

D2D 통신을 위한 AMC 방식

김민석, 김영준, 나세현, 유현민, 홍인기

경희대학교

gogosing611, donjomyo, 2015104016, yhm1620, ekhong@khu.ac.kr

AMC Method for D2D Communication

Min-Seok Kim, Young-Jun Kim, Se-Hyeon Na, Hyun-Min Yoo, Een-Kee Hong

Dept. of Electronics Engineering, Kyung Hee Univ.

요약

본 논문에서는 D2D 통신과 LTE 셀룰러 통신 시스템의 성능 비교 및 적절한 MCS level 선택을 위한 시뮬레이션을 설계하고, 이에 대한 결과분석을 진행한다. 시뮬레이션은 LLS로 진행하였으며, 성능 비교의 지표는 Average Throughput과 Average Block Error Rate(BLER)로 정하였다. 채널 환경에 따라 CQI 피드백을 통해 Throughput과 BLER이 변화하였고, 이를 결과 그래프로 나타내어 비교하였다. 또한, CQI 피드백을 결정하는 과정에서의 가중치 파라미터를 달리하여 이에 따른 차이도 포함하였다. 시뮬레이션 결과를 통해 D2D 통신이 기존 LTE 셀룰러 시스템을 통한 통신보다 안정적인 BLER와 높은 Throughput을 얻을 수 있음을 확인하였다.

I. 서 론

최근 몇 년간 스마트폰 및 태블릿 기기의 급격한 보급으로 다양한 어플리케이션 서비스가 증가함에 따라 매년 이동통신 네트워크에서의 데이터 트래픽이 급격하게 증가하고 있다. 이로 인해 셀룰러 통신망의 과부하가 심해졌으며 이를 해결하기 위해, 펨토셀, WiFi 등을 통한 과부하 문제를 해결하고 있다[1]. 특히, 네트워크 인프라를 거치지 않고 단말기 간에 직접 트래픽을 주고받을 수 있는 D2D(Device-to-Device) 통신을 활용하고 있는데, 이는 LTE에서 5세대(5G) 통신으로 넘어오면서 모바일 네트워크의 광대역 기능을 확장할 뿐만 아니라 제조, 자동차 및 농업 부문과 같은 광범위한 수직 산업에 첨단 무선 연결을 제공하고 있다. 이처럼 D2D 통신은 범위가 사람에서 사물로 확대되고 있으며 향상된 모바일 광대역(eMBB), 대규모 기계식 통신(mMTC), 초저지연 고신뢰 통신(URLLC)의 통신 유형 지원을 위해 개발 및 상용화되고 있다.

본 논문에서는 기존 셀룰러 네트워크와 D2D의 성능 비교를 위한 시뮬레이션의 알고리즘과 파라미터에 대해 간략히 논한 후, 기존 LTE 셀룰러 통신과 D2D 통신의 LLS 결과를 비교 분석한다. 끝으로 그에 따른 결론을 맺는다.

II. 본 론

기존 기지국을 통하는 셀룰러 네트워크 통신 방식과 기지국을 거치지 않고 단말기 간 직접 통신을 하는 D2D 통신의 전송 속도와 신뢰성 확인을 위한 시뮬레이션을 설계하였다. 시뮬레이션 결과를 통해 기존 셀룰러 통신과 D2D 통신을 설정된 시간 동안 통신 후, BLER(Block Error Rate)과 Throughput 비교하고자 한다.

실제 통신 환경에서는 Random noise와 Fading이 발생하는데, 이는 계절이나 건물 구조 등 여러 요인에 따라 불규칙하게 발생하게 된다. 따라서 시뮬레이션에서는 이를 고려하여 통신 환경이 TU(Type Urban)으로 맞추어진 Fading model을 적용하고, Room Temperature(290K) 환경에서의

Gaussian Noise(-174dBm/Hz)를 적용하였다. Fading의 경우, Rayleigh 분포를 따르는 랜덤 값을 구현해 낼 수 없는 프로그램 특성상, AWGN과 같은 분포를 사용하고, 이를 보정해주는 EESM(Exponential Effective SNR Mapping)방법을 사용하여 보정 값(beta)을 계산하여 적용하는 방식을 사용하였다[2]-[3].

기지국은 reference signal을 UE에 전송하고 UE는 다운링크 데이터 속도의 지표로서, 그리고 target BLER을 만족시키기 위해서 Channel Quality Indicator(CQI)를 피드백 해준다. 기지국은 피드백 받은 CQI를 기반으로 적절한 변조 및 코딩 방식(MCS)을 [표 1]에서와 같이 table에 기반하여 선택하고, 그에 맞는 Transport Block Size(TBS)를 결정한다.

CQI	Modulation Order	Code rate (x 1024)	MCS	TBS
0	out of range*			
1	QPSK	78	0	88
2	QPSK	120	0	88
3	QPSK	193	2	176
4	QPSK	308	4	256
5	QPSK	449	7	472
6	QPSK	602	8	536
7	16QAM	378	11	776
8	16QAM	490	13	1000
9	16QAM	616	16	1288
10	64QAM	466	18	1544
11	64QAM	567	21	1992
12	64QAM	666	23	2280
13	64QAM	772	25	2536
14	64QAM	873	27	2664
15	64QAM	948	28	2856

[표 1] CQI and MCS mapping table

본 논문에서는 CQI 보고 주기 외에도 ACK/NACK를 고려하여 Adaptive하게 MCS를 선택하는 방식의 알고리즘을 적용하였고 MCS를 결정하는 데 'mcs up'이라는 가중치 변수를 도입하여 MCS level의 up/down이 이루

어지는 폭을 조절하였다. 이 가중치 값이 크다면 보고되는 ACK/NACK에 의한 MCS level up/down 반영이 큰 값으로 일어나 빠르게 MCS level이 조정된다. MCS level은 정수값이고, ACK/NACK에 의해 MCS level이 무리하게 자주 바뀌는 것은 좋은 피드백 시스템이 아니기 때문에 'mcs up' 가중치는 1보다 작은 소수 값으로 설정하였고, ACK/NACK 피드백이 적용되어도 MCS level은 가장 가까운 정수로 반올림되는 방식을 선택하였다.

시뮬레이션은 LLS(Link Level Simulation)로, 하나의 단말과 하나의 기지국 통신을 기준으로 진행하였다. 이는 여러 단말과 기지국이 복합적으로 작용하는 SLS(System Level Simulation) 대비 단말 간의 간섭 등 여러 고려사항이 제외되었으나 D2D와 셀룰러 통신 방식의 성능의 차이를 확인하는 본 논문의 목적을 달성하기에 충분할 것으로 판단하여 비교적 단순한 방식인 LLS 방식을 사용하였다. 주요 시뮬레이션 파라미터를 [표 2]에 제시하였다.

Parameter	Value
Cell radius	500m
Communication Type	TU (Type Urban)
Velocity	3km/h
Frame Structure	Type 2 (TDD)
TTI	1ms (11 OFDM data symbols plus 3 control symbols)
Cyclic prefix/Useful signal frame length	16.67μs / 66.67μs
TDD configuration	1
Carrier Frequency	2.5GHz
eNodeB Tx power	46dBm
D2D node Tx power	23dBm
Noise power	-174 dBm/Hz
Path loss (cell link)	128.1 + 37.6 log(d), d[km]
Path loss (D2D link, NLOS)	40 log(d) + 30 log(f) + 49, d[km], f[Hz]
Path loss (D2D link, LOS)	16.9 log(d) + 20 log (f/5) + 46.8, d[m], f[GHz]
Shadowing standard deviation	10 dB (cell mode), 12 dB (D2D mode)
RB size	12 sub-carriers, 0.5ms
Band Width	20MHz
Sub-carrier spacing	15kHz
BLER target	10%

[표 2] Simulation Parameter

III. 시뮬레이션 결과

시뮬레이션에서는 D2D 통신과 Cellular 통신의 Throughput과 BLER을 비교할 것이며, Cellular 통신의 경우에는 성능 비교를 위해 다음과 같이 2 가지 경우로 나누었다.

- 'Conventional' : Cellular 통신 시나리오에서, CQI 보고를 반영하여 MCS level을 결정하는 순간에 가중치 파라미터가(mcs_up) 개입하지 않는 일반적인 경우로, 'mcs_up' 가중치가 0의 값이다.
- 'MCS up=0.1' : Cellular 통신 시나리오에서, CQI 보고를 반영하여 MCS level을 결정하는 순간에 가중치 파라미터가(mcs_up)가 0.1의 값으로 개입하는 경우

따라서 최종적으로 Cellular 통신 시나리오 2가지, D2D 통신 시나리오 1 가지에 대하여 Simulation을 수행하였다.

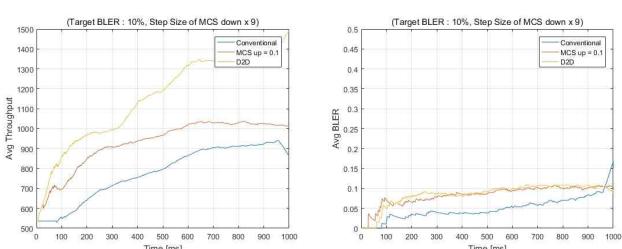
[그림 1]는 시뮬레이션에 대한 결과 그래프이다. 결과를 살펴보면 Conventional 모드의 경우, CQI feedback을 통한 MCS level setting 반영 과정이 크게 이루어지지 않는다. 따라서 target BLER(=0.1)보다 낮게 나오는 경우에도 MCS level의 상향 가중치가 크지 않아 실제 전송 데이터의 양을 늘리지 않게 되고 이에 따른 Throughput 또한 가장 낮게 나오는 것을 확인할 수 있다. BLER 역시 target BLER에 근접하지 못하고 있으며, 예외가 발생한 경우에도 MCS level의 하향 조정이 크게 이루어지지 않아 이후 계속해서 예외율이 증가하는 모습을 볼 수 있다. 또한, 이에 따라 Throughput 수치가 낮아지는 것을 확인할 수 있다. MCS up = 0.1의 경우, Conventional 모드 대비 CQI의 피드백 값을 높은 가중치로 반영하여 MCS level의 조정이 비교적 크게 이루어진다. 따라서 target BLER에 근접하도록 조절하게 되며, Throughput이 Conventional 모드 대비 높은 것을 확인할 수 있다. D2D 모드 역시 target BLER에 맞게 조절하면서, Conventional 모드 대비 높은 Throughput을 보여주고 있다. 또한 D2D 모드의 경우, D2D 통신의 특성으로 인해 계산되는 Es/No가 크므로 BLER이 낮아지고, 이는 CQI 피드백을 통해 높은 MCS level을 사용하게 된다. 따라서 Throughput이 MCS up = 0.1인 경우보다 높아지는 것을 확인할 수 있다. 정리하면, Average Throughput은 D2D > MCS up 0.1 > Conventional이고, Target BLER에 대한 안정성은 D2D = MCS up 0.1 > Conventional이다.

IV. 결 론

본 논문에서는 셀룰러 네트워크망만을 이용하는 통신과 D2D 통신의 성능 비교를 적절한 MCS level 선택을 위한 시뮬레이션을 진행하여 분석하였다. 이를 통해 D2D의 통신의 비교적 높은 안정성과 전송률을 확인할 수 있으며, 이는 D2D 통신의 중요성을 다시 한 번 확인할 수 있는 결과라고 할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] G. Araniti, A. Raschella, A. Orsino, L. Militano and M. Condoluci, 「Device-to-Device Communications over 5G Systems: Standardization, Challenges and Open Issues」, 2009.
- [2] Romeo Giuliano and Franco Mazzenga, "Exponential Effective SINR Approximations for OFDM/OFDMA-Based Cellular System Planning," IEEE TRANSACTIONS ON WIRELESS COMMUNICATIONS, vol. 8, no. 9, Sep 2009, pp. 4434-4439
- [3] E. Tuomaala and H. Wang, "Effective SINR approach of link to system mapping in OFDM/multi-carrier mobile network," in Proc. IEEE Int. Conf. Mobile Tech., Appl. Sys., Gaungzhou, China, Nov. 2005, 5p



[그림 1] 통신 유형별 Throughput 및 BLER 그래프