의 다른 실시간 데이터들이 서비스를 못 받는 경우가 생길 수 있다. 하지만 본 논문에서 제안된 스케줄러는 긴급도를

계산하여 우선순위를 할당함으로써 딜레이 특성은 비슷하거나 조금 떨어져도 쓰루풋 특성이 더 좋고, 실시간 특성의 데이터들의 QoS 요구사항을 고려하는 등의 차별성을 제시하는 스케줄러이다.

III. 결 론

모의실험을 통하여 본 논문에서 제안한 스케줄러가 기존 제안된 스케줄러보다 우수함을 확인할 수 있었다. Full Buffer 트래픽 상황인 첫 번째 실험에서는 Delay 특성의 경우, MS의 수가 적을 때는 성능이 약간 떨어지지만, 증가 할수록 비슷해짐을 보였고, 쓰루풋의 경우는 더 좋은 성능을 보였다. 실시간 데이터가 섞여서 실험한 두 번째 세 번째 실험에서는 Delay 특성은 비슷함을 보이고, 쓰루풋 성능은 Proportional Fair 보다 높은 성능을 갖는 것을 볼 수 있었다.

본 논문을 통하여 QoS에 따라 큐를 운용할 때의 우수성을 확인할 수 있었고, 적절한 단말 스케줄러를 이용한다면, 좋은 성능을 보일 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

References

[1] Kitti Wongthavarawat, Aura Ganz. "Packet scheduling for QoS support in IEEE 802.16 broadband wireless access systems" *International journal of Communication systems(Int. J. Commun Syst)* Feb. 2003.

[2] A. Sayenko, O. Alanen, J. Karhula, and T. Hamalainen, "Ensuring the QoS Requirements in 802.16 Scheduling," *IEEE MSWiM '06*, pp. 108- 117, Oct. 2006.

[3] C. Cicconetti, L. Lenzini, E. Mingozzi, and Carl Eklund, "Quality of Service Support in IEEE 802.16 Networks," *IEEE Network*, pp. 50-55, March/April 2006.

[4] T. Kwon, H. Lee, S. Choi, J. Kim, and D.-H. Cho, S. Cho, S. Yun, W.-H. Park, and K. Kim, "Design and Implementation of a Simulator Based on a Cross-Layer Protocol between MAC and PHY Layers in a WiBro Compatible IEEE 802.16e OFDMA System," *IEEE Communications Magazine*, pp. 136-146, Dec. 2005.

[5] IEEE P802.16m/D6, DRAFT Amendment to IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems.

[6] IEEE 802.16 Broadband Wireless Access Working Group, IEEE 802.16m Evaluation Methodology Document (EMD), January 2009.

[7] V. Erecg, et al., "Channel models for fixed wireless applications", *IEEE 802.16.3c-01/29r4*, July 2001.

[8] Recommendation ITU-R M.1225, "Guidelines for evaluation of radio transmission technologies for IMT-2000", May. 1997.

[9] 3GPP-3GPP2 Spatial Channel Ad-hoc Group, "Spatial Channel Model Text Description," *V7.0*, Aug. 2003.

[10] 3GPP TR 25.996, "Spatial channel model for Multiple Input Multiple Output(MIMO)Simulations", June 2007.

[11] G. Calcev, D. Chizhik, B. Goransson, S. Howard, H. Huang, A. Kogiantis, A.F. Molisch, A.L. Moustakas, D. Reed and H. Xu, "A Wideband Spatial Channel Model for System-Wide Simulations", *IEEE Transactions Vehicular Technology*, vol. 56, pp. 389-403, March 2007.

[12] Daniel S. Baum et al, "An Interim Channel Model for Beyond-3G Systems Extending the 3GPP Spatial Channel Model (SCM)", *Proceedings of the IEEE VTC*, May 2005.

[13] H. Asplund, A.A. Glazunov, A.F. Molisch, K.I. Pedersen, and M. Steinbauer, "The COST259 directional channel II - macrocells," *IEEE Transactions on wireless Communications*, vol. 5, pp. 3434-3450, Dec. 2006.

[14] A. F. Molisch and H. Hofstetter, "The COST273 Channel Model," in "Mobile Broadband Multimedia Networks", (L. Correia, ed.), Academic Press, May. 2006.

[15] M. Steinbauer, A. F. Molisch, and E. Bonek, "The double-directional radio channel," *IEEE Antennas and Propagation*

magazine, pp. 51-63, Aug. 2001.

- [16] IST-4-027756 WINNER II, D 5.10.2, "Spectrum requirements for systems beyond IMT-2000", March 2007.
- [17] R. Sandanalakshmi, Shahid Mumtaz, and Kazi Saidul, Enhanced Algorithm for MIESM.
- [18] Hong Soon Nam and Dae Young Kim "Credit-Based Round Robin for High Speed Networks" *KICS Journal(J-KICS)* vol. 27, no. 12C, pp. 1207-1214, Dec. 2002.

조 다 영 (Da-young Cho)



2011년 2월 한밭대학교 전과 공학과 졸업
 2011년 3월~현재 광운대학교 전자통신공학과 석사과정
 <관심분야> 차세대 이동통신, 통신 소프트웨어, 디지털 신호처리

오 혁 준 (Hyuk-jun Oh)



1999년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학박사
 1999년~2000년 미국 Stanford 대학교 박사 후 과정
 2000년~2004년 미국 Qualcomm 사 3GPP UMTS CSM/MSM 개발

2004년~현재 광운대학교 전자통신공학과 (부교수)
 <관심분야> 차세대 이동통신, 통신 소프트웨어, 통신 모뎀 SoC 설계, 디지털 신호처리, 레이더 신호처리

홍 성 웅 (Sung-woong Hong)



2010년 2월 한밭대학교 전자공학과 졸업
 2012년 2월 광운대학교 전자통신공학과 석사
 2012년 3월~현재 Amkor Technology Korea 사원
 <관심분야> 차세대 이동통신, 통신 소프트웨어, 디지털 신호처리

오 일 혁 (Il-Hyuik Oh)



1996년 단국대학교 전자공학과 공학석사
 1996년~2012년 LIG넥스원 군 위성 통신단말 탐색/체계 개발, JTDLS 위성 모뎀 개발
 2008년~현재 LIG 넥스원 통신 연구센터(수석연구원)

<관심분야> 다대역 군 위성통신 시스템, 전술데이터 링크, 초고속 모뎀, 디지털신호처리

고 경 수 (Kyung-soo Ko)



2006년 한국 과학기술원 전기 및 전자공학과 공학 석사
 2006년~2010년 한국과학 기술원 MMPC(Mobile Media Platform Center) 연구원
 2010년~현재 LIG넥스원 통신 연구센터 선임연구원

<관심분야> 다대역 군 위성통신 시스템, 전술데이터 링크, 초고속 모뎀, 디지털신호처리