

# 스마트 주차 시스템을 위한 순차적 간섭 제거 기반 무선 통신 성능 향상 기법

추은미, 진주희, 정방철  
충남대학교 전자공학과

e-mail : *emchu@cnu.ac.kr*, *worth85@kaist.ac.kr*, *bcjung@cnu.ac.kr*

## Successive Interference Cancellation (SIC) Techniques for Improving Performance of Wireless Communication in Smart Parking Systems

Eunmi Chu, JuHee Jin, Bang Chul Jung,

Department of Electronics Engineering, Chungnam National University

### Abstract

With the development of robot technology, a smart parking system is emerging since it enables parking robots to store and pick up cars on behalf of humans. However, when a large number of sensors simultaneously request service via wireless channels, the success probability of the service requests becomes decreased. In this paper, we propose a novel successive interference cancellation (SIC)-based multi-packet reception techniques for improving performance of smart parking systems operated by wireless communications. Through computer simulations, we validate the proposed technique.

### I. 서론

주차할 공간을 찾기 위해 주차장을 헤매는 일은 지난 추억 속으로 사라질 전망이다. 무인 로봇 주차 기술의 확대로 사람을 대신해서 주차 로봇이 차를 보관하고 픽업할 수 있는 스마트 주차장 시스템이 상용화되고 있기 때문이다. 스마트 주차장 시스템에서는 스마트폰으로 주차 서비스를 예약 하고, 주차장 입구에 차를 두면 주차 로봇이 해당 차량을 픽업하고 주차 공간을 찾아 보관하고, 도착 예정 시간에 맞춰 출차를 준비시켜 준다. 2014년 독일 뒤셀도르프 공항에서는 로봇 레이(Ray)가 최초로 서비스[1]를 시작했으며, 2017년 프랑스 파리 샤를 드골 공항에서는 로봇 스탠(Stan)이 차량을 직접 들어 올려 지정된 주차 공간으

로 차량 주차하는 서비스[2]를 시행하고 있다. 주차 로봇을 통해서 사람에게는 편의성을 제공하고, 사업자에게는 주차장 공간 효율성도 증가 시킬 수 있어 많은 공항에서 스마트 주차장 시스템이 적용될 것으로 예상하고 있다.

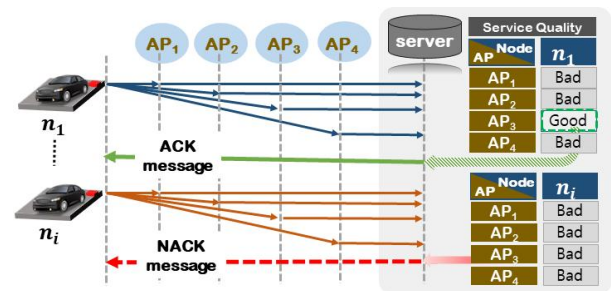


그림 1. 기존 스마트 주차 시스템에서의 다중 패킷 수신 기법

기존의 스마트 주차 시스템은 LoRa (Long Range) 전송 기술[3, 4]과 다중 액세스 포인트 (AP; Access Point)을 이용한 다중 패킷 수신 기술을 사용하고 있다. 그림 1과 같이 센서  $n_1$ 과 센서  $n_i$ 이 동시에 패킷을 전송하고  $AP_1 \sim AP_4$ 은 자신이 수신한 패킷을 서버로 전송한다. 서버는 서비스 품질 임계값을 만족하는 신호가 있으며 센서에게 ACK 메시지로 수신 성공을 알리고, 만족하는 신호가 없으며 NACK 메시지로 수신 실패를 알린다. 많은 수의 센서들이 동시에 서비스 요청을 할 경우, 통신 신호는 서로 간 간섭을 일으키기 때문에 원활한 서비스가 어려워지게 된다.

본 논문에서는 순차적 간섭 제어 기법을 스마트 주

차장에 적용하여 다중 패킷 수신 성공 확률에 대한 성능 개선 효과를 살펴보기로 한다.

### II. 제안하는 순차적 간섭 제거 기법

순차적 간섭 제거 기법[5]은 수신단에서 다중 접속 간섭을 제거하기 위한 목적으로 제시된 방법으로 수신 신호 전력 레벨이 가장 좋은 것부터 검출하고, 검출된 신호는 간섭 신호에서 제거시킨다. 기존의 기법은 그림 1에서 보는 바와 같이  $n_l$ 의 신호가 수신 성공했지만,  $n_l$ 가 자신의 신호를 검출할 때  $n_l$ 의 신호를 여전히 간섭 신호로 고려하고 있다. 하지만, 순차적 간섭 제거 기법에서는  $n_l$ 의 신호는 간섭 신호에서 제거가 되기 때문에  $n_l$ 에서는 수신 신호 품질이 향상되고 이로 인해 신호 검출 확률이 증가하게 된다.

본 논문에서 실험한 시스템 파라미터는 경로 손실 계수는 2.5, 채널은 레일-레이리 페이딩 환경, 사용 주파수 대역은 125 kHz, 주차장 전체 영역은 100m × 100m 영역에 그리드 구조로 주차 구역이 나누어져 있으며, 주차된 차량은 100 대, 센서 전송 전력은 10mW, 서비스 품질 임계값은 SINR 기준 -3dB 혹은 0dB, 잡음 전력 밀도는 -174dBm/Hz, 센서 서비스 요청율  $p$ 는 0.01 ~ 0.3, 시뮬레이션 횟수 10,000번으로 설정했다.

그림 2는 주차된 차량 센서 100 대 중에서 서비스 요청이 들어올 평균 확률을  $p$ 로 설정되어 있어 있을 때,  $p$ 의 값의 변화에 따른 다중 패킷 수신 확률을 보여 준다. 제안한 SIC 기반 간섭 제거 기법이 기존의 기법에 비해서 수신 성공 확률이 월등히 높음을 알 수 있다. 또한,  $p$ 가 증가하면 동시 서비스 요청 노드의 수가 증가하기 때문에 간섭이 증가하여 성공확률이 감소하지만, AP 개수가 많으면 다중 패킷 수신 확률이 증가하여 성공 확률도 증가함을 보여준다.

그림 3은  $p$ 를 0.05로 설정을 했을 때 AP 개수와 SINR 임계값( $SINR_{th}$ )에 따른 전송 성공 확률을 보여 준다.  $SINR_{th}$ 이 낮아수록 임계치를 초과할 확률이 증가하여 다중 패킷 수신 성공 확률이 증가함을 볼 수가 있다.  $SINR_{th} = -3dB$ , AP=4 일 때, 기존 기법은 70%의 성공 확률을 가지지만 제안된 기법은 100%까지 성공 확률을 증가시키고 있다. 제안된 기법을 적용하면 더 적은 AP수로 성공 확률을 개선시킬 수 있음을 알 수 있다.

### III. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 스마트 주차 시스템에서 순차적 간섭 제거 기법을 제안하였으며, 시뮬레이션을 통해 기존의 기법 대비 제안한 기법의 다중 패킷 수신 성공 확률이 개선됨을 확인하였다.

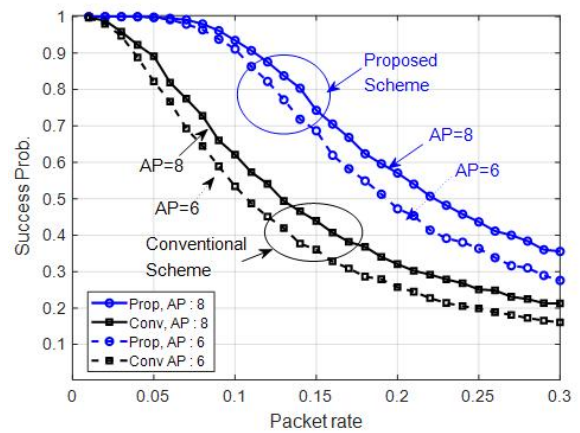


그림 2. 서비스 요청율 ( $p$ )에 따른 전송 성공 확률

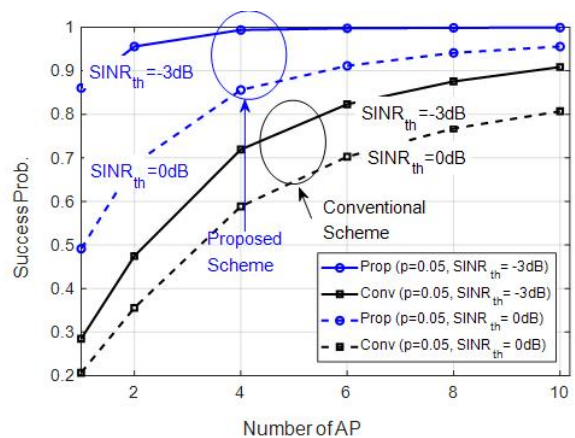


그림 3. AP 개수에 따른 전송 성공 확률

### Acknowledgement

“본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 대학ICT연구센터육성지원사업의 연구결과로 수행되었음”(IITP-2018-2017-0-01635)사업임).

### 참고문헌

- [1] 중앙일보 기사 “독일 공항 주차장에 주차 대행 로봇 등장”, 2014. 6. 24.
- [2] 월드뉴스 기사, “프랑스, 공항에 무인주차 로봇 도입”, 2017. 6. 1.
- [3] Baiocchi, Andrea, and Fabio Ricciato. “Analysis of pure and slotted ALOHA with multi-packet reception and variable packet size,” IEEE Communications Letters (2018).
- [4] Augustin, Aloys, et al., “A study of LoRa: Long range & low power networks for the internet of things,” Sensors 16.9 (2016): 1466.
- [5] Wildemeersch, Matthias, et al. “Successive interference cancellation in uplink cellular networks,” Signal Processing Advances in Wireless Communications (SPAWC), 2013 IEEE 14th Workshop on. IEEE, 2013.