

## 충돌과 간섭을 동시에 고려한 임의접근 수신 시뮬레이션

신진석, 문희찬\*

한양대학교

sjsseok@hanyang.ac.kr, \*hcmoon@hanyang.ac.kr

## Simulation of random access considering both sequence collision and interference

Jinseok Shin, Hichan Moon\*

Hanyang Univ.

## 요약

다수의 단말이 동시에 랜덤액세스 과정을 수행하는 경우, 랜덤액세스 패킷 간 충돌 및 간섭이 발생한다. 본 논문은 에너지 검출기를 사용하여 충돌과 간섭을 동시에 고려한 랜덤액세스의 throughput을 시뮬레이션 하였다.

## I. 서론

사물인터넷 (IoT: Internet of Things)은 다양한 사물들이 연결되어 무선 통신 서비스를 제공하는 기술이다 [1]. IoT 시스템은 광범위한 분야에서 활용됨에 따라 종래의 통신시스템에 비해 IoT 시스템에 접속하는 단말의 수가 크게 급증하고 있다 [2]. 그러므로 IoT 시스템에서 대규모 연결성은 필수적인 핵심 요구조건이다.

단말기는 데이터를 전송하기 전에 초기 등록을 위해 랜덤액세스 과정을 수행한다 [3]. 다수의 단말기가 동시에 랜덤액세스 과정을 수행하는 경우, 단말들이 전송하는 랜덤액세스 패킷 간 충돌 및 간섭으로 인해 성능 열화가 발생한다. 종래의 연구에서는 SINR capture 모델을 사용하여 충돌과 간섭을 동시에 고려한 랜덤액세스의 throughput이 연구되었다 [4]. SINR capture 모델을 사용하는 경우, 기지국은 SINR이 임계값보다 클 때에만 랜덤액세스 패킷을 성공적으로 수신했다고 판단한다. 그러나 SINR이 임계값보다 작더라도 기지국은 수신기의 에너지 검출값이 큰 경우 랜덤액세스 패킷을 성공적으로 수신할 수 있다. 본 논문에서 기지국은 에너지 검출기를 사용하며 보다 현실적인 검출성능을 가진다. 기지국이 랜덤액세스 패킷을 수신하는 경우, 랜덤액세스의 throughput을 시뮬레이션한다.

## II. 시스템 모델

본 논문에서는  $M$ 개의 단말기와 하나의 기지국으로 구성된 무선 통신 시스템을 고려한다. 각 단말기는 트리거링 이벤트가 발생하면 독립적으로 랜덤액세스 패킷을 기지국으로 전송한다. 이때, 단위 시간당 평균 동시 전송 패킷의 수가  $\lambda$ 이면, 동시에 전송된 랜덤액세스 패킷의 수  $K$ 는 Poisson 분포를 따른다 [5]. 단말기는 랜덤액세스 패킷 전송을 위해  $N_{seq}$ 개의 시퀀스 중 하나를 랜덤하게 선택한다. 시퀀스는  $C$ 개의 칩으로 구성되며 시퀀스의 길이는  $T_p$ 이다.

본 논문에서는 각 단말기가 전송한 랜덤액세스 패킷은 서로 독립적인 저속 페이딩 채널을 거쳐 기지국에 수신된다고 가정한다. 기지국에 수신된 신호  $r(t)$ 는 다음과 같다.

$$r(t) = \sum_{j=1}^K \sqrt{g_j P} e^{i\theta_j} c_j(t) + n(t), \quad (1)$$

여기서  $P$ 는 단말의 송신파워,  $c_j(t)$ 는  $j$ 번째 단말이 선택한 시퀀스,  $g_j$ 와  $\theta_j$ 는 각각  $j$ 번째 채널의 채널이득과 위상,  $n(t)$ 는 AWGN이다.

기지국에 수신된 신호  $r(t)$ 의 크기는 동시에 전송된 패킷의 수  $K$  값에 따라 변화한다. 이때,  $K$ 값이 너무 큰 경우 증폭기의 비선형성에 의해 신호의 왜곡이 발생할 수 있다. 기지국은 수신기의 안정적인 동작을 위해 AGC (Automatic Gain Control)를 사용하여  $r(t)$ 의 크기를 일정하게 유지한다.

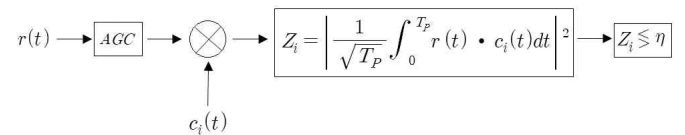


그림 1. 기지국의 수신기

그림 1은 본 논문에서 고려한 기지국의 수신기를 도시한다. 기지국은 에너지 검출값  $Z_i$ 가 임계값  $\eta$ 보다 큰 경우 단말이  $i$ 번째 랜덤액세스 패킷을 송신하였다고 판단한다. 만약 에너지 검출값  $Z_i$ 가 임계값  $\eta$ 보다 작은 경우, 기지국은 어떠한 단말도  $i$ 번째 랜덤액세스 패킷을 송신하지 않았다고 판단한다. 이때, 임계값  $\eta$ 은 오정보확률  $P_{FA}$ 에 의해 결정된다. 오정보확률  $P_{FA}$ 는 어떠한 단말도 랜덤액세스 패킷을 전송하지 않았을 때 기지국이 랜덤액세스 패킷이 전송되었다고 판단할 확률이다.

만약 두 개 이상의 단말이 같은 프리앰블 시퀀스를 선택하고 동시에 랜덤액세스 패킷을 전송하면 수신단에서 시퀀스 간 충돌이 발생한다. 본 논문에서는 시퀀스 간 충돌이 발생한 경우, 기지국이 랜덤액세스 패킷을 성공적으로 수신하지 못한다고 가정한다. 그러므로 시퀀스 간 충돌이 없고 에너지 검출기의 출력  $Z_i$ 가 임계값  $\eta$ 보다 클 때, 기지국은 랜덤액세스 패킷을 성공적으로 수신하였다고 판단한다.

### III. 결과

본 장에서는 충돌과 간섭을 동시에 고려한 임의접근 수신 성능을 시뮬레이션한다. 수신 성능의 지표로는 throughput을 고려한다. throughput은 단위 시간당 평균 동시 전송 패킷의 수가  $\lambda$ 일 때, 기지국에서 성공적으로 수신한 랜덤액세스 패킷 수의 평균으로 정의한다.

#### 1) 시뮬레이션 파라미터

시뮬레이션에서 사용된 파라미터는 표 1과 같다. 시뮬레이터에서 단말기의 수  $M$ 은 8000, 시퀀스 칩 개수  $C$ 은 839로 설정한다. 임계값  $\eta$ 는  $P_{FA} = 10^{-3}$ 을 만족하는 값으로 설정한다. 채널환경은 Rayleigh 채널을 고려한다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터

파라미터	값
$M$	8000
$C$	839
$P_{FA}$	$10^{-3}$
$N_{seq}$	64, 128, 256
Average $PT_P/N_0$ (dB)	5, 10, 15
채널 환경	Rayleigh

#### 2) 시뮬레이션 결과

그림 2은 Average  $PT_P/N_0 = 10$ (dB)일 때,  $\lambda$ 에 따른 throughput 결과를 도시한다.  $N_{seq}$ 가 64, 128, 256일 때 최대 throughput은 각각 9.1, 10.8, 11.8이다.  $\lambda$ 가 동일할 때 시퀀스 수  $N_{seq}$ 가 증가할수록 랜덤액세스의 throughput은 증가한다는 것을 확인할 수 있다.

그림 3는  $N_{seq} = 128$ 일 때,  $\lambda$ 에 따른 throughput 결과를 도시한다. Average  $PT_P/N_0$ 가 5, 10, 15일 때 최대 throughput은 각각 6.8, 10.7, 15.3이다.  $\lambda$ 가 동일할 때 Average  $PT_P/N_0$ 가 증가할수록 랜덤액세스의 throughput은 증가한다는 것을 확인할 수 있다.

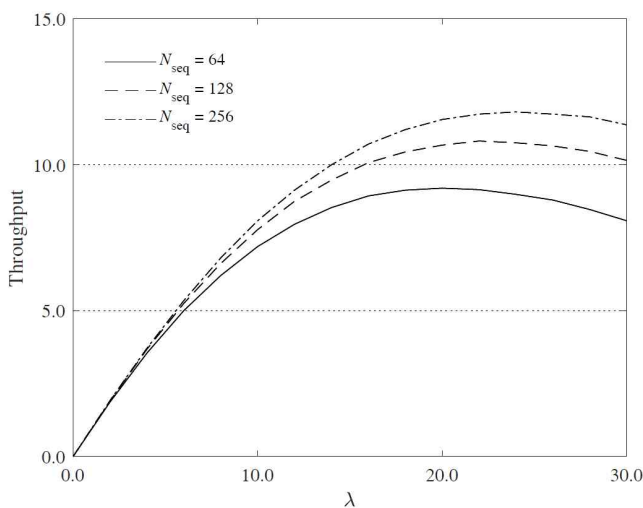


그림 2.  $\lambda$ 에 따른 throughput (Average  $PT_P/N_0 = 10$  dB).

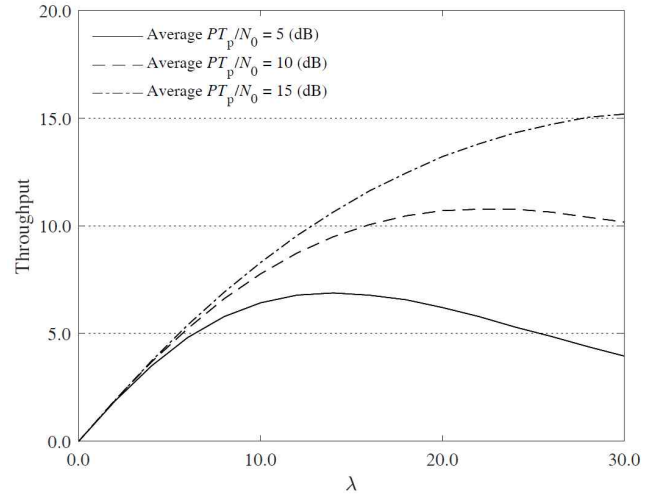


그림 3.  $\lambda$ 에 따른 throughput ( $N_{seq} = 128$ ).

### IV. 결론

본 논문에서는 패킷 간 충돌과 간섭을 동시에 고려한 랜덤액세스의 throughput을 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 결과를 통하여, 시퀀스 수와 단말의 송신 파워가 증가할수록 throughput이 증가하는 것을 확인하였다.

### ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터 육성지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2021-2017-0-01637)

### 참고 문헌

- [1] L. Tan and N. Wang, "Future internet: The internet of things," in *Proc. Int. Conf. on Adv. Comput. Theory and Eng.*, vol. 5, pp. 376-380, Aug. 2010.
- [2] M. R. Palattella et al., "Internet of Things in the 5G era: enablers, architecture, and business models," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 34, no. 3, pp. 510-527, Mar. 2016.
- [3] F. Wu et al., "An enhanced random access algorithm based on the clustering-reuse preamble allocation in NB-IoT system," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 183847-183859, Dec. 2019.
- [4] H. Choi and H. Moon, "Throughput of CDM-based random access with SINR capture," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 69, no. 12, pp. 15046-15056, Oct. 2020.
- [5] Y.-J. Choi, S. Park, and S. Bahk, "Multichannel random access in ofdma wireless networks," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 24, no. 3, pp. 603-613, Mar. 2006.