

밀리미터파 전 이중 시스템에서의 혼성 스케줄링

반비엔마이¹ · 김주엽² · 최상원² · 신원용^{3*}

Hybrid Scheduling in Millimeter Wave Full-Duplex Systems

Vien V. Mai¹ · Juyeop Kim² · Sang Won Choi² · Won-Yong Shin^{3*}

¹Communications and Networking Laboratory, Dankook University, Yongin 448-701, Korea

²ICT Convergence Research Team, Korea Railroad Research Institute, Uiwang 437-757, Korea

^{3*}Department of Computer Science and Engineering, Dankook University, Yongin 448-701, Korea

요 약

다중 경로 약한 산란 (poor scattering) 전 이중 (full-duplex) 시스템에서 혼성 스케줄링을 소개한다. 제안하는 시스템은 다중 안테나를 갖는 하나의 전 이중 기지국과 수 많은 단일 안테나 반 이중 (half-duplex) 단말로 구성된다. 혼성 스케줄링은 송신기에서의 부분적 채널 정보만을 활용한다. 특별히, 상향링크 및 하향링크에서 모두 기회적 송신 기술을 사용하는 기존 스케줄링 방법과는 달리, 제안하는 기술은 하향링크에서의 랜덤 송신 빔형성 및 상향링크에서의 간섭 제거 빔형성을 결합하여 사용한다. 주요 결과로써, 컴퓨터 모의실험을 통해 제안한 기술이 기존 스케줄링 방법보다 특정 신호 대 잡음비 영역 이상에서 훨씬 더 우수한 합 용량 성능을 가짐을 보인다.

ABSTRACT

We introduce a hybrid scheduling in a multi-path poor scattering full-duplex (FD) system, which consists of one multi-antenna FD base station and a large number of single-antenna half-duplex mobile stations. Our hybrid scheduling utilizes partial channel state information at the transmitter. In particular, unlike the conventional scheduling method using opportunistic transmission for both uplink and downlink, the proposed scheme combines a random transmit beamforming for downlink and a zero forcing beamforming for uplink. As our main result, via computer simulations, it is shown that the proposed scheme has a superior sum-rate performance than that of the conventional scheduling method beyond a certain signal-to-noise ratio regime.

키워드 : 기회적 스케줄링, 밀리미터파, 약한 산란, 자기 간섭, 전 이중, 혼성 스케줄링

Key word : Opportunistic scheduling, millimeter wave (mmWave), poor scattering, self-interference, full-duplex (FD), hybrid scheduling

접수일자 : 2015. 12. 01 심사완료일자 : 2015. 12. 21 게재확정일자 : 2016. 01. 04

* **Corresponding Author** Won-Yong Shin (E-mail: wyshin@dankook.ac.kr, Tel: +82-31-8005-3253)

Department of Computer Science and Engineering, Dankook University, Yongin 448-701, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2016.20.1.52>

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

초고속 통신에 대한 증가된 요구와 함께 전 이중(full-duplex) 기술이 스펙트럼 효율성을 증가시키는데 있어 중요한 요소로 고려되어 왔다[1]. 그러나, 전 이중 시스템의 잠재적인 이점은 반 이중(half-duplex) 시스템에서는 나타나지 않았던 단말 간 간섭(inter-terminal interference) 제거와 같은 새로운 문제에 의해 제한될 수 있다. 전 이중 시스템에서 단말 간 간섭 문제는 최근에 자유도(degrees of freedom) (또는 capacity pre-log factor) 측면에서 연구되었다[2, 3]. 특별히, 채널이 에르고딕(ergodic) 위상 페이딩으로 모델링되고 송신단에서 전체 채널 상태 정보(CSIT: channel state information at the transmitter)가 유용하면, 전 이중 시스템의 자유도는 이상적으로 반 이중 시스템의 자유도 두 배가 될 수 있음을 보였다[2]. [3]에서의 저자는 3개 노드를 가진 전 이중 시스템에서의 몇 가지 단말 간 간섭 제거 기술을 제안하였다. 하지만, 다음과 같은 몇 가지 실제적인 문제점이 존재한다. 먼저, 존재하는 기술들의 계산 복잡도는 시스템 차원(dimension)이 증가함에 따라 빠르게 증가하게 된다. 또한, 노드(단말) 간 협력과 방대한 양의 CSI 피드백 비트가 요구된다.

한편, 무선 통신 시스템에서는 기회적 전송 기술이 폭 넓게 연구되어 왔는데, 브로드캐스트 채널, 인지 라디오(cognitive radio) 채널, 간섭 채널 등에서 소개가 되어 왔다[4-8]. [4]에서는 훨씬 더 적은 CSI 피드백 양과 함께 랜덤 빔형성을 사용하여 최적의 더티 페이퍼 코딩(dirty paper coding)과 동일한 합 용량 스케일링 법칙이 취득 가능함을 보였다. 게다가, 기회적 통신을 사용하여 (n, K) -간섭 채널[5], 다중 셀 간섭 채널[6], 인지 네트워크[7], 전 이중 시스템[8]에서 특정 사용자 스케일링 법칙이 만족되면 사용자 당 단위 자유도를 점근적으로 취득할 수 있음을 보였다. 주목할 점은 이러한 자유도 취득을 위해 송신단에서 순간 채널 상태에 대한 정보를 필요로 하지 않는다는 점이다.

밀리미터파(mmWave: millimeter wave) 통신은 최근 방대한 양의 대역폭 사용 가능성으로 인해 차세대 무선 접속에 대한 유망한 기술로 생각되고 있다[9]. mmWave 주파수에서의 과도한 고 경로 손실과 차단 민감성 때문에, mmWave 채널은 본질적으로 약한 산란(poor scattering) 특성을 지니는 경향이 있다[9, 10]. 본

논문에서는, 다중 경로 약한 산란 채널에서 동작하는 전 이중 시스템에서의 혼성 스케줄링을 소개한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 본 논문의 주요 제안을 요약한다. III장에서는 시스템 모델을 소개한다. IV장에서는 새로운 혼성 스케줄링을 제안한다. V장에서는 모의실험 결과를 보이고, VI장에서는 본 논문을 요약 및 마무리한다.

II. 주요 제안 사항

본 논문에서 고려하는 전 이중 시스템은 하나의 $2M$ 개 안테나 전 이중 기지국과 수 많은 단일 안테나 반 이중 단말로 구성된다. 부분적 CSIT (partial CSIT) 가정 하에서, 제안하는 스케줄링 방법은 하향링크에서의 랜덤 송신 빔형성(random transmit beamforming)과 상향링크에서의 간섭 제거(zero-forcing) 필터링을 결합하여 사용한다. 이는 상향링크 및 하향링크에서 모두 기회적 송신 기술을 사용하는 기존 스케줄링 방법[8]과 다르다 하겠다. 주요 결과로써, 컴퓨터 모의실험을 통해 제안한 기술이 기존 스케줄링 방법보다 특정 신호 대 잡음비(SNR: signal-to-noise ratio) 영역 이상에서 기존 스케줄링 기법보다 더 높은 합 용량 성능을 나타냄을 보인다. 주목할 점은 고려하는 기술은 각 단말이 대응하는 빔형성 벡터 인덱스와 함께 단지 M 개의 실수 값을 피드백해 주면 된다는 점이고, 이는 전체 CSIT 하에서 동작하는 기술보다 훨씬 적은 양의 오버헤드라 할 수 있다.

III. 시스템 모델

그림 1에서 확인할 수 있듯이, M 개의 상향링크 단말과 M 개의 하향링크 단말을 동시에 지원하는 $2M$ 개 안테나(상향링크와 하향링크 각각에 대해 M 개의 안테나) 전 이중 기지국을 가지는 셀룰라 시스템을 고려하자. 반 이중 모드로 동작하는 각각 단일 안테나를 가진 전체 N 개의 단말이 존재한다고 가정한다. 만약 N 이 M 보다 충분히 크다면 기회적 스케줄링을 통해 다중사용자 이득을 취득하는 것이 가능하다. 기지국은 자기 간섭(self-interference)를 완전히 제거할 수 있다고 가정한다.

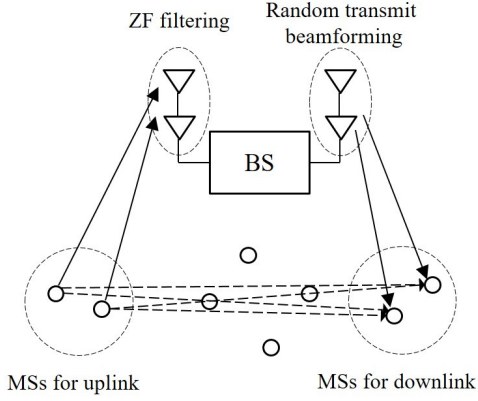


Fig. 1 The full-duplex system when $M=2$ (the number of antennas at the base station for uplink or downlink) and $N=8$ (the number of mobile stations)

3.1. 신호 모델

상향링크 전송에 대해 기지국에서의 M -차원 수신 신호 벡터는 다음과 같이 주어진다.

$$y^{(u)} = \sqrt{\rho} \sum_{j=1}^M h_j^{(u)} x_j + z^{(u)} \quad (1)$$

여기에서, x_j 는 $E\{x_j^2\}=1$ 을 만족하는 j 번째 단말의 송신 신호, ρ 는 수신 SNR, $h_j^{(u)} \in C^{M \times 1}$ 은 j 번째 상향링크 단말과 기지국 사이의 채널, $z^{(u)} \sim \tilde{N}_M(0, I)$ 는 기지국에서의 원형 대칭 (circularly symmetric) 복소 부가 백색 가우시언 잡음 (AWGN: additive white Gaussian noise) 벡터이다.¹⁾ 모든 랜덤 요소 $x_j, h_j^{(u)}, z^{(u)}$ 는 통계적으로 독립이다. 하향링크 전송에 대해 j 번째 단말에서의 수신 신호는 다음과 같이 주어진다.

$$y_j^{(d)} = \sqrt{\rho} h_j^{(d)} x^{(d)} + \sqrt{\eta} \sum_{i=1}^M g_{j,i} x_i + z_j^{(d)} \quad (2)$$

여기에서, $x^{(d)}$ 는 $E\{\|x^{(d)}\|^2\}=M$ 을 만족하는 기지국의 송신 신호, $h_j^{(d)} \in C^{M \times 1}$ 는 j 번째 하향링크 단말과 기지국 사이의 채널, $z_j^{(d)} \sim \tilde{N}_1(0, 1)$ 은 j 번째 단말에서

의 AWGN, $g_{j,i}$ 는 i 번째 상향링크 단말과 j 번째 하향링크 단말 사이의 채널이다. 유사하게, 모든 랜덤 요소 $x^{(d)}, h_j^{(d)}, g_{j,i}, z_j^{(d)}$ 는 통계적으로 독립이 된다. 채널 $h_j^{(d)}, h_j^{(u)}, g_{j,i}$ 는 다음 절에서 구체화될 것이다.

3.2. 채널 모델

mmWave 통신에서 나타날 것으로 기대되는 약한 산란 환경을 가정함으로써 채널 모델링을 하도록 한다. 각 산란체 (scatterer)가 하나의 송신단과 수신단 사이 단일 전파로 구성됨을 가정하는 L 개 산란체 기하학적 채널 모델을 수용하도록 한다. 이 모델 하에서, 채널 벡터 $h_j^{(d)}$ 는 다음과 같이 표현될 수 있다[11, 12].

$$\begin{aligned} h_j^{(d)} &= \sqrt{\frac{1}{L}} \sum_{l=1}^L \alpha_j(l) [e^{j\theta_j^l(1)} e^{j\theta_j^l(2)} \dots e^{j\theta_j^l(M)}]^T \\ &= \sqrt{\frac{1}{L}} E_j \alpha_j \end{aligned} \quad (3)$$

여기에서, $\alpha_j(l) \sim \tilde{N}_1(0, 1)$ 은 $l \in \{1, \dots, L\}$ 에 대해 독립인 l 번째 산란체의 채널 이득, l 번째 산란체의 위상 배열을 나타내는 $e_j^l = [e^{j\theta_j^l(1)} e^{j\theta_j^l(2)} \dots e^{j\theta_j^l(M)}]^T$ 에 대해 $E_j = [e_j^1 e_j^2 \dots e_j^L]$ (이 때 e_j^l 의 원소 각각은 단위 복소수이며 $[0, 2\pi)$ 에 대해 균일하게 분포된 랜덤 위상 $\theta_j^l(m)$ 을 가짐), $\alpha_j = [\alpha_j(1) \alpha_j(2) \dots \alpha_j(L)]^T$ 는 이득 요소 (gain factor) 벡터를 나타낸다. 유사하게, 채널 벡터 $h_j^{(u)}$ 는 $h_j^{(u)} = \sqrt{\frac{1}{L}} \bar{E}_j \bar{\alpha}_j$ 로 표현될 수 있다. 여기에서, \bar{E}_j 는 위상 배열 행렬이고 $\bar{\alpha}_j$ 는 이득 요소 벡터이다. 또한, i 번째 상향링크 단말과 j 번째 하향링크 단말 사이의 채널은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$g_{j,i} = \sqrt{\frac{1}{L}} \sum_{l=1}^L \beta_{j,i}(l) e^{j\phi_{j,i}^l(l)} = \sqrt{\frac{1}{L}} \psi_{j,i} \beta_{j,i} \quad (4)$$

여기에서, $\beta_{j,i} = [\beta_{j,i}(1) \beta_{j,i}(2) \dots \beta_{j,i}(L)]^T$ 는 이득 요소 벡터이고 $\psi_{j,i} = [e^{j\phi_{j,i}^1(1)} e^{j\phi_{j,i}^1(2)} \dots e^{j\phi_{j,i}^1(L)}]^T$ 이다.

1) 기호 C 는 복소수를 나타낸다. $(\cdot)^T$ 와 $(\cdot)^H$ 는 각각 전치 및 켈레 전치를 나타낸다. I 는 단위 행렬, $E\{\cdot\}$ 는 평균, $\tilde{N}_n(m, \Sigma)$ 는 평균 벡터 $m \in C^n$ 과 공분산 행렬 $\Sigma \in C^{n \times n}$ 을 가진 $n \times 1$ 복소 가우시언 벡터이다.

각 채널 계수가 하나의 전송 블록 동안 상수로 유지되고 블록마다 독립적으로 변화하는 블록 페이딩 모델을 가정한다. 전체 CSI가 수신단에서는 유용하지만 송신단에서는 유용하지 않다고 가정한다.

IV. 제안하는 혼성 스케줄링

본 장에서는, 부분적 CSIT 가정 하에서 동작하는 새로운 혼성 스케줄링을 설명한다.

전체적인 과정은 다음의 여섯 단계를 따른다.

1. 상향링크 단말 집합 $S^{(u)} = \{\pi_1^{(u)}, \dots, \pi_M^{(u)}\}$ 이 상향링크 전송을 위해 임의로 선택된다.
2. 간섭 제거 빔형성이 기지국에서 수행된다.
3. 기지국은 M 개의 직교 빔형성 벡터 $\phi_m \in \mathbb{C}^{M \times 1}$ ($m = 1, \dots, M$)을 모든 하향링크 단말에게 브로드캐스팅한다. 여기에서, ϕ_m 은 등방성 (isotropic) 분포에 따라 발생된다.
4. j 번째 단말이 빔형성 벡터 ϕ_l 에 의해 지원받는다고 가정하자. 이 때, $j \in \{1, \dots, N\} \setminus S^{(u)}$ 이고 $j \in \{1, \dots, M\}$ 이다. j 번째 빔형성 벡터와 관련하여 j 번째 단말은 다음의 메트릭 (metric)을 계산한다.

$$I_{j,l} = \sum_{m=1, m \neq l}^M |h_j^{(d)\dagger} \phi_m|^2 + \sum_{m=1}^M |g_{j, \pi_m^{(u)}}|^2 \quad (5)$$

여기에서, (5)의 첫 번째 및 두 번째 식은 각각 하향링크 간섭 및 상향링크 간섭을 나타낸다.

5. 각 단말은 기지국에게 (5)에서 구한 M 개의 실수 값과 대응하는 빔형성 인덱스를 피드백한다.
6. 최종적으로, 기지국은 M 개의 선택된 하향링크 단말 집합 $S^{(d)} = \{\pi_1^{(d)}, \dots, \pi_M^{(d)}\}$ 을 선택한다. 이 때, $\pi_m^{(d)}$ ($m = 1, \dots, M$)는 $\{I_{1,m}, \dots, I_{N,m}\} \setminus \{I_{\pi_1^{(u)}, m}, \dots, I_{\pi_M^{(u)}, m}\}$ 에 해당하는 $N - M$ 개의 값들 중 최소값을 피드백한 단말의 인덱스를 나타낸다. 그리고, 선택된 단말에게 데이터 패킷 전송을 시작한다.

주목할 점은 하향링크 단말은 상향링크 파일럿 신호를 통해 상향링크 단말에서 하향링크 단말 (uplink-to-downlink)로 전달되는 간섭량을 추정할 수 있고, 기지국은 상향링크 훈련 신호열을 통해 추정될 수 있는

단말 M 개의 단말에 대한 상향링크 CSI를 요구한다는 점이다. 기지국에서 복호를 위해 랜덤 수신 빔형성을 적용하는 [8]에서의 기법과는 달리, 제안하는 기술은 비교적 간단한 간섭 널링 필터링을 사용한다. 제안 기술이 실제적인 SNR 영역에서 [8]보다 더 우수한 합 용량 성능을 가짐을 다음 장에서 모의실험을 통해 보인다.

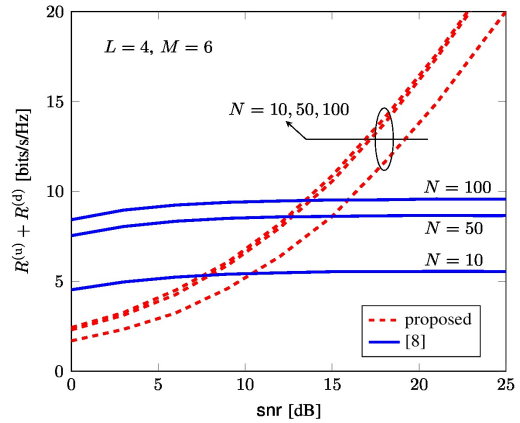


Fig. 2 The sum-rate of the full-duplex system according to the received SNR when $L=5$, $M=3$, and $N=10,50,100$. The proposed method is compared with the conventional one in [8].

V. 모의실험 결과

본 장에서는 제안한 혼성 스케줄링 기술의 성능을 검증하기 위해 모의실험을 수행한다. 구체적으로, 그림 2에서는 전 이중 시스템의 합 용량을 수신 SNR에 따라 도시하였다. 본 실험에서는 몬테카를로 시뮬레이션을 수행하였고, 랜덤 요소인 채널 $h_j^{(d)}$, $h_j^{(u)}$, $g_{j,i}$ 및 잡음 $z^{(u)}$, $z_j^{(d)}$ 에 대해 평균 합 용량을 취득하기 위해 충분히 많은 반복을 취하였다. $L=5$, $M=3$, $N=10,50,100$ 을 가정하였다. 비교를 위해 [8]에서의 스케줄링 기술을 사용한 전 이중 시스템의 합 용량도 보였다. 그림 2로부터 제안한 기술이 특정 SNR 교차점 (대략 10~15dB 근처에서 생성) 이상 영역에서 [8]에서의 기술보다 우수한 성능을 가짐을 확인할 수 있다. 보다 구체적으로, [8]에서의 기술 사용 시 SNR이 증가함에 따라 합 용량이 미세하게 증가하거나 거의 동일하게 유지되는 반면, 제안한 혼성 스케줄링 기술을 사용하면 SNR이 증가함에

따라 지속적으로 증가되는 합 용량을 보장할 수 있음을 확인할 수 있다. 그 이유는 제안한 기술이 수신단에서 간섭 제거 빔형성을 사용하는데, 이를 통해 상향링크 통신에서는 간섭을 모두 제거할 수 있고 최대의 상향링크 전송 자유도를 보장할 수 있기 때문이다.

VI. 결 론

본 논문에서는 mmWave 기반 전 이중 시스템에서 전체 CSIT를 요구하지 않는 새로운 혼성 스케줄링 기술을 소개하였다. 먼저, mmWave 채널을 간략히 모델링하기 위해 약한 산란 환경을 모델링하였고, 부분적 CSIT 하에서 동작하는 하향링크에서의 랜덤 송신 빔형성과 상향링크에서의 간섭 제거 필터링을 결합한 혼성 스케줄링을 제안하였다. 제안한 스케줄링 기술이 실제적인 SNR 영역에서 기존 기술 대비 우수한 합 용량 성능을 보임을 컴퓨터 모의실험을 통해 검증하였다. 보다 구체적으로, SNR 10~15dB 근처에서 두 기술 간 성능 역전이 발생하며 SNR 20dB에서는 제안한 스케줄링 기술의 합 용량의 기존 기술의 합 용량보다 최소 2배 이상 우수하며 이 격차는 SNR이 증가함에 따라 더욱 커짐을 확인하였다.

ACKNOWLEDGMENTS

This research was supported in part by ICT R&D program of MSIP/IITP [B0101-15-1361, Development of PS-LTE System and Terminal for National Public Safety Service] and in part by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science, ICT & Future Planning (MSIP) (2015R1A2A1A15054248).

REFERENCES

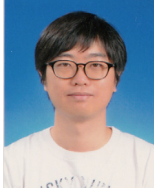
[1] E. Aryafar, M. Khojastepour, K. Sundaresan, S. Rangarajan, and M. Chiang, "MIDU: Enabling MIMO full-duplex," in

Proceedings of the 18th ACM Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom2012), Istanbul, Turkey, pp. 257-268, Aug. 2012.
[2] A. Sahai, S. N. Diggavi, and A. Sabharwal, "On degrees-of-freedom of full-duplex uplink/downlink channel," in *Proceedings of the IEEE Information Theory Workshop (ITW2013)*, Sevilla, Spain, pp. 1-5, Sep. 2013.
[3] J. Bai and A. Sabharwal, "Distributed full-duplex via wireless side channels: Bounds and protocols," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 12, no. 8, pp. 4162-4173, Jul. 2013.
[4] M. Sharif and B. Hassibi, "On the capacity of MIMO broadcast channels with partial side information," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 51, no. 2, pp. 506-522, Feb. 2005.
[5] A. Tajer and X. Wang, " (n, k) -user interference channels: Degrees of freedom," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 58, no. 8, pp. 5338-5353, Aug. 2008.
[6] B. C. Jung, D. Park, and W.-Y. Shin, "Opportunistic interference mitigation achieves optimal degrees-of-freedom in wireless multi-cell uplink networks," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 60, no. 7, pp. 1935-1944, Jul. 2012.
[7] A. Tajer and X. Wang, "Multiuser diversity in cognitive networks," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 18, no. 6, pp. 1766-1779, Dec. 2010.
[8] C. Karakus and S. Diggavi, "Opportunistic scheduling for full-duplex uplink-downlink networks," preprint. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1504.05898>.
[9] F. Boccardi, R. W. Heath Jr., A. Lozano, T. L. Marzetta, and P. Popovski, "Five disruptive technology directions for 5G," *IEEE Communications Magazine*, vol. 52, no. 2, pp. 74-80, Feb. 2014.
[10] M. Akdeniz, Y. Liu, M. Samimi, S. Sun, S. Rangan, T. Rappaport, and E. Erkip, "Millimeter wave channel modeling and cellular capacity evaluation," *IEEE Journal of Selected Areas on Communications*, vol. 32, no. 6, pp. 1164-1179, Jun. 2014.
[11] A. G. Burr, "Capacity bounds and estimates for the finite scatterers MIMO wireless channel," *IEEE Journal of Selected Areas on Communications*, vol. 21, no. 5, pp. 812-818, Jun. 2003.
[12] J. Yoon, W.-Y. Shin, and H. S. Lee, "Opportunistic interference alignment in poor scattering channels," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, to appear.



반비엔마이(Vien V. Mai)

2013년 Posts and Telecommunications Institute of Technology, Electronic and Telecommunication 학사
2016년 경희대학교 전자·전파공학과 석사(예정)
2015년 9월 ~ 현재: 단국대학교 통신 및 네트워킹 연구실 연구원
※관심분야: 통신이론, 정보이론



김주엽(Juyeop Kim)

2004년 KAIST 전기 및 전자공학과 학사
2010년 KAIST 전기 및 전자공학과 석·박사(통합)
2010년 3월 ~ 2011년 2월 KAIST Institute IT 융합연구소 박사후 연구원
2011년 4월 ~ 2013년 12월 삼성전자 무선사업부 책임연구원
2014년 1월 ~ 현재 한국철도기술연구원 선임연구원
※관심분야: 이동통신 시스템, LTE-R, 공공안전망, S/W engineering



최상원(Sang Won Choi)

2002년 고려대학교 전기전자전파공학부 졸업
2004년 KAIST 전자전산학과 전기 및 전자공학전공 석사
2010년 KAIST 전기 및 전자공학과 박사
2010년 2월 ~ 2014년 3월 삼성전자 무선사업부 책임 연구원
2014년 4월 ~ 현재 한국철도기술연구원 ICT융합연구팀 선임연구원
※관심분야: 차세대 이동통신 시스템, 통신 신호처리, 특수 목적 통신, 공공 안전망, 단말 알고리즘 개발, ICT융합기술 연구/개발



신원용(Won-Yong Shin)

2002년 연세대학교 기계전자공학부 학사
2004년 KAIST 전자전산학과 석사
2008년 KAIST 전자전산학부 박사
2008년 2월 ~ 4월 Harvard University 방문연구원
2008년 9월 ~ 2009년 2월 KAIST BK 정보전자연구소 박사후연구원
2009년 3월 ~ 4월 KAIST 고성능집적시스템연구센터 선임급 위촉연구원
2009년 5월 ~ 2011년 10월 Harvard University Postdoctoral Fellow
2011년 10월 ~ 2012년 2월 Harvard University Research Associate
2012년 3월 ~ 현재 단국대학교 국제학부 모바일시스템공학전공/대학원 컴퓨터학과 조교수
※관심분야: 정보이론, 통신이론, 신호처리, 모바일 컴퓨팅, 빅데이터 분석, 소셜네트워크 분석