DBpia

논문 18-43-03-06 The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences '18-03 Vol.43 No.03
https://doi.org/10.7840/kics.2018.43.3.522

셀룰라 사물인터넷을 위한 비승인 기반 비직교 다중접속 기술

손 혁 민◆

Grant-Free Non-Orthogonal Multiple Access for Cellular IoT

Hyukmin Son◆

요 약

Internet of Things (IoT) 기술은 수많은 기기들의 연결을 가능하게 하는 기술로서 5세대 통신 기술 분야 중 하나로 연구되는 분야이다. 3rd Generation Partnership Project 표준단체에서는 셀룰라 IoT 를 위한 승인기반 다중접속 기술에 대한 연구가 수행되고 있다. 본 논문은 셀룰라 IoT 시스템의 용량 증대를 위한 비승인 기반 비직교 다중 접속을 위한 프레임구조를 제안하고 모의실험을 통해 성능을 분석한다.

Key Words : IoT, orthogonal multiple access, non-orthogonal multiple access, grant-free multiple access

ABSTRACT

The Internet of Things (IoT) is a promising technology to facilitate interconnection and exchange of data among a large number of devices in 5G communication systems. Grant based multiple access in Cellular IoT (CIoT) has been actively studied in 3rd Generation Partnership Project (3GPP) group. In this paper, grant-free multiple access scheme is proposed and analyzed to increase CIoT system capacity.

Ⅰ. 서 론

IoT 기술은 다양한 분야에서 다양한 응용 분야에 따른 요구사항을 가지고 있으며 그 활용도가 높은 기술이라 할 수 있다[1]. 이에 따라 다수의 기술들이 국내외적으로 개발 중이며 일부 기술들은 상용화 및 사업을 시작하고 있다. 예를 들어 Sigfox社 UNB 기술, Semtech社 LoRa 기술등이 그 대표적인 예라 할 수 있다. 뿐만 아니라 3GPP GERAN 에서 신규 표준으로서 IoT를 위한 국제 표준 기술 개발이 시작되었다[2]. GERAN의 경우 현재 CIoT 기술 표준은 완료되었으며, RAN NB-IoT는 진행 중에 있다.

3GPP GERAN group에서 제안되었던 대표적인 CIoT를 위한 직교 상향링크 전송방식들로서 EC-GSM, NB-M2M, 그리고 NB-OFDMA가 있다[3]. CIoT 기기들이 랜덤 엑세스를 위해 기지국이 할당해 놓은 주파수와 시간자원들 중에서 특정 자원을 선택하고 해당 자원을 이용하여 랜덤 엑세스 요구메세지를 전송한다. 기지국에서 랜덤 엑세스 요구메세지를 성공적으로 수신한 경우 기지국은 상향링크 스케줄링 승인을 통해 해당 기기를 위한 전용 상향 직교 자원을 할당하고, 단말을 해당 자원을 이용하여 데이터를 송신하게 된다.

반면에 랜덤 엑세스 요구메세지을 보내기 위한 자원 선택과정에서 다수의 기기가 동일한 자원을 선택하여 랜덤 엑세스 요구메세지을 전송하게 되면 해당 신호들은 충돌이 발생하게 되며, 기지국은 해당 요구신호를 수신하지 못하게 된다. 결과적으로 각 기기를 위한 상향링크 자원의 할당이 불가하게 되어 접속 실패로 이어지고, 이는 용량의 성능 열하를 발생시킨다.

이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 상향링크 자원에 대한 할당과정 없이 다수의 기기들이 다중접속를 시도할 수 있는 비승인 다중접속 방식을 제안한다. 제안 기법을 통해 시스템 용량 성능의 개선을 기대할 수 있다.

Ⅱ. 시스템 모델

비승인 기반 다중접속 방식에서는 기지국이 미리할당한 주파수 시간 자원 구간 내에서 각 기기들이 기지국의 별도의 승인 없이 데이터 패킷을 전송한다. 이 과정에서 다수의 기기가 전송하는 데이터 패킷의 충돌이 발생하지만 이를 최소화 할 수 있는 기법을 제안한다. 제안하는 비승인 다중접속동작을 위해 우선 기지국은 시스템정보를 셀 내에 방송한다. 해당 시스템

※ 이 성과는 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2017R1C1B5016402).
◆ First and CorrespondingAuthor : (ORCID:0000-0002-1677-8111)Wonkwang University Department of Electronic Engineering, hson102@wku.ac.kr, 정회원
논문번호 : KICS2018-01-007, Received January 5, 2018; Revised January 24, 2018; Accepted February 5, 2018

www.dbpia.co.kr

정보에는 비승인 다중접속을 위한 시간 주파수 자원에 대한 정보인 random access opportunity (RAO)의 정보, modulation and coding scheme (MCS) 정보인 변조, 부호율, 본딩 인수, 그리고 스프레딩 인수 들이 포함되어 있다. 각 CIoT 기기들은 해당 정보를 수신 후 데이터 패킷을 RAO 영역의 자원들을 통해 동시 전송한다.

각 기기들이 데이터 패킷 송신을 위한 프레임 구조는 그림 1과 같다. CIoT 기기들은 사전에 정의된 시퀀스들 중에서 프리앰블 시퀀스 및 그에 대응하는 스프레딩 시퀀스 선택하고 이를 이용하여 데이터를 스프레딩하여 송신한다. 기기들이 상향링크로 송신한 데이터 패킷의 기지국 도착 시점은 최대 왕복 시간과 무선 채널의 최대 지연 확산을 합한 값이 된다.

프리앰블의 기능은 상향링크 동기 및 스프레딩 시퀀스에 대한 정보를 제공하기 위해 사용되며, 데이터 안에는 비승인 접속 동작 지원을 위한 기기의 식별자 정보를 포함한다. 그림 1에서 3개의 기기가 동시에 데이터 패킷을 전송하는 구조를 나타내고 있다. 해당 신호들이 기지국에 수신되면, 프리앰블 검출을 통해 시간 지연을 측정하고, 몇 개의 기기가 동시 접속했는지를 파악한다. 이후 검출된 프리앰블 시퀀스와 대응된 스프레딩 시퀀스를 통해 데이터 디스프레딩 및 복호화를 수행한다.

이때 그림 1에서와 같이 기기 1과 2가 동일한 시퀀스를 사용하여 전송하더라도, 시간지연에 의해 두 기기를 구분할 수 있다. 프리앰블과 데이터 영역간에 중첩을 방지하기 위해 신호의 왕복 시간과 무선채널의 최대 지연 확산의 합한 지연만큼의 보호구간이 프레임 구조 안에 존재하게 된다.

이후 기지국은 각 기기에게 응답 메시지를 보내어 전송여부를 알려줄 수 있다. LTE 시스템 기준으로는 ACK/NACK의 메시지를 DCI를 통해 스케쥴링된 PDSCH를 통해 전송해 줄 수 있고, 혹은 기기의 식별자를 기반으로 PDCCH에 ACK/NACK 메시지 전송을 고려해 볼 수 있다.

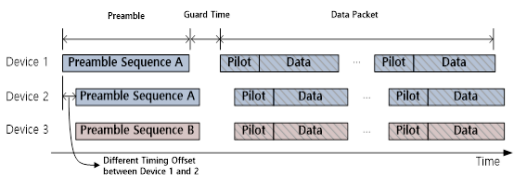

그림 1. 비승인 비직교 다중접속을 위한 프레임 구조
Fig. 1. Frame Structure of Grant-free non-orthogonal multiple Access

Ⅲ. 모의실험 결과

그림 2는 링크레벨 모의실험결과를 나타내며, 비교 시스템으로는 승인기반 다중접속 기술인 NB-M2M을 사용하였다. 모의실험에 사용된 파라미터는 표 1에 정리되어 있으며, NB-M2M의 파라미터 설정은 문서 [3]을 참조하였다. 제안하는 기법에서 프리앰블과 스프레딩 시퀀스로 각 램덤 엑세스 및 직교 시퀀스를 사용하였으며, 표 1에서의 해당 기법에 대한 파라미터들은 NB-M2M에서 사용하는 시간/주파수 자원의 양과 동일하게 맞추어 RAO를 설정하였으며, 데이터 채널의 대역폭은 3GPP GERAN의 셀룰라 IoT 표준에서 지원하는 값을 따른다. 그 외 MCS, 파일럿 오버헤드, 시퀀스의 길이 관련된 파라미터는 데이터의 복호성능이 max coupling loss (MCL) 144dB에서 BLER 기준 10% 이하가 되도록 설계한 값이다. 이때 사용된 기기들의 트래픽모델은 문서 [3]의 Annex E를 참조하였고, 트래픽의 도착 간격 시간은 24시간, 2시간, 1시간, 30분 단위의 트래픽 발생을 가정하였다. 각 도착간격 시간 별 차지하는 전체 트래픽의 비율을 40%, 40%, 15%, 5%로 하였다. 이 경우 평균 도착률은 1초당 6.81개의 기기가 된다.

본 모의 실험의 목적은 비승인 기반 비직교 다중접속 기술이 3GPP GERAN에서 제시한 시스템 및 트래픽 모델에 대하여 MCL 144 dB 기준 10% 이하의 BLER을 만족 시키는지에 대한 여부와 충돌이 많이 발생되는 환경에서 성능 이득을 줄 수 있는지에 대한 가능성을 보여주기 위함이다.

그림 2에서 보여 지듯이 가로축은 하나의 셀 섹터당 전체 기기의 숫자를 의미한다. 세로축의 경우는 시스템 용량를 의미한다. 이때 시스템 용량는 성공적으로 복호화가 수행된 기기의 수를 의미한다. MCL

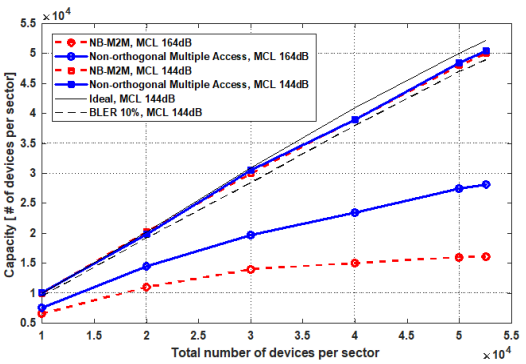

그림 2. Capacity 성능 비교 결과
Fig. 2. Performance comparison

www.dbpia.co.kr

144dB (즉, 요구된 SNR=14.3dB) 인 경우 낮은 MCS 레벨에 의한 부호화된 패킷 크기가 작아지므로, 주어진 자원영역 안에서의 충돌이 거의 발생하지 않게 된다. 또한 복호화 성능이 좋은 환경이므로 그림 2에서 MCL 144dB 인경우에 대한 NB-M2M 및 제안된 비직교 다중접속기술은 모두 전체 기기 수가 증가함에 따라 선형적으로 용량이 증가함을 보인다. 이때 전송 실패가 없는 이상적 용량 결과와 BLER 10%기준의 용량 결과와 두 기술의 성능을 비교해보면 제안된 기술 뿐 아니라 NB-M2M 모두 CIoT 트래픽 시나리오[3]에 대해 BLER 10%를 만족함을 볼 수 있다.

반면에 MCL 164dB (즉 요구된 SNR=-5.7dB)인 경우 부호화된 패킷 크기의 증가로 인해 충돌이 발생하고, 전체 기기 수가 증가하더라도 용량 성능은 선형적 증가를 하지 못하게 됨을 관찰할 수 있다. 이때 제안된 비직교 다중접속기법의 경우 서로 다른 프리앰블 시퀀스를 통한 중첩 전송을 가능하게 하고, 동일한 프리앰블 시퀀스를 사용하는 경우에도 시간지연을 기반으로 충돌이 발생한 데이터에 대한 구분이 가능하다. 따라서, NB-M2M 대비 50% 정도의 용량 이득이 나타남을 확인할 수 있다.

표 1에서 보여 지듯이 제안된 비직교 다중접속 기술의 경우 데이터 안에 기기의 식별자 등의 부가적인 정보의 포함으로 인해 데이터 전송 시 NB-M2M 대비 5byte 정보가 추가되지만 충돌이 발생한 데이터에 대한 구분에 의해 성능 이득을 확보하고, 동시에 비승인 기반의 다중접속을 가능하게 한다.

표 1. 링크 레벨 실험 파라미터
Table 1. Link level simulation parameter

Parameter	Value			
Frequency band (MHz)	900			
Antenna configuration	1T 2R			
Propagation channel model	TU			
Doppler spread (Hz)	1			
CRC (bit)	24			
FEC	Turbo code			
	NB-M2M		Non-orthogonal multiple access	
MCL (dB)	164	144	164	144
RA request size (byte)	5		N/A	
BW per Data Channel	3.75kHz	7.5 kHz	15kHz	45kHz
Preamble sequence length (# of samples)	N/A		600	
Data size (byte)	50		55	
Pilot overhead (pilot : data)	2:8		2:6	
MCS of RA request (Table 7.1.3-2 in [3])	1	6	N/A	N/A
MCS of data (Table 7.1.3-2 in [3])	2	8	5	7
Spreading sequence length	1	1	16	16
Number of RA opportunity	12	12	3	1
Total Number of Preamble Sequences	N/A	N/A	12	12

Ⅳ. 결 론

본 논문은 무선통신망에서 CIoT 기기들의 비승인 기반 비직교 다중접속 지원을 위한 프레임 구조를 제안하였다. 기존의 승인기반 직교 다중접속 기술 대비 동시 접속한 기기들에 사이의 충돌을 구분해내는 기능으로 인해 주어진 다중접속 자원 내에서 더 많은 기기들의 동시접속 지원을 가능하게 함을 시스템 용량 측면에서 모의실험을 통해 보여주었다.

제안된 기술은 기존 승인 기반의 안정적 통신 방식이 기기 수가 늘어나는 IoT 통신 환경에서 충돌로 인해 성능 열하 가능성을 시사한다. 또한, 비승인 기반 다중접속의 경우 여러 단계에 걸친 신호교환과정의 생략으로 지연 측면에서 이득을 기대할 수 있다.

References

[1] C. Pyo, H. Kang, N. Kim, and H. Bang "IoT(M2M) technology development trends," *KICS Inf. & Commun. Mag.*, vol. 30, no. 8, pp 3-10, Aug. 2013.

[2] VODAFONE Group Plc., *New Study Item on Cellular System Support for Ultra Low Complexity and Low Throughput Internet of Things*, GP-140421, GERAN#62, May 2014.

[3] 3GPP TR 45.820 v1.2.0, *Cellular System Support for Ultra Low Complexity and Low Throughput Internet of Things*, May 2015.

www.dbpia.co.kr