

TTA Technical Report

기술보고서

TTAR-06.xxxx

제정일: 2019년 xx월 xx일

이동통신(3GPP) 기반 무인 비행체를
지원하기 위한 무선 접속 기술 분석
(기술보고서)

Analysis of wireless access technologies to
support 3GPP based unmanned aerial vehicle
(Technical Report)



한국정보통신기술협회
Telecommunications Technology Association

기술보고서 초안 검토 위원회 5G 버티컬 서비스 프레임워크 프로젝트그룹
 (SPG35)
 기술보고서안 심의 위원회 5G특별기술위원회(STC3)

	성명	소속	직위	위원회 및 직위	기술보고서번호
기술보고서(과제) 제안	안재현	인터디지털	선임	위원	TTAR.06-xxxx
	오충근	TTA	책임	간사	
기술보고서 초안 작성자	안재현	인터디지털	선임	위원	
	오충근	TTA	책임	간사	
	임병근	인터디지털/ 사회안전시 스템포럼	소장/ 위원	위원	
사무국 담당	오충근	TTA	책임	간사	

본 문서에 대한 저작권은 TTA에 있으며, TTA와 사전 협의 없이 이 문서의 전체 또는 일부를 상업적 목적으로 복제 또는 배포해서는 안 됩니다.

본 기술보고서 발간 이전에 접수된 지식재산권 요약서 정보는 본 기술보고서의 '부록(지식재산권 요약서 정보)'에 명시하고 있으며, 이후 접수된 지식재산권 요약서는 TTA 웹사이트에서 확인할 수 있습니다.

본 기술보고서와 관련하여 접수된 요약서 외의 지식재산권이 존재할 수 있습니다.

발행인 : 한국정보통신기술협회 회장

발행처 : 한국정보통신기술협회

13591, 경기도 성남시 분당구 분당로 47

Tel : 031-724-0114, Fax : 031-724-0109

발행일 : 2019.11

서 문

1 기술보고서의 목적

3GPP는 Rel. 15 표준부터 무인 비행체 서비스를 위한 통신 기술을 개발하여 규격화하고 있다. 본 기술보고서의 목적은 3GPP에서 정의하고 있는 무인 비행체(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)를 운영하기 위해 필요한 이동통신 기술을 분석하고 이를 토대로 성능 향상이 가능한 기술들을 서술하는데 있다.

2 주요 내용 요약

본 기술보고서는 무인 비행체를 위한 3GPP Rel. 15 무선 접속 기술 (Radio Access Technology) 분석 결과를 기술한다. 5장에서는 무인 비행체 이동통신에서 발생하는 다양한 문제점들(간섭, 이동성, 비행체 식별)을 기술한다. 6장에서는 5장에서 제시된 문제점들을 해결하기 위해 분석 결과를 통한 가능한 해결책들을 제시한다.

3 인용 기술보고서와의 비교

3.1 인용 기술보고서와의 관련성

이 기술보고서는 3GPP TR 36.777 v15.0.0을 일부 인용하여 작성하였다.

3.2 인용 표준과 본 기술보고서의 비교표

TTAR-06.xxxx	3GPP RP-172826	비고
1. 적용 범위	3. Justification 4. Objective	일부 참조
2. 인용 표준	-	신규
TTAR-06.xxxx	3GPP TR 36.777 v15.0.0	비고
3. 용어 정의	-	해당사항 없음
4. 약어	-	신규
5. 무인 비행체 이동 통신 문제 정의	6. Identified problem	동일(번역)
5.4 비행 단말의 이동성 성능 문제	※ 3GPP TR 36.777을 개발하기 위한 Study Item Description(SID) 내용 일부 발췌	신규
6. 무인 비행체를 지원하기 위한 가능한 기술 향상 방안	7. Potential enhancements for supporting aerial vehicles	동일(번역)
7. 요약	8. Conclusions	동일(번역)

Preface

1 Purpose

3GPP has been developing specifications for UAV (Unmanned Aerial Vehicle) from Rel. 15. The purpose of this technical report is to describe the analysis of mobile communication technologies to support UAV in 3GPP. Based on this analysis, some improved technologies have been described in this technical report.

2 Summary

In Chapter 5, the UAV mobile communication problems are identified. In Chapter 6, it is suggested for possible solutions to resolve problems which were in Chapter 5 based on analysis results.

3 Relationship to Reference Standards

The report is based on 3GPP TR 36.777 v15.0.0.

목 차

1	적용 범위	1
2	인용 표준	1
3	용어 정의	1
4	약어	1
5	무인 이동체 이동 통신 문제 정의	2
5.1	무인 비행체 통신에서 발생하는 간섭 문제 개괄	2
5.2	무인 비행체로의 하향 링크 간섭 문제	3
5.3	무인 비행체로의 상향 링크 간섭 문제	3
5.4	비행 단말의 이동성 성능 문제	3
6	무인 비행체를 지원하기 위한 가능한 기술 향상 방안	4
6.1	간섭 검출을 위한 가능한 개선 방안	4
6.2	하향 링크 간섭 제거를 위한 가능한 개선 방안	5
6.3	상향 링크 간섭 제거를 위한 가능한 개선 방안	8
6.4	이동성 성능을 위한 가능한 개선 방안	10
6.5	비행체 식별을 위한 가능한 개선 방안	11
7	요약	12
부록 I -1	이동통신(3GPP) 기반 무인 비행체 지원 관련 기술 평가 결과	16
부록 II -1	지식재산권 요약서 정보	40
II -2	시험인증 관련 사항	41
II -3	본 기술보고서의 연계(family) 기술보고서	42
II -4	참고 문헌	43
II -5	영문기술보고서 해설서	44
II -6	기술보고서의 이력	45

이동통신(3GPP) 기반 무인 비행체를 지원하기 위한 무선 접속 기술 분석 (기술보고서)

Analysis of wireless access technologies to support 3GPP based unmanned aerial vehicle (Technical Report)

1 적용 범위

본 기술보고서는 무인 비행체를 지상 이동통신망(Terrestrial Cellular Network)에서 지원하기 위한 무선 접속 기술(Radio Access Technology)의 분석 결과를 기술하고 있다. 3GPP는 무선 지상 LTE 네트워크(Terrestrial LTE Network)에 의한 지원을 연구하여 TR 36.777로 제정하고, 이를 기반으로 LTE 개선 기술들을 Release 15 규격에 고안하여 신규 제정하였다. 본 기술보고서는 TR 36.777을 기반으로 작성되었으며, 무인 비행체 지원에서 문제시 될 것으로 보이는 간섭 문제와 이동성 문제의 해결 방안으로 적용할 수 있다.

2 인용 표준

3GPP TR 36.777 v15.0.0 Study on Enhanced LTE Support for Aerial Vehicles (Release 15)

3 용어 정의

해당사항 없음

4 약어

UAV	Unmanned Aerial Vehicle
SINR	Signal to Interference and Noise Ratio
RSRP	Reference Signal Received Power
FDD	Frequency Division Duplex
RSSI	Received Signal Strength Indicator
IoT	Interference over Thermal
PUSCH	Physical Uplink Shared Channel
PRACH	Physical Random Access Channel
CSI-RSRP	Channel State Information Reference Signal Received Power
RSRQ	Reference Signal Received Quality

PRB	Physical Resource Block
SRS	Sounding Reference Signal
RS-SINR	Reference Signal Signal to Interference and Noise Ratio
CSI	Channel State Information
FD-MIMO	Full Dimension Multiple Input and Multiple Output
AGL	Above Ground Level
PBCH	Physical Broadcast Channel
MME	Mobility Management Entity

5 무인 비행체의 이동통신 적용시 문제점

5.1 무인 비행체의 이동통신에서 발생하는 간섭 문제 개괄

무인 비행체를 포함한 통신 시나리오에서 상향 링크/하향 링크 간섭 이슈와 관련하여 다음과 같은 이슈가 있다.

- 1) 하향 링크 상황에서, 좋지 않은 통신 상태(즉, 낮은 SINR)를 가지는 비행 단말의 비중이 지상 단말에 비해 상당히 높다. 그 이유는 비행 단말은 가시 전파 확률 (Line-of-sight propagation probability)이 높으므로 일반적인 지상 단말보다 더 많은 수의 셀 (Cell) 들로부터의 간섭을 받게 되기 때문이다. 예를 들면, 부록 I-1 B.2 에서 제시된 RSRP 통계치는 50m 상공에 있는 비행 단말은 대략 16 개의 강한 간섭 셀들에 의해서 영향을 받는 것을 볼 수 있다.
- 2) 만약 기지국의 안테나가 하향으로 기울어진 형태라면, 기지국 안테나의 조준점 (Boresight) 위에 위치하는 비행 단말은 기지국의 사이드 로브 (Side lobe)에 의해 서비스를 받게 된다. 사이드 로브의 널 (Null) 포인트의 가능성 때문에, 비행 단말은 지리적인 위치가 가까운 기지국이 아닌 멀리 떨어진 기지국으로부터 더욱 강한 신호를 받을 수 있다. 따라서, 비행 단말은 지리적으로 가장 가까운 기지국이 아니고 멀리 떨어진 기지국으로부터 서비스를 받을 수 있다. 또한, 상향 링크와 하향 링크의 전파 경로 손실의 상호성 (Reciprocity) 이 유지 되지 않을 수도 있다. 예를 들면, 안테나 사이드 로브의 형상이 서로 다르거나 FDD 기반 운용에서 상향 링크와 하향 링크의 채널 특성이 다른 경우에 해당 현상이 발생할 수 있다.
- 3) 현재의 LTE 표준이 정의하고 있는 측정 보고 (Measurement report)는 보고할 수 있는 셀 개수의 한계 때문에 심대하게 간섭을 받고 있는 모든 셀들에 대한 측정 결과를 포함할 수는 없다. 기지국의 전송 전력을 고려하지 않는 RSRP를 이용한 측정 결과들을 가지고 비행 단말이 등급을 매길 때, 비행 단말들은 간섭과 상관없이 RSRP가 높은 기지국들만 보고하기 때문이다.
- 4) 비행 단말들은 지상 단말과는 다른 성질의 RSRP와 RSSI 값을 가진다.

5.2 무인 비행체로의 하향 링크 간섭 문제

시뮬레이션 결과 (부록 I-1, B.2) 를 바탕으로 비행 단말들의 통신 신호 성능 지표 (Five percentile downlink geometry¹⁾)가 지상 단말들에 비해 좋지 않음을 볼 수 있다. 비행 단말은 지상 단말보다 가시 전파 환경에 놓인 셀들이 더 많으므로 결과적으로 더 많은 셀들로부터 간섭을 겪게 된다. 따라서, 비행 단말들은 지상 단말들보다 통계적으로 나쁜 신호 성능 지표를 갖는다.

비행 단말이 다수의 셀로부터 겪게 되는 간섭 문제로 인하여, 비행 단말들의 비중이 높아지면 하나의 셀에서 같은 데이터 트래픽을 제공하기 위해 요구되는 자원 사용 정도 (Resource utilization level) 또한 높아진다. 자원 사용 정도의 증가는 해당 네트워크의 주파수 효율 (Spectral efficiency)을 낮추어, 비행 단말들뿐만 아니라 지상 단말의 하향 링크 수율 성능 (Downlink throughput performance)을 떨어뜨리는 결과를 초래한다. 해당 현상은 트래픽 과부하 상태에서 더욱 문제가 되며, 지상 단말보다는 비행 단말의 하향 링크 전송률 성능의 저하가 더욱 심각한 것을 시뮬레이션 결과 (부록 I-1 C.1) 를 통해 볼 수 있다.

5.3 무인 비행체로부터의 상향 링크 간섭 문제

시뮬레이션 결과를 바탕으로 비행 단말의 등장은 비행 단말뿐만 아니라 지상 단말의 상향 링크 IoT 값의 증가를 가져오는 것을 볼 수 있다. 비행 단말은 지상 단말보다 가시 전파 환경에 놓인 셀들을 더욱 많이 가지게 되어 더욱 많은 셀들이 비행 단말로부터 심각한 상향 링크 간섭을 경험하게 된다. 이처럼, 비행 단말이 더욱 많은 셀들의 상향 링크 간섭을 야기하는 현상에 연유하여 비행 단말의 증가는 시스템의 상향 링크 IoT의 증가를 가져온다.

비행 단말에 의한 상향 링크 간섭 문제로 인해, 비행 단말들의 비중이 높아지면 하나의 셀에서 같은 데이터 트래픽을 제공하기 위해 요구되는 자원 사용 정도 또한 높아진다. 자원 사용 정도의 증가는 해당 네트워크의 주파수 효율 (Spectral efficiency)을 낮추어, 비행 단말들 뿐만 아니라 지상 단말의 상향 링크 전송률 성능 (Uplink throughput performance)을 떨어뜨린다. 해당 현상은 트래픽 과부하 상태에서 더욱 문제가 되며, 지상 단말보다는 비행 단말의 상향 링크 전송률 성능의 저하가 더욱 심각한 것을 시뮬레이션 결과 (부록 I-1 C.2) 를 통해 볼 수 있다.

상향 링크 간섭의 증가는 PUSCH 외 다른 상향 링크 채널의 성능 저하 또한 초래한다. PRACH 자원 상의 강한 간섭이 있는 상황에서는 PRACH 감지 성공률이 저하되며 전력 증감 (Power ramping) 과정에서 최대 전송 전력의 의한 전송을 야기하게 된다. 해당 문

1) 통계적으로 5%의 좋지 않은 SINR 값의 대표값

제는 임의의 기지국에서 전반적으로 강한 상향 링크 전송 전력을 겪게 만들 것이다.

5.4 비행 단말의 이동성 성능 문제

시뮬레이션과 필드 테스트 결과를 보면, 비행 단말의 이동성 성능 (예를 들면, 핸드오버 실패, RLF, 핸드오버 지연 등) 이 지상 단말보다 열악함을 볼 수 있다. 교외 지역 네트워크 (rural area network) 환경에서의 이동성 성능이 도심 네트워크 (urban are network) 환경에서 보다 양호함을 볼 수 있다. 시뮬레이션과 필드 테스트 결과는 TR 36.777를 참조하면 된다 [1].

6 무인 비행체를 지원하기 위한 가능한 기술 향상 방안

6.1 간섭 검출을 위한 가능한 개선 방안 (Potential enhancements for interference detection)

6.1.1 개괄

본 절에서는 간섭 검출 (Interference detection)을 위한 가능한 방안들을 제시하고 있다. 제시되는 방안들은 과도한 간섭을 야기하는 가능한 비행 단말들 검출한다. 해당 비행 단말들은 비행 목적으로 인증되지 않은 단말뿐만 아니라 Rel. 15 무인 비행체 기능 (UAV functions)을 탑재하지 않은 단말도 포함한다.

6.1.2 단말 기반 해결안 (UE-based solutions)

하향 링크 간섭 검출은 단말에 의해서 보고된 측정물들을 기반으로 수행된다. 상향링크 간섭 검출은 단말에 의해서 보고된 측정물들을 기반으로 한 추정치 혹은 기지국에서 측정된 결과물들을 기반으로 수행된다. 상향 링크 간섭 검출의 추정치를 산출하기 위해 사용될 수 있는 측정물로는 RSRP, CSI-RSRP, RSRQ, 전력 잉여치 (power headroom), 최대 반송 전력, 사용된 PRB 정보 등일 수 있다.

현존하는 측정 보고 기작은 간섭 검출을 가능하기 위해 향상될 수 있다. 예를 들면, 새로운 측정 보고 이벤트를 정의하거나, 트리거링 조건 (triggering condition)을 향상시키거나, 보고 메시지에 좀 더 많은 측정 결과를 포함할 수 있다.

그 외의 단말 기반의 정보로는 이동 궤적 보고 (mobility history report), 속도 추정치, 시각 전진 값 (timing advance adjustment values), 위치 정보 등이 네트워크가 간섭을 검출하는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

6.1.3 네트워크 기반 해결안 (Network-based solutions)

비행 단말에 의해 상향 링크에 생성된 간섭을 검출하거나 인식하기 위해서 기지국간 정보들이 교환될 수도 있다. 기지국 간 교환 정보의 예는 다음과 같다.

- 비행 단말의 상향 링크 스케줄링 정보 혹은 상향 링크 참조 신호 (예를 들면, SRS) 설정 정보
- 표적이 되는 이웃 기지국 (Target neighbor eNB)의 하향 링크 전송 전력. 서빙 기지국 (Serving eNB)은 특정 이웃 기지국과 비행 단말 간의 상향 링크 경로 손실치와 단말의 전송 파워 간의 차이를 추정하기 위해 해당 값을 사용할 수 있다.
- 단말에서 측정되어 보고된 값들, 예를 들면 RSRP, CSI-RSRP, RSRQ, RS-SINR, CSI. 상기 정보의 교환은 백홀 (Backhaul) 의 종류와 다수의 기지국 간의 정보 교환 가능 여부에 따라 가능 여부가 정해진다.

6.2 하향 링크 간섭 경감을 위한 가능한 개선 방안 (Potential enhancements for downlink interference mitigation)

6.2.1 개괄

본 절에서는 하향 링크 간섭 경감을 위한 가능한 방안들을 제시하고 있다. 시뮬레이션 결과들은 부록 I-1 D에 제시되어 있다.

6.2.2 전차원 MIMO (FD-MIMO)

본 해결 방안에서는, 비행 단말로의 하향 링크 간섭을 경감하기 위해 기지국 전송단의 다중 안테나에 의한 전차원 MIMO 기술을 사용한다. 전차원 MIMO는 LTE Rel. 13에서부터 지원되기 때문에 별도의 표준의 개선을 필요로 하지 않는다.

시뮬레이션 결과는 (부록 I-1 D.1)에서 다루고 있다. 결과로부터 비행 단말의 비중이 0%에서 50%로 증가할 때, 전차원 MIMO는 지상 단말 패킷 수율 평균치 손실을 6% 아래로 방지하고 있는 것을 볼 수 있다. 전차원 MIMO가 사용되지 않을 때, 해당 지상 단말 패킷 수율 평균치는 23%이다. 또한, 셀 당 6.8Mbps 트래픽이 제고될 시, 전차원 MIMO는 셀 변두리에 해당하는 비행 단말 (five percental aerial UE)이 9.54Mbps의 수율을 가질 수 있다. 해당 실험은 case 5로서 비행 단말의 비중은 50%이다.

6.2.3 단말의 지향성 안테나 (Directional antenna at aerial UEs)

본 해결 방안에서 비행 단말들은 비지향성 안테나 (Omnidirectional antenna) 대신에 지향성 안테나 (Directional antenna) 를 장착하고 있는 것을 가정한다. 지향성 안테나는 너른 영역에서 들어오는 간섭 전력을 줄여 비행 단말로의 하향 링크에서 발생하는 간섭의 영향을 줄여줄 수 있다. 비행 단말과 서빙 기지국 (Serving eNB) 사이에 가시선 (Line of sight, LOS) 방향을 추적하기 위한 다음과 같은 종류의 역량들 (Capability) 이

고려된다:

- 1) 이동 방향 (Direction of Travel, DoT): 비행단말은 서빙 셀 (Serving cell) 의 가시선 방향을 알지 못한다. 비행 단말의 안테나는 이동 방향 (DoT) 으로 지향한다.
- 2) 이상적 가시선 추적 (Ideal LOS): 비행 단말은 완벽히 서빙 셀의 가시선 방향을 알고 서빙 셀의 방향으로 안테나를 지향한다.
- 3) 비이상적 가시선 추적 (Non-ideal LOS): 비행 단말은 서빙 셀의 가시선 방향을 추적한다. 하지만 현실적인 제약 요건으로 인하여 추적 상에 오류가 발생하게 된다.

비행 단말에서의 지향성 안테나의 사용은 구현 이슈이며, 표준 상에서의 개선은 필요하지 않다. 본 해결 방안의 시뮬레이션 결과는 (부록 I-1 D.2)에서 볼 수 있다. 65도 빔폭을 가지는 지향성 안테나를 가정하고, 비이상적 가시선 추적을 가정했을 때, 비행 단말의 비중이 0%에서 50%로 증가함에 따라 높은 트래픽 상황에서 지상 단말의 평균 패킷 수율에 9% 정도의 손실이 발생하는 것을 볼 수 있다. 비행 단말에 비지향성 안테나를 적용할 경우, 동일한 환경에서 지상 단말의 평균 패킷 수율에는 49% 정도의 손실이 발생하는 것을 볼 수 있다. 또한, 지향성 안테나를 가정할 때, 비행 단말에서의 평균 패킷 수율은 대략 62% 정도 향상되는 것을 볼 수 있다. 또한, 비행 단말의 성능은 LOS 추적에 관한 역량에 따라서 달라지는 것을 평가 결과를 통해 볼 수 있다.

6.2.4 단말의 수신단 빔형성 (Receive beamforming at aerial UEs)

본 해결 방안에서는, 비행 단말이 하향 링크의 간섭을 저감하기 위해 두 개 이상의 수신 안테나를 장착한다. 하향 링크 간섭 경감은 비행 단말에서 수신단 빔형성 (receive beamforming) 을 수행함으로써 얻을 수 있다. 수신단 빔형성은 비행 단말에서의 구현 이슈이므로 표준 상에서의 개선은 필요없다.

해당 방안의 평가 결과는 (부록 I-1 D.3)에서 볼 수 있다. 8개의 수신 안테나를 통한 수신단 빔형성을 가정했을 때, 비행 단말의 비중이 0%에서 50%로 증가함에 따라 낮은 트래픽 상황에서 모든 단말의 평균 패킷 수율에 7.3% 정도의 이득이 발생하는 것을 볼 수 있다. 비행 단말의 비중을 50%로 고정시킨 경우, 8개의 수신 안테나를 통한 수신단 빔형성을 가정한 비행 단말의 평균 패킷 수율이 2개의 수신 안테나를 가정한 경우보다 낮은 트래픽 상황에서 27.5% 이득을 가진다.

6.2.5 사이트 내 동시 전송 협력 다중 포인트 (Intra-site JT CoMP)

본 해결 방안에서는, 동일한 사이트(Site)에 속한 다수의 셀들이 조정되어서 (coordinated) 데이터가 단말들에 동시 전송된다 (jointly transmitted). 사이트 내 동시 전송 협력 다중 포인트 (Intra-site joint coordinate multi-point) 기법은 LTE 표준에서 이미 제공되기 때문에 표준의 개선은 필요없다.

본 해결 방안의 평가 결과는 부록 I-1 D.4에서 볼 수 있다. 비행 단말의 비중이 0%에서 50%로 증가함에 따라 비행 단말의 50%에 Intra-site JT CoMP를 적용했을 때, 낮은 트래픽 상황에서 모든 단말의 평균 패킷 수율은 33.4% 정도의 이득이 발생하는 것을 볼 수 있다. 비행 단말의 비중을 50%로 고정시킨 경우, Intra-site JT CoMP를 적용하면 모든 단말의 평균 패킷 수율은 낮은 트래픽 상황에서 적용하지 않았을 때 대비 58.5% 정도의 이득을 가진다.

6.2.6 커버리지 확장 (Coverage Extension)

본 해결 방안에서는, 비행 단말의 동기화 (synchronization) 와 초기 접속 (Initial access) 의 성능을 향상시키기 위하여, LTE Rel-13의 커버리지 확장 기술을 사용한다. 커버리지 확장 방안은 이미 Rel-13에서 제공되기 때문에, 표준의 개선은 필요 없다.

본 해결 방안의 평가 결과는 부록 I-1 D.5에서 볼 수 있다. 기본 평가 조건 내에서는 비행 단말의 대부분이 동기화와 초기 접속 과정 중에서 커버리지 내에 없다. LTE Rel-13의 커버리지 확장 기술을 적용하면, 비행 단말들은 100%의 동기화와 초기 접속 성공률을 가진다.

6.2.7 협의된 데이터와 제어 전송 (Coordinated data and control transmission)

본 해결 방안에서는, 같은 혹은 다른 사이트에 속한 다수의 셀들이 조정된다. 데이터 및 공통 시그널 (예를 들면, 동기화 신호, PBCH), 제어 채널들이 협력적으로 (Jointly) 전송될 수 있다. 협의된 (coordinated) 셀들은 비행 단말들을 위해서 좀 더 넓은 크기의 셀을 서비스할 수 있다. 동시에, 협의 되지 않은 셀들은 지상 단말들에게 서비스될 것이다. 협의된 셀들의 특정 하향 링크 자원은 협의된 PDSCH 전송을 위하여 쓰인다.

본 해결 방안은 표준 상의 개선을 필요로 할 수 있다. 협의된 전송을 위해 쓰이게 될 특정 자원을 지칭하는 시그널링, 협의 셀 선택/재선택 (selection/re-selection) 과정 및 획득 (acquisition) 과정, 협의 셀 ID에 관한 시스널링 등이 필요하다. 단말에서의 측정 (measurement) 관련한 역량과 복잡도 (capability and complexity)가 증가한다. 같은 혹은 다른 사이트에 속한 다수의 셀들 간의 협의를 위한 X2 시그널링에 대한 개선을 필요로 할 수 있다.

본 해결 방안의 평가 결과는 부록 I-1 D.6에서 볼 수 있다. 95.4% 자원 사용 상황에서, 셀 변두리 단말 (five percentile UEs)들에 대해, 비행 단말들의 수율은 데이터만 협의될 경우 15.4%, 데이터와 제어가 모두 협의될 경우 42.3%의 향상되는 것을 볼 수 있다. 해당 과정에서 지상 단말들의 수율은 각각 1.1%, 8.5%의 감소되는 영향만을 볼 수 있다.

6.3 상향 링크 간섭 경감을 위한 가능한 개선 방안 (Potential enhancements for uplink interference mitigation)

6.3.1 개괄

본 절에서는 상향 링크 간섭 경감을 위한 가능한 개선 방안들을 제시하고 있다. 해당 시뮬레이션 결과는 부록 I-1 E에서 제공된다.

6.3.2 전력 제어 기반 방안

6.3.2.1 단말 전용 부분 경로 손실 보완 인수 (UE specific fractional pathloss compensation factor)

본 해결 방안에서는, 단말 전용 부분 경로 손실 보완 인수를 가지고 개루프 전력 제어 (Open loop power control)를 개선하고 있다. 단말 전용 부분 경로 손실 보완 인수를 통하면, 지상 단말 대비 비행 단말의 경로 손실 보완 인수를 다르게 설정할 수 있다. 해당 방안은 비행 단말의 경로 손실 보완 인수를 별도로 지정하기 위해 기존의 표준을 개선할 필요가 있다.

본 해결 방안의 평가 결과는 부록 I-1 E.1.1에서 볼 수 있다. 다음과 같은 결과들을 볼 수 있다.

- 비행 단말과 지상 단말에 서로 다른 부분 경로 손실 보완 인수를 적용하는 것은 비행 단말 (five percentile 단말들에게 53.20% 수율 이득, fifty percentile 단말들에게 38.3% 수율 이득) 뿐만 아니라 지상 단말 (five percentile 단말들에게 46.87-93.96% 수율 이득, 27.04-42.48% 수율 이득) 모두에게 괄목할만한 상향링크 수율의 이득을 가진다.
- 고도에 따라 서로 다른 부분 경로 손실 보완 인수를 적용하는 것은 비행 단말 (five percentile 단말들에게 17.70% 수율 이득, fifty percentile 단말들에게 38.3% 수율 이득) 뿐만 아니라 지상 단말 (five percentile 단말들에게 74.6% 수율 이득, 54.1% 수율 이득) 모두에게 괄목할만한 상향링크 수율의 이득을 가진다.

6.3.2.2 단말 전용 P_0 계수 (UE specific P_0 parameter)

본 해결 방안에서는, 비행 단말에 지상 단말과는 다른 P_0 계수를 설정한다. 단말 전용 P_0 계수의 설정은 기존의 개루프 전력 제어 기법에서 이미 지원되고 있으므로 표준 상에서의 수정사항은 필요없다.

본 해결 방안의 평가 결과는 부록 I-1 E.1.2에서 볼 수 있다. 비행 단말에 대하여 낮은 P_0 계수를 설정하는 것이 지상 단말의 상향 링크 수율 성능을 향상시키는데 도움을 준다.

더불어, 단말 전용 P_0 계수의 값과 단말 전용 부분 경로 손실 보완 인수 α_{UE} 의 설정은 공동으로 상향 링크 간섭 경감을 위해 사용될 수 있다. 해당 공동 해결 방안에 대한 평가 결과 또한 부록 I-1 E.1.2에서 볼 수 있다. 공동 해결 방안을 통해서 다소 비행 단말의 수율은 감소하지만 지상 단말의 수율의 향상에 도움을 준다.

6.3.2.3 폐쇄 루프 전력 제어 (Close loop power control)

본 해결 방안에서는, 비행 단말에 대한 수신 전력 레벨을 서빙 셀과 이웃 셀의 측정 보고 값을 고려하여 조정한다. 본 해결 방안에서는, 비행 단말에 대한 폐쇄 전력 제어를 사용하는데, 빠른 채널의 변화에 따라 빠른 전력 제어가 필요하다. 따라서, 표준 상에서 빠른 전력 제어를 위한 $\delta_{PUSCH,c}$ 값의 단계 크기 (step size)가 증가되어야 한다.

본 해결 방안의 평가 결과는 부록 I-1 E.1.3에서 볼 수 있다. 폐쇄 루프 전력 제어를 적용할 때, 지상 단말의 평균 상향 링크 수율과 비행 단말의 평균 상향 링크 수율은 각각 39.22%, 6.33% 성능 향상을 나타낸다.

이웃 셀에 대한 전력 제어 기작을 개선하는 방안도 있을 수 있으나, 평가 결과는 존재하지 않는다.

6.3.3 전차원 MIMO (FD-MIMO)

본 해결 방안에서는, 상향 링크의 간섭을 경감시키기 위하여 기지국에서 전차원 MIMO 용도로 다수의 안테나를 운용한다. 전차원 MIMO는 이미 Rel-13 LTE에서 지원되고 있는 기술이기 때문에 표준 상에서의 개선은 필요없다.

본 해결 방안의 평가 결과는 부록 I-1 F.2와 같다. 전차원 MIMO가 적용시, 비행 단말의 비중이 0%에서 50%로 변화함에 따라 지상 단말 수율에 생기는 손실은 2% 내이다. 전차원 MIMO가 적용되지 않을 때에 발생하는 지상 단말 수율의 손실은 12%이다.

6.3.4 단말의 지향성 안테나 (Directional antenna at aerial UEs)

본 해결 방안에서는, 단말의 너른 영역의 안테나에 의해서 발생하는 상향 링크 간섭을 경감하기 위하여 단말의 지향성 안테나를 사용한다. 비행 단말과 서빙 기지국 사이에 가시선 (Line of sight, LOS) 방향을 추적하기 위한 다음과 같은 종류의 역량들 (Capability) 이 고려된다:

- 1) 이동 방향 (Direction of Travel, DoT): 비행단말은 서빙 셀의 가시선 방향을 알지 못한다. 비행 단말의 안테나는 이동 방향 (DoT) 으로 지향한다.
- 2) 이상적 가시선 추적 (Ideal LOS): 비행 단말은 완벽히 서빙 셀의 가시선 방향을 알고 서빙 셀의 방향으로 안테나를 지향한다.
- 3) 비이상적 가시선 추적 (Non-ideal LOS): 비행 단말은 서빙 셀의 가시선 방향을 추적한다. 하지만 현실적인 제약 요건으로 인하여 추적 상에 오류가 발생한다.

지향성 안테나의 사용은 단말의 구현 이슈이기 때문에, 표준 상에서의 개선은 필요없다. 다만, 가시선 방향을 추적하기 위한 단말의 역량에 따라, 가시선을 정확히 일치시키고 유용한 시그널을 적절히 증폭시킬 수 있다.

본 해결 방안의 평가 결과는 (부록 I-1 E.3)에 있다. 65도 빔폭을 가지는 지향성 안테나를 가정하고, 비이상적 가시선 추적을 가정했을 때, 비행 단말의 비중이 0%에서 50%로 증가함에 따라 높은 트래픽 상황에서 지상 단말의 평균 패킷 수율에 6% 정도의 손실이 발생한다. 비행 단말에 비지향성 안테나를 적용할 경우, 동일한 환경에서 지상 단말의 평균 패킷 수율에는 53% 정도의 손실이 발생한다. 또한, 지향성 안테나를 가정할 때, 비행 단말에서의 평균 패킷 수율은 대략 61% 정도 향상되는 것을 볼 수 있다. 또한, 평가결과에 의하면 비행 단말의 성능은 LOS 추적에 관한 역량에 따라서 달라진다.

상향 링크 빔형성 기법 또한 상향 링크 간섭 경감을 위한 가능한 해결 방안이 될 수 있으나 평가되지는 않았다.

6.4 이동성 성능을 위한 가능한 개선 방안 (Potential enhancements for mobility performance)

본 장에서는, 이동성 성능을 향상시키기 위한 가능한 해결 방안들을 제시한다.

비행 단말을 위한 표준 상에서의 개선이 더욱 필요한지를 알아보기 위해 기존의 이동성 향상 (예를 들면, 이동 궤적 보고, 이동성 상태 예측, 단말 도움 정보 등) 기법들을 우선적으로 평가한다.

비행 단말의 비행 상황이나 위치 정보에 따라 비행 단말을 위한 핸드오버 절차 및 관련 계수가 개선될 필요가 있다.

기존의 측정 보고 기법을 개선할 필요가 있다. 예를 들면, 새로운 측정 보고 이벤트를 정의하거나, 트리거링 조건을 개선하거나, 측정 보고의 양을 조절하는 등 (e.g. defining new events, enhancing triggering condition, controlling the amount of measurement reporting, etc.)의 향상 방안이 있을 수 있다.

또한, 비행 단말의 항로 정보를 제공하는 것 또한 이동성 향상에 유용할 수 있다.

6.5 비행체 식별을 위한 가능한 개선 방안 (Potential enhancements for aerial UE identification)

6.5.1 비행체 식별 (Airborne UE identification)

본 장에서는 비행하고 있는 단말을 식별하기 위한 가능한 개선 방안들에 대해서 논의한다.

6.5.1.1 단말 기반 해결안 (UE-based solutions)

단말은 자신이 비행체임을 지칭한다.

- 명시적으로 (Explicitly) 지칭한다. 예를 들면, 비행 모드 여부, 고도 정보, 위치 정보 등을 지칭한다.
- 묵시적으로 (Implicitly) 지칭한다. 예를 들면, 새로운 측정 보고 이벤트를 기반으로 보고된 측정 보고 값들이 이용한다.

6.5.1.2 네트워크 기반 해결안 (Network-based solutions)

네트워크는 이동 궤적/패턴 (mobility history report/pattern) 등의 정보를 기반으로 비행체를 감지할 수 있을 것이다. 비행체는 특히 핸드오버 성질을 가질 수 있다. 예를 들면, 드문 핸드오버, 먼 타겟 셀로의 핸드오버 등을 들 수 있다.

6.5.2 인증/면허 기반 비행체 식별 (Aerial UE identification based on certification/license)

단말은 무인 비행체 관련 역량 정보를 기지국에게 알릴 수 있다. 기지국은 해당 정보를 기반으로 무인 비행체 관련 동작을 해당 단말에게 수행할 수 있다.

3GPP 네트워크에서 가입 정보를 기반으로 단말은 비행체로서의 기작을 수행할 수 있는 허가를 얻을 수 있다. 가입 정보는 이동성 관리 개체 (MME) 에서 S1 시그널링을 통해 기지국에게 전달될 것이다. 기지국은 해당 정보를 가지고 무인 비행체 관련 역량을 가지는 단말을 식별하고 무인 비행체 관련한 동작을 제어하고 수행할 수 있을 것이다.

단말의 비행 서비스의 인증/면허/규제에 관련한 정보와 어떻게 해당 정보가 가입 정보에 반영될 수 있을지는 RAN 표준화의 범주에서 벗어나는 작업일 것이다.

7 요약

무인 비행체 서비스를 제공하기 위한 3GPP 표준의 가능한 향상 방안을 연구한 결과는 다음과 같이 정리한다.

1) 간섭 검출

하향 링크의 간섭 검출에 대해서는 단말에서 보고되는 측정 보고 값이 유용하게 사용될 수 있을 것이다. 상향 링크 간섭 검출은 기지국에서 수행되는 측정이나 단말에서의 측정 보고를 기반으로 예측되는 정보를 기반으로 이루어질 것이다. 간섭 검출의 성능을 향상시키기 위해서는 기존의 측정 보고 기작을 개선함으로써 얻을 수 있을 것으로 예상된다. 게다가, 이동 궤적 보고, 속도 예측 정보, 시각 전진 값, 위치 정보 등 또한 간섭 검출에 도움을 줄 수 있을 것으로 예상된다.

2) 하향 링크 간섭 경감

비행 단말에 발생하는 하향 링크 간섭을 경감시키기 위해, Rel. 13 LTE 전차원 MIMO에 의한 가능한 해결 방안이 평가되었다. 비행 단말의 높은 밀도에서도 Rel. 13 전차원 MIMO는 지상 단말의 하향 링크 수율에 적은 영향을 미치는 한에서 비행 단말의 하향 링크 수율을 요구 조건을 만족할 수 있는 수준까지 제공할 수 있는 것으로 평가되었다.

비행 단말에 발생하는 하향 링크 간섭을 경감시키기 위해, 단말의 지향성 안테나를 적용하는 가능한 해결 방안이 평가되었다. 비행 단말의 높은 밀도에서도 비행 단말의 지향성 안테나가 적용될 경우, 지상 단말의 하향 링크 수율에 적은 영향이 미치는 것을 볼 수 있었다. 비행 단말의 하향 링크 수율 또한 비지향성 안테나를 사용할 때 보다 지향성 안테나를 사용할 때 성능이 더욱 향상되는 것을 볼 수 있었다. 지향성 안테나의 사용은 비행 단말에서의 구현 이슈이기 때문에 표준 상에서의 개선은 필요 없다.

비행 단말에 발생하는 하향 링크 간섭을 경감시키기 위해, 비행 단말의 수신단 빔형성을 하는 가능한 해결 방안이 평가되었다. 비행 단말의 높은 밀도에서도 비행 단말의 수신단 빔형성을 할 경우, 지상 단말의 하향 링크 수율에는 적은 영향을 미치고 비행 단말의 하향 링크 수율을 향상시키는 결과를 볼 수 있었다. 수신단 빔형성은 비행 단말의 구현 이슈이기 때문에 표준 상에서의 개선은 필요없다.

비행 단말에 발생하는 하향 링크 간섭을 경감시키기 위해, 사이트 내 동시 전송 협력 다중 포인팅 기법이 가능한 해결 방안으로서 평가되었다. 비행 단말의 높은 밀도에서도 해당 방안은 모든 단말의 하향 링크 수율을 증대시키는 장점을 보여줬다. 해당 방안은 LTE에서 이미 지원되고 있는 기술로서 표준이 개선될 필요는 없다.

대역폭 제약이 없는 단말에 대해서 Rel. 13 LTE에서 제안된 커버리지 확장 기술을 적용하는 방안이 평가되었다. 평가 결과에 따르면, 해당 기술을 통해서 동기화 과정이나 초기 접속 과정에서 성공하는 비행 단말의 수가 증가한다.

비행 단말에 발생하는 하향 링크 간섭을 경감시키기 위해, 협의된 데이터 및 제어 전송 기법이 평가되었다. 평가 결과에 따르면, 해당 방안은 지상 단말의 하향 링크 수율에 제한된 영향을 미치는 한에서 비행 단말의 하향 링크 수율을 향상시킨다.

해당 방안에 대해서는 표준 상에서의 개선이 필요할 것이다. 구체적인 개선 사항은 가능한 대안들에 대한 연구가 더 필요하다. 예를 들면, 협의된 셀들에 적용될 전용 하향 링크 자원, 셀 뮤팅 (cell muting) 혹은 비워진 서브프레임 (ABS, i.e. Almost Blank Subframe), 셀 선택/재선택 및 획득 과정 등이다. 좀 더 많은 셀들에 대해서 측정을 수행해야 함에 따라, 단말의 측정 역량이나 복잡도가 증가할 수 있다. 협의된 전송에 대한 시간-주파수 상에서의 동기화에 대한 추가적인 요구 사항 정립이 필요하다. 서로 다른 셀이나 사이트 간에 시그널링을 주고 받기 위한 X2 시그널에 대한 표준 개선이 필요하다.

3) 상향 링크 간섭 경감

비행 단말에 의해 야기되는 상향 링크 간섭을 경감시키기 위해, 향상된 전력 제어 기법이 평가되었다. 비행 단말의 높은 밀도에서도, 향상된 전력 제어 기법은 지상 단말의 하향 링크 수율에 적은 영향을 미치는 한에서 장점을 가진다.

전력 제어 기반의 방안은 다음과 같은 표준 개선이 필요하다:

- 단말 전용 부분 경로 손실 보완 인수: 해당 대안은 해당 인수가 표준에서 새롭게 제시될 필요가 있다.
- 단말 전용 P_0 계수: 해당 대안은 새로운 표준 개정 작업을 필요로 하지 않는다. 다만, 단말 전용 부분 경로 손실 보완 인수와 동시에 설정될 필요가 있다면 표준에서의 개정 작업을 필요로 한다.
- 이웃 셀 간섭 제어 계수: 이웃 셀의 간섭을 제어하기 위한 계수를 운용하기 위한 표준 개정 작업을 필요로 한다.
- 폐쇄 루프 전력 제어: 성능 향상을 위해 표준 상에서 다소의 개정 작업을 필요로 할 수 있다.

비행 단말에 의해 야기되는 상향 링크 간섭을 경감시키기 위해, Rel. 13 LTE 전차원

MIMO가 해결 방안으로서 평가되었다. 비행 단말의 높은 밀도에서도, 해당 기법은 지상 단말의 하향 링크 수율에 적은 영향을 미치는 한에서 장점을 가진다.

비행 단말에 의해 야기되는 상향 링크 간섭을 경감시키기 위해, 단말의 지향성 안테나가 해결 방안으로서 평가되었다. 비행 단말의 높은 밀도에서도, 해당 기법은 지상 단말의 하향 링크 수율에 적은 영향을 미치는 한에서 장점을 가진다. 단말의 지향성 안테나는 비행 단말의 구현 이슈이므로 표준 상에서의 개선은 필요없다.

상향 링크 빔형성 기술 또한 상향 링크 간섭을 경감시키기 위한 방안이 될 수 있으나 평가되지는 않았다.

4) 이동성

시뮬레이션과 필드 테스트 결과를 보면, 비행 단말의 이동성 성능 (예를 들면, 핸드오버 실패, RLF, 핸드오버 지연, 등) 이 지상 단말보다 나쁘다. 상기 제시된 상/하향 링크 간섭 경감 기술들이 비행 단말의 이동성 성능 향상에 도움을 줄 것이다. 교외 네트워크 (rural area network) 환경에서의 이동성 성능이 도심 네트워크 (urban area network) 환경에서 보다 양호함을 관찰할 수 있었다.

더불어, 기존의 핸드오버 절차가 더 나은 이동성 성능 향상을 위해 개선될 수도 있을 것이다. 가능한 대안들은 다음과 같다:

- 위치 정보, 단말의 비행 정보, 항로 정보 등을 기반으로 한 비행 단말들의 핸드오버 절차나 관련된 계수들을 조정하거나 개선할 수 있다.
- 측정 보고 기작을 향상시킬 수 있다. 예를 들면, 새로운 측정 보고 이벤트, 트리거링 조건 향상, 측정 보고 양 조정 등이 될 수 있다.

5) 무인비행 단말 식별

단말은 무인비행 관련 동작 지원과 관련된 역량을 네트워크에 알릴 수 있다. 네트워크는 해당 정보를 이용해 무인비행 단말을 식별할 것이다. 네트워크는 가입 정보를 통해 해당 정보를 얻을 것이고, S1 시그널링을 통해 이동성 관리 개체로부터 기지국에게 해당 정보를 전달한다. 단말의 비행 서비스의 인증/면허/규제에 관련한 정보와 어떻게 해당 정보가 가입 정보에 반영될 수 있을지는 RAN 표준화의 범주에서 벗어난다.

단말이 비행하고 있다는 상황은 향상된 측정 보고 (예를 들면, 비행 모드 여부, 고도 정보, 위치 정보) 기작 내에서 단말로부터 보고된 값들이나 네트워크에서 취할 수 있는 이동 궤적 정보 등을 통해 식별될 수 있을 것이다.

본 보고서는 네트워크가 비행 단말을 운영함에 고려하여야 할 기술적 문제점들에 대해서 고찰하고 가능한 방안들을 제시하고 있다. 가능한 방안들은 시뮬레이션이나 필드 테스트를 통해 평가하였으며, 표준 상에서의 개선점에 대해서도 분석하여 제시하였다.

부 록 1-1

(본 부록은 기술보고서를 보충하기 위한 내용으로 기술보고서의 일부는 아님)

이동통신(3GPP) 기반 무인 비행체 지원 관련 기술 평가 결과

A 평가 가정

<표 A-1> 시뮬레이션 케이스 (비행 단말 비중)

Aerial UE ratio = $\frac{N_{aerial}}{N_{outdoor\ terrestrial} + N_{indoor\ terrestrial}}$	<ul style="list-style-type: none"> - Case 1: 0% (corresponding to $N_{aerial} = 0$) used as baseline - Case 2: 0.67% (corresponding to $N_{aerial} = 0.1$) - Case 3: 7.1% (corresponding to $N_{aerial} = 1$) - Case 4: 25% (corresponding to $N_{aerial} = 3$) - Case 5: 50% (corresponding to $N_{aerial} = 5$)
--	---

B 통신 신호 성능 지표 및 RSRP 통계치

B.1 통신 신호 성능 지표 (Five percentile geometry) 평가

<표 B.1-1> 통신 성능 지표 결과 (UMa-AV)

Aerial UE Ratio Case	UE Type	Five Percentile Geometry [dB]			
		Source 1	Source 2	Source 3	Source 4
		Listed as Source 1 in R1-1714675 [13]	Results presented in R1-1718019 [14]	Results presented in R1-1720052 [12]	Results presented in R1-1721196 [15]
Case 1	All UEs	-2.21	-5.08	-3.87	-4.85
Case 2	All UEs	-2.37	-5.20	-3.93	-4.94
Case 3	All UEs	-5.03	-5.01	-5.21	-6.41
Case 4	All UEs	-8.15	-5.82	-6.82	-10.16
Case 5	All UEs	-8.67	-5.92	-7.47	-12.73
Case 5	Terrestrial UEs	-2.22	-4.98	-3.87	-4.71
Case 5	Aerial UEs	-9.30	-6.88	-8.40	-15.98

<표 B.1-2> 통신 성능 지표 결과 (RMa-AV)

Aerial UE Ratio Case	UE Type	Five Percentile Geometry [dB]		
		Source 1	Source 2	Source 3
		Listed as Source 1 in R1-1714675 [9]	Results presented in R1-1718019 [13]	Results presented in R1-1721196 [27]
Case 1	All UEs	-2.21	-5.08	-6.64
Case 2	All UEs	-2.37	-5.20	-6.76
Case 3	All UEs	-5.03	-5.01	-7.35
Case 4	All UEs	-8.15	-5.82	-8.73
Case 5	All UEs	-8.67	-5.92	-9.78
Case 5	Terrestrial UEs	-2.22	-4.98	-6.72
Case 5	Aerial UEs	-9.30	-6.88	-12.19

<표 B.1-3> 통신 성능 지표 결과 (UMi-AV)

Aerial UE Ratio Case	UE Type	Five Percentile Geometry [dB]	
		Source 1	Source 2
		Results presented in R1-1718019 [13]	Results presented in R1-1721196 [27]
Case 1	All UEs	-2.71	-7.05
Case 2	All UEs	-2.86	-7.13
Case 3	All UEs	-2.84	-7.39
Case 4	All UEs	-4.41	-8.12
Case 5	All UEs	-4.99	-8.94
Case 5	Terrestrial UEs	-2.38	-6.84
Case 5	Aerial UEs	-6.05	-10.82

B.2 간섭 검출의 위한 RSRP 통계치

간섭 검출을 위한 RSRP 통계치에 관한 시뮬레이션에서는 RSRP 격차 (RSRP gap)가 측정 기준 (metric) 으로 쓰이고 있다. RSRP 차이라 함은 서빙 셀 (Servig cell) 에서 측정된 RSRP 값과 이웃 셀 (Neighbour cell) 에서 측정된 RSRP 값의 차이를 말한다.

고정된 높이에서 고루 분포한 단말들을 고려할 때,

- 지상 단말들은 RSRP 격차가 10dB 내에서 최대 8 개의 이웃 셀로부터 간섭을 겪는 것을 볼 수 있다.
- 비행 단말들은 고도 (AGL) 50m 이상에서 동일한 RSRP 격차 (10dB) 내에서 최대 16 개의 이웃 셀로부터 간섭을 겪는 것을 볼 수 있다.

C: 대조군 (Baseline) 평가 결과

C.1 대조군에 대한 하향 링크 수율 평가 결과

C.1.1 지상 단말의 하향 링크 수율 평가 결과

<표 C.1.1-1> 대조군에 대한 지상 단말의 하향 링크 수율 평가 결과 (UMa-AV, R1-1718872 [10])

Offered Traffic Per Cell [Mbps]	3.12				4.76			
Aerial UE Ratio Case	Case 1	Case 3	Case 4	Case 5	Case 1	Case 3	Case 4	Case 5
RU [%]	20.00	21.56	24.95	28.89	50.00	57.39	69.40	71.58
5% user throughput [Mbps]	4.76	4.65	4.34	4.05	1.39	0.96	0.80	0.58
5% user throughput gain [%]	0.00	-2. 31	-8. 82	-14. 92	0.00	-30. 94	-42. 45	-58.27
50% user throughput [Mbps]	17.20	17.02	16.60	16.09	9.02	7.49	6.22	5.18
50% user throughput gain [%]	0.00	-1.05	-3.49	-6. 45	0.00	-16.96	-31. 04	-42.57
Mean throughput [Mbps]	20.47	20.30	19.89	19.23	12.68	11.19	9.78	8.76
Mean throughput gain [%]	0.00	-0.83	-2. 83	-6. 06	0.00	-11. 75	-22. 87	-30. 91
95% user throughput [Mbps]	47.32	47.32	46.63	46.55	38.48	35.96	30.99	30.36
95% user throughput gain [%]	0.00	0.00	-1.46	-1. 63	0.00	-6. 55	-19. 46	-21.10

- Fast fading modelled.

<표 C.1.1-2> 대조군에 대한 지상 단말의 하향 링크 수율 평가 결과 (UMa-AV, R1-1720569 [11])

Offered Traffic Per Cell [Mbps]								
Aerial UE Ratio Case	Case 1	Case 3	Case 4	Case 5	Case 1	Case 3	Case 4	Case 5
RU [%]	20.00	20.00	20.00	20.00	50.00	50.00	50.00	50.00
5% user throughput [Mbps]	3.31	2.93	3.25	1.65	1.75	1.52	1.37	1.12
5% user throughput gain [%]	0.0	-11.5	-1.8	-50.2	0.0	-13.1	-21.7	-36.0
50% user throughput [Mbps]	22.22	22.47	22.1	16.99	13.31	12.53	12.31	9.46
50% user throughput gain [%]	0.0	1.1	-0.5	-23.5	0.0	-5.9	-7.5	-28.9
95% user throughput [Mbps]	56.34	56.34	56.34	56.34	50.02	46.29	51.82	48.33
95% user throughput gain [%]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-7.5	3.6	-3.4

- Fast fading modelled.

<표 C.1.1-3> 대조군에 대한 지상 단말의 하향 링크 수율 평가 결과 (UMa-AV, R1-1720052 [12])

Offered Traffic Per Cell [Mbps]	3.6					6.6				
Aerial UE Ratio Case	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5
RU [%]	17.36	16.8	18.45	30.44	36.89	43.96	44	54.51	78.18	81.89
5% user throughput [Mbps]	6.16	6.25	5.6	4.96	3.47	3.17	3.18	2.05	1.15	0.93
5% user throughput gain [%]	0	1	-9	-19	-44	0	0	-35	-64	-71
50% user throughput [Mbps]	26.48	26.04	24.34	20.43	17.54	15.61	15.21	11.77	7.66	5.48
50% user throughput gain [%]	0	-2	-8	-23	-34	0	-3	-25	-51	-65
Mean throughput [Mbps]	28.7	28.6	27.33	24.39	22.06	19.89	19.49	16.46	12.44	10.18
Mean throughput gain [%]	0	0	-5	-15	-23	0	-2	-17	-37	-49
95% user throughput [Mbps]	55.73	55.83	55.63	55.52	55.26	49.26	49.53	46.81	41.33	37.32
95% user throughput gain [%]	0	0	0	0	-1	0	1	-5	-16	-24

- Fast fading model
- Handover margin of 0dB assumed.

C.1.2 비행 단말의 하향 링크 수율 평가 결과

<표 C.1.2-1> 대조군에 대한 비행 단말의 하향 링크 수율 평가 결과 (UMa-AV, R1-1718872 [10])

Offered Traffic Per Cell [Mbps]	3.12			4.76		
Aerial UE Ratio Case	Case 3	Case 4	Case 5	Case 3	Case 4	Case 5
RU [%]						
5% user throughput [Mbps]	2.60	2.26	1.95	0.70	0.33	0.18
5% user throughput gain [%]	0.00	-13.08	-25.00	0.00	-52.86	-74.29
50% user throughput [Mbps]	7.12	6.41	5.96	3.31	2.25	1.64
50% user throughput gain [%]	0.00	-9.97	-16.29	0.00	-32.02	-50.45
Mean throughput [Mbps]	8.50	7.56	7.17	4.81	3.43	3.18

Mean throughput gain [%]	0.00	-11.06	-15.65	0.00	-28.69	-33.89
95% user throughput [Mbps]	19.61	17.59	16.92	11.76	9.33	8.54
95% user throughput gain [%]	0.00	-10.30	-13.72	0.00	-20.65	-27.38
- Fast fading model						

<표 C.1.2-2> 대조군에 대한 비행 단말의 하향 링크 수율 평가 결과 (UMa-AV, R1-1720569 [11])

Offered Traffic Per Cell [Mbps]						
Aerial UE Ratio Case	Case 3	Case 4	Case 5	Case 3	Case 4	Case 5
RU [%]	20.00	20.00	20.00	50.00	50.00	50.00
5% user throughput [Mbps]	1.43	2.31	1.33	0.97	0.64	0.69
5% user throughput gain [%]	0.0	61.5	-7.0	0.0	-34.0	-28.9
50% user throughput [Mbps]	8.01	7.17	5.92	2.64	2.34	2.21
50% user throughput gain [%]	0.0	-10.5	-26.1	0.0	-11.4	-16.3
95% user throughput [Mbps]	43.36	33.03	25.15	19.17	16.36	11.7
95% user throughput gain [%]	0.0	-23.8	-42.0	0.0	-14.7	-39.0
- Fast fading model						

<표 C.1.2-3> 대조군에 대한 비행 단말의 하향 링크 수율 평가 결과 (UMa-AV, R1-1720052 [12])

Offered Traffic Per Cell [Mbps]	3.6				6.6			
Aerial UE Ratio Case	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5
RU [%]	16.8	18.45	30.44	36.89	44	54.51	78.18	81.89
5% user throughput [Mbps]	4.49	2.84	1.84	0.94	1.37	0	0	0
5% user throughput gain [%]	0	-37	-59	-79	0	-100	-100	-100
50% user throughput [Mbps]	9.72	8.02	5.83	4	3.67	2.02	1.17	0.85
50% user throughput gain [%]	0	-17	-40	-59	0	-45	-68	-77
Mean throughput [Mbps]	12.31	11.04	8.84	6.82	5.26	3.93	2.95	2.48
Mean throughput gain [%]	0	-10	-28	-45	0	-25	-44	-53
95% user throughput [Mbps]	23.95	33.31	27.85	22.77	16.93	11.38	11.28	9.88
95% user throughput gain [%]	0	39	16	-5	0	-33	-33	-42
- Fast fading model								
- Handover margin of 0dB assumed.								

C.2 대조군 (Baseline) 에 대한 상향 링크 수율 평가 결과

C.2.1 지상 단말의 상향 링크 수율 평가 결과

<표 C.2.1-1> 대조군에 대한 지상 단말의 상향 링크 수율 평가 결과 (UMa-AV, R1-1718872 [10])

Offered Traffic Per Cell [Mbps]	1.97				4.15			
Aerial UE Ratio Case	Case 1	Case 3	Case 4	Case 5	Case 1	Case 3	Case 4	Case 5
RU [%]	20.00	19.70	19.59	19.40	50.00	51.97	54.78	58.05
5% user throughput [Mbps]	2.12	2.15	2.04	1.80	1.07	0.99	0.78	0.62
5% user throughput gain [%]	0.00	1.42	-3.77	-15.09	0.00	-7.48	-27.10	-42.06
50% user throughput [Mbps]	13.37	13.24	12.59	11.96	8.68	8.07	7.11	6.12

50% user throughput gain [%]	0.00	-0.97	-5.83	-10.55	0.00	-7.03	-18.09	-29.49
Mean throughput [Mbps]	12.78	12.67	12.23	11.74	9.17	8.70	7.95	7.13
Mean throughput gain [%]	0.00	-0.86	-4.30	-8.14	0.00	-5.13	-13.30	-22.25
95% user throughput [Mbps]	21.82	21.67	21.50	21.25	19.60	19.10	18.39	17.44
95% user throughput gain [%]	0.00	-0.69	-1.47	-2.61	0.00	-2.55	-6.17	-11.02
- Fast fading modelled.								
- Open loop power control with $P_0 = -85dBm$ and $\alpha = 0.8$								

<표 C.2.1-2> 대조군에 대한 지상 단말의 상향 링크 수율 평가 결과 (UMa-AV, R1-1720569 [11])

Offered Traffic Per Cell [Mbps]								
Aerial UE Ratio Case	Case 1	Case 3	Case 4	Case 5	Case 1	Case 3	Case 4	Case 5
RU [%]	20.00	20.00	20.00	20.00	50.00	50.00	50.00	50.00
5% user throughput [Mbps]	2.5	1.57	1.81	0.9	1.25	0.79	0.59	0.56
5% user throughput gain [%]	0.0	-37.20	-27.60	-64.00	0.0	-36.80	-52.80	-55.20
50% user throughput [Mbps]	12.23	10.01	10.39	7.92	8.08	6.56	2.98	2.21
50% user throughput gain [%]	0.0	-18.15	-15.04	-35.24	0.0	-18.81	-63.12	-72.65
95% user throughput [Mbps]	27.4	26.77	25.64	26.67	22.68	19.37	14.11	12.95
95% user throughput gain [%]	0.0	-2.30	-6.42	-2.66	0.0	-14.59	-37.79	-42.90
- Fast fading modelled.								
- Open loop power control with $P_0 = -80dBm$ and $\alpha = 0.8$								

<표 C.2.1-3> 대조군에 대한 지상 단말의 상향 링크 수율 평가 결과 (UMa-AV, R1-1720052 [12])

Offered Traffic Per Cell [Mbps]	1.8					4.2				
Aerial UE Ratio Case	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5
RU [%]	18.31	20.29	15.14	16.24	18.99	44.46	46.16	40.08	50.41	67.31
5% user throughput [Mbps]	2.75	2.32	2.56	2.06	1.74	1.32	1.4	1.02	0.74	0.4
5% user throughput gain [%]	0	-16	-7	-25	-37	0	6	-23	-44	-70
50% user throughput [Mbps]	22.24	21.09	21.08	19.4	18.92	15.67	15.36	14.15	10.26	5.85
50% user throughput gain [%]	0	-5	-5	-13	-15	0	-2	-10	-35	-63
Mean throughput [Mbps]	21.74	21.17	21.09	19.97	19.21	17.25	16.94	15.71	12.6	8.12
Mean throughput gain [%]	0	-3	-3	-8	-12	0	-2	-9	-27	-53
95% user throughput [Mbps]	36.38	36.37	36.37	36.33	36.3	36.27	36.22	35.76	31.61	23.73
95% user throughput gain [%]	0	0	0	0	0	0	0	-1	-13	-35
- Fast fading model										
- Open loop power control with $P_0 = -96dBm$ and $\alpha = 0.9$.										
- Handover margin of 0dB assumed.										

C.2.2 비행 단말의 상향 링크 수율 평가 결과

<표 C.2.2-1> 대조군에 대한 비행 단말의 상향 링크 수율 평가 결과 (UMa-AV, R1-1718872 [10])

Offered Traffic Per Cell [Mbps]	1.97			4.15		
Aerial UE Ratio Case	Case 3	Case 4	Case 5	Case 3	Case 4	Case 5
RU [%]	19.70	19.59	19.40	51.97	54.78	58.05
5% user throughput [Mbps]	18.33	16.02	13.88	12.93	10.77	8.00
5% user throughput gain [%]	0.00	-12.60	-24.28	0.00	-16.71	-38.13
50% user throughput [Mbps]	22.32	21.81	20.94	21.06	19.21	16.80
50% user throughput gain [%]	0.00	-2.28	-6.18	0.00	-8.78	-20.23
Mean throughput [Mbps]	21.63	20.85	20.04	19.82	18.42	16.48
Mean throughput gain [%]	0.00	-3.61	-7.35	0.00	-7.06	-16.85
95% user throughput [Mbps]	23.16	23.11	23.04	23.06	22.94	22.67
95% user throughput gain [%]	0.00	-0.22	-0.52	0.00	-0.52	-1.69
- Fast fading model						
- Open loop power control with $P_0 = -85dBm$ and $\alpha = 0.8$						

<표 C.2.2-2> 대조군에 대한 비행 단말의 상향 링크 수율 평가 결과 (UMa-AV, R1-1720569 [11])

Offered Traffic Per Cell [Mbps]						
Aerial UE Ratio Case	Case 3	Case 4	Case 5	Case 3	Case 4	Case 5
RU [%]	20.00	20.00	20.00	50.00	50.00	50.00
5% user throughput [Mbps]	12.77	9.91	4.09	5.04	1.16	0.95
5% user throughput gain [%]	0.0	-22.40	-67.97	0.0	-76.98	-81.15
50% user throughput [Mbps]	25.53	22.54	16.6	18.22	6.99	5.81
50% user throughput gain [%]	0.0	-11.71	-34.98	0.0	-61.64	-68.11
95% user throughput [Mbps]	31	32.51	31.06	30.35	20.98	20.42
95% user throughput gain [%]	0.0	4.87	0.19	0.0	-30.87	-32.72
- Fast fading model						
- Open loop power control with $P_0 = -80dBm$ and $\alpha = 0.8$						

<표 C.2.2-3> 대조군에 대한 비행 단말의 상향 링크 수율 평가 결과 (UMa-AV, R1-1720052 [12])

Offered Traffic Per Cell [Mbps]	1.8				4.2			
Aerial UE Ratio Case	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5
RU [%]	20.29	15.14	16.24	18.99	46.16	40.08	50.41	67.31
5% user throughput [Mbps]	17.57	17.44	15	10.61	10.87	8.89	6.09	2.28
5% user throughput gain [%]	0	-1	-15	-40	0	-18	-44	-79
50% user throughput [Mbps]	36.19	36.1	32.5	27.56	29.92	23.42	17.62	6.97
50% user throughput gain [%]	0	0	-10	-24	0	-22	-41	-77
Mean throughput [Mbps]	32.79	31.81	29.73	26.42	28.07	23.74	18.47	8.84
Mean throughput gain [%]	0	-3	-9	-19	0	-15	-34	-69
95% user throughput [Mbps]	36.44	36.41	36.41	36.39	36.22	36.35	35.4	21.51
95% user throughput gain [%]	0	0	0	0	0	0	-2	-41
- Fast fading model								
- Open loop power control with $P_0 = -96dBm$ and $\alpha = 0.9$								
- Handover margin of 0dB assumed.								

D: 하향 링크에서의 가능한 향상 방안 평가 결과

D.1 전차원 MIMO 평가 결과

<표 D.1-1> 전차원 MIMO 적용에 따른 모든 단말들의 하향 링크 수율 평가 결과 (R1-1717351 [2])

Offered Traffic Per Cell [Mbps]	5.10		7.8	
Aerial UE Ratio Case	Case 1	Case 5	Case 1	Case 5
RU [%]	26.04	26.22	40.5	51.64
5% user throughput [Mbps]	5.69	6.12	3.64	2.63
5% user throughput gain [%]	0	8	0	-28
50% user throughput [Mbps]	30.19	24.61	22.54	13.5
50% user throughput gain [%]	0	-18	0	-40
Mean throughput [Mbps]	30.24	27.05	24.29	17.79
Mean throughput gain [%]	0	-11	0	-27
95% user throughput [Mbps]	55.48	55.41	51.19	46.04
95% user throughput gain [%]	0	0	0	-10

- BS antenna with (M, N, P) = (8, 4, 2) according to [1] with 16 Tx ports are assumed for evaluations.

<표 D.1-2> 전차원 MIMO 적용에 따른 지상 단말들의 하향 링크 수율 평가 결과 (R1-1720053 [3])

Offered Traffic Per Cell [Mbps]	6.8		12	
Aerial UE Ratio Case	Case 1	Case 5	Case 1	Case 5
RU [%]	21.05	26.68	49.91	71.73
5% user throughput [Mbps]	14.35	11.91	6.41	2.72
5% user throughput gain [%]	0	-17	0	-58
50% user throughput [Mbps]	35.66	33.44	22.18	14
50% user throughput gain [%]	0	-6	0	-37
Mean throughput [Mbps]	35.78	33.73	24.74	18.11
Mean throughput gain [%]	0	-6	0	-27
95% user throughput [Mbps]	55.97	55.89	52.04	46.62
95% user throughput gain [%]	0	0	0	-10

- BS antenna with (M, N, P) = (8, 4, 2) according to [1] with 16 Tx ports are assumed for evaluations.

<표 D.1-3> 전차원 MIMO 적용에 따른 비행 단말들의 하향 링크 수율 평가 결과 (R1-1720053 [3])

Offered Traffic Per Cell [Mbps]	6.8		12	
Aerial UE Ratio Case	Case 1	Case 5	Case 1	Case 5
RU [%]	21.05	26.68	49.91	71.73
5% user throughput [Mbps]	-	9.54	-	1.60
50% user throughput [Mbps]	-	22.41	-	6.49
Mean throughput [Mbps]	-	24.48	-	9.01
95% user throughput [Mbps]	-	46.55	-	26.68

- BS antenna with (M, N, P) = (8, 4, 2) according to [3] with 16 Tx ports are assumed for evaluations.

D.2 비행 단말의 지향성 안테나 관련 평가 결과

<표 D.2-1> 65도 빔폭을 가지는 비행 단말 지향성 안테나를 가정할 때, 하향 링크 지상 단말 수율 (R1-1720053 [3])

Offered Traffic Per Cell [Mbps]	3.6					6.6				
	Case 1	Case 5	Case 5	Case 5	Case 5	Case 1	Case 5	Case 5	Case 5	Case 5
Aerial UE antenna	-	Directional DoT	Directional Non-Ideal LOS	Directional Ideal LOS	Omni	-	Directional DoT	Directional Non-Ideal LOS	Directional Ideal LOS	Omni
RU [%]	17.36	19.23	29.3	18.11	36.89	43.96	61.06	48.94	47.3	81.89
5% user throughput	6.16	6.15	4.44	6.7	3.47	3.17	1.69	2.82	3.1	0.93

[Mbps]										
5% user throughput gain [%]	0	0	-28	9	-44	0	-47	-11	-2	-71
50% user throughput [Mbps]	26.48	25.03	20.82	25.98	17.54	15.61	9.72	13.68	14.69	5.48
50% user throughput gain [%]	0	-5	-21	-2	-34	0	-38	-12	-6	-65
Mean throughput [Mbps]	28.7	27.9	24.4	28.63	22.06	19.89	14.77	18.12	19.49	10.18
Mean throughput gain [%]	0	-3	-15	6.7	-23	0	-26	-9	-2	-49
95% user throughput [Mbps]	55.73	55.63	55.33	55.78	55.26	49.26	44.08	46.79	50.59	37.32
95% user throughput gain [%]	0	0	-1	0	-1	0	-11	-5	3	-24
- Fast fading modelled. - Handover margin of 0dB assumed. - For non-ideal LOS case, standard deviation of tracking error is 40°										

<표 D.2-2> 35도 빔폭을 가지는 비행 단말 지향성 안테나를 가정할 때, 하향 링크 지상 단말 수율 (R1-1720053 [3])

Offered Traffic Per Cell [Mbps]	3.6					6.6				
Aerial UE Ratio Case	Case 1	Case 5	Case 5	Case 5	Case 5	Case 1	Case 5	Case 5	Case 5	Case 5
Aerial UE antenna	-	Directional DoT	Directional Non-ideal LOS	Directional Ideal LOS	Omni	-	Directional DoT	Directional Non-ideal LOS	Directional Ideal LOS	Omni
RU [%]	17.36	16.31	19.43	15.7	36.89	43.96	50.61	54.15	41.14	81.89
5% user throughput [Mbps]	6.16	6.55	5.86	7.11	3.47	3.17	2.85	2.54	3.72	0.93
5% user throughput gain [%]	0	6	-5	15	-44	0	-10	-20	17	-71
50% user throughput [Mbps]	26.48	25.78	25.31	27.58	17.54	15.61	13.71	12.8	16.53	5.48
50% user throughput gain [%]	0	-3	-4	4	-34	0	-12	-18	6	-65
Mean throughput [Mbps]	28.7	28.55	27.99	29.76	22.06	19.89	18.21	17.32	21.21	10.18
Mean throughput gain [%]	0	-1	-2	4	-23	0	-8	-13	7	-49
95% user throughput [Mbps]	55.73	55.76	55.7	55.83	55.26	49.26	48.39	45.83	53.56	37.32
95% user throughput gain [%]	0	0	0	0	-1	0	-2	-7	9	-24
- Fast fading modelled. - Handover margin of 0dB assumed. - For non-ideal LOS case, standard deviation of tracking error is 20°										

<표 D.2-3> 65도 빔폭을 가지는 비행 단말 지향성 안테나를 가정할 때, 하향 링크 비행 단말 수율 (R1-1720053 [3])

Offered Traffic Per Cell [Mbps]	3.6					6.6				
Aerial UE Ratio Case	Case 1	Case 5	Case 5	Case 5	Case 5	Case 1	Case 5	Case 5	Case 5	Case 5

Aerial UE antenna	-	Directional DoT	Directional Non-ideal LOS	Directional Ideal LOS	Omni	-	Directional DoT	Directional Non-ideal LOS	Directional Ideal LOS	Omni
RU [%]	17.36	19.23	29.3	18.11	36.89	43.96	61.06	48.94	47.3	81.89
5% user throughput [Mbps]	-	6.28	0.89	8.34	0.94	-	0.97	1.96	3.61	0
5% user throughput gain [%]	-	0	-86	33	-85	-	0	102	272	-100
50% user throughput [Mbps]	-	19.99	14.74	33.8	4	-	4.04	13.32	17.44	0.85
50% user throughput gain [%]	-	0	-26	69	-80	-	0	230	332	-79
Mean throughput [Mbps]	-	22.54	18.81	33.37	6.82	-	6.57	16.42	19.91	2.48
Mean throughput gain [%]	-	0	-17	48	-70	-	0	150%	203%	-62%
95% user throughput [Mbps]	-	48.59	52.48	55.73	22.77	-	19	41.65	46.35	9.88
95% user throughput gain [%]	-	0	8	15	-53	-	0	119	144	-48
- Fast fading model. - Handover margin of 0dB assumed. - For non-ideal LOS case, standard deviation of tracking error is 40°										

<표 D.2-4> 35도 빔폭을 가지는 비행 단말 지향성 안테나를 가정할 때, 하향 링크 비행 단말 수율 (R1-1720053 [3])

Offered Traffic Per Cell [Mbps]	3.6					6.6				
Aerial UE Ratio Case	Case 1	Case 5	Case 5	Case 5	Case 5	Case 1	Case 5	Case 5	Case 5	Case 5
Aerial UE antenna	-	Directional DoT	Directional Non-ideal LOS	Directional Ideal LOS	Omni	-	Directional DoT	Directional Non-ideal LOS	Directional Ideal LOS	Omni
RU [%]	17.36	16.31	19.43	15.7	36.89	43.96	61.06	48.94	47.3	81.89
5% user throughput [Mbps]	-	9.05	4.15	13.16	0.94	-	2.39	0.76	6.99	0
5% user throughput gain [%]	-	0	-54	45	-90	-	0	-68	192	-100
50% user throughput [Mbps]	-	29.11	34.92	47.79	4	-	9.97	16.31	32.79	0.85
50% user throughput gain [%]	-	0	20	64	-86	-	0	64	229	-91
Mean throughput [Mbps]	-	30.06	33.7	43.8	6.82	-	13.42	19.22	32.51	2.48
Mean throughput gain [%]	-	0	12	46	-77	-	0	43	142	-82%
95% user throughput [Mbps]	-	55.63	55.92	56.42	22.77	-	35.26	48.32	55.63	9.88
95% user throughput gain [%]	-	0	1	1	-59	-	0	37	58	-72
- Fast fading model - Handover margin of 0dB assumed. - For non-ideal LOS case, standard deviation of tracking error is 20°										

D.3 비행 단말의 수신단 빔형성 관련 평가 결과

<표 D.3-1> 비행 단말 수신단 빔형성을 가정할 때, 모든 단말들의 하향 링크 수율 (R1-1721197 [4])

Aerial UE Ratio Case	Case 5 baseline with 2 Rx at aerial UEs	Case 5 with receive filtering and 8 Rx at aerial UEs	Case 1 baseline	Case 5 with receive filtering and 8 Rx at aerial UEs
RU [%]	13		13	
5% user throughput [Mbps]	3.81	5.61	4.77	5.61
5% user throughput gain [%]	0	47.2	0	17.6
50% user throughput [Mbps]	18.69	21.28	19.42	21.28
50% user throughput gain [%]	0	13.9	0	9.6
Mean throughput [Mbps]	11.99	15.29	14.25	15.29
Mean throughput gain [%]	0	27.5	0	7.3
95% user throughput [Mbps]	42.11	42.55	42.11	42.55
95% user throughput gain [%]	0	1	0	1
- Fast fading model - Handover margin of 0dB assumed.				

<표 D.3-2> 비행 단말 수신단 빔형성을 가정할 때, 지상 단말들의 하향 링크 수율 (R1-1721197 [4])

Aerial UE Ratio Case	Case 5 baseline with 2 Rx at aerial UEs	Case 5 with receive beamforming and 8 Rx at aerial UEs	Case 1 baseline	Case 5 with receive beamforming and 8 Rx at aerial UEs
RU [%]	13		13	
5% user throughput [Mbps]	3.91	4.52	4.77	4.52
5% user throughput gain [%]	0	15.6	0	-5.2
50% user throughput [Mbps]	17.94	20.51	19.42	20.51
50% user throughput gain [%]	0	14.3	0	5.6
Mean throughput [Mbps]	11.59	13.31	14.25	13.31
Mean throughput gain [%]	0	14.8	0	-6.6
95% user throughput [Mbps]	42.11	42.55	42.11	42.55
95% user throughput gain [%]	0	1	0	1
- Fast fading model - Handover margin of 0dB assumed.				

<표 D.3-3> 비행 단말 수신단 빔형성을 가정할 때, 비행 단말들의 하향 링크 수율 (R1-1721197 [4])

Aerial UE Ratio Case	Case 5 baseline with 2 Rx at aerial UEs	Case 5 with receive beamforming and 8 Rx at aerial UEs	Case 1 baseline (terrestrial UE)	Case 5 with receive beamforming and 8 Rx at aerial UEs
RU [%]	13		13	
5% user throughput [Mbps]	3.2	6.92	4.77	6.92
5% user throughput gain [%]	0	116.3	0	45.1
50% user throughput [Mbps]	20.1	22.0	19.42	22.0
50% user throughput gain [%]	0	9.5	0	13.3
Mean throughput [Mbps]	14.0	17.2	14.25	17.2
Mean throughput gain [%]	0	22.9	0	20.7
95% user	41.67	42.55	42.11	42.55

throughput [Mbps]				
95% user throughput gain [%]	0	2.1	0	1
- Fast fading model - Handover margin of 0dB assumed.				

D.4 사이트 내 동시 전송 협력 다중 포인트 관련 평가 결과

<표 D.4-1> Intra-site CoMP를 가정할 때, 모든 단말의 하향 링크 수율 (R1-1721197 [4])

Aerial UE Ratio Case	Case 5 baseline	Case 5 with intra-site CoMP	Case 1 baseline	Case 5 with intra-site CoMP
RU [%]	13		13	
5% user throughput [Mbps]	3.81	6.84	4.77	6.84
5% user throughput gain [%]	0	79.5	0	43.4
50% user throughput [Mbps]	18.69	27.40	19.42	27.40
50% user throughput gain [%]	0	46.6	0	41.1
Mean throughput [Mbps]	11.99	19.01	14.25	19.01
Mean throughput gain [%]	0	58.5	0	33.4
95% user throughput [Mbps]	42.11	42.55	42.11	42.55
95% user throughput gain [%]	0	1.0	0	1.0
- Fast fading model - Handover margin of 0dB assumed.				

D.5 커버리지 확장 관련 평가 결과

<표 D.5-1> Rel-13 커버리지 확장 기술 기반 비행 단말의 동기화&초기 접근 커버리지 (R1-1720859 [5])

	RMa-AV with no coverage extension	RMa-AV with coverage extension	UMa-AV with no coverage extension	UMa-AV with coverage extension
Percentage of aerial UEs with downlink geometry SINR greater than required SINR of SCH [%]	67	100	67	100
Percentage of aerial UEs with downlink geometry SINR greater than required SINR of PBCH [%]	63	100	62	100
Percentage of aerial UEs with downlink geometry SINR greater than required SINR of PDSCH carrying system information [%]	23	100	25	100
- Fast fading model - Handover margin of 0dB assumed. - The required SINRs for SCH, PBCH, and PDSCH for the case with no coverage extension are -7.8dB, -7.5dB, and -4.0dB. - With LTE Rel-13 coverage extension techniques, the required SINRs for SCH, PBCH, and PDSCH are below -14dB.				

D.6 협의된 데이터와 제어 전송 관련 평가 결과

<표 D.6-1> 네트워크 협의를 가정하지 않을 때, PDCCH 오류를 가정하지 않은 지상 단말의 하향 링크 수율 (R1-1719467 [6])

Aerial UE ratio	Case 1	Case 5	Case 1	Case 5
RU (%)	19.23	75.13	58.97	95.4
Average (Mbps)	28.78	17.85	17.05	10.17
5% ile (Mbps)	5.43	2.39	2.15	0.94
50% ile (Mbps)	25.48	13.84	12.54	6.55
95% ile (Mbps)	61.54	47.62	48.19	34.48

<표 D.6-2> 네트워크 협의를 가정하지 않을 때, PDCCH 오류를 가정하지 않은 비행 단말의 하향 링크 수율 (R1-1719467 [6])

Aerial UE ratio	Case 1	Case 5	Case 1	Case 5
RU (%)	-	75.13	-	95.4
Average (Mbps)	-	3.7	-	2.88
5% ile (Mbps)	-	0.33	-	0.26
50% ile (Mbps)	-	1.68	-	1.07
95% ile (Mbps)	-	13.94	-	13.25

<표 D.6-3> 비행 단말의 데이터에 대한 네트워크 협의를 가정할 때, PDCCH 오류를 포함한 지상 단말의 하향 링크 수율 (R1-1719467 [6])

Aerial UE ratio	Case 1	Case 5	Case 1	Case 5
RU (%)	-	75.13	-	95.4
Average (Mbps)	-	17.39(-2.6%)	-	9.64(-5.2%)
5% ile (Mbps)	-	2.23(-6.7%)	-	0.86(-8.5%)
50% ile (Mbps)	-	13.32(-3.8%)	-	6.05(-7.6%)
95% ile (Mbps)	-	48.90(2.7%)	-	33(-4.3%)

<표 D.6-4> 비행 단말의 데이터에 대한 네트워크 협의를 가정할 때, PDCCH 오류를 포함한 비행 단말의 하향 링크 수율 (R1-1719467 [6])

Aerial UE ratio	Case 1	Case 5	Case 1	Case 5
RU (%)	-	75.13	-	95.4
Average (Mbps)	-	4.47(20.8%)	-	3.02(4.9%)
5% ile (Mbps)	-	0.43(30.3%)	-	0.3(15.4%)
50% ile (Mbps)	-	2.01(19.6%)	-	1.13(5.6%)
95% ile (Mbps)	-	15.05(8%)	-	13.49(1.8%)

<표 D.6-5> 비행 단말의 데이터 및 제어에 대한 네트워크 협의를 가정할 때, PDCCH 오류를 포함한 지상 단말의 하향 링크 수율 (R1-1719467 [6])

Aerial UE ratio	Case 1	Case 5	Case 1	Case 5
RU (%)	-	75.13	-	95.4
Average (Mbps)	-	17.61(-1.3%)	-	9.76(-4.0%)
5% ile (Mbps)	-	2.35(-1.7%)	-	0.93(-1.1%)
50% ile (Mbps)	-	13.5(-2.5%)	-	6.18(-5.6%)

95% ile (Mbps)	-	48.91(2.7%)	-	33.1(-4.0%)
-----------------------	---	-------------	---	-------------

<표 D.6-6> 비행 단말의 데이터 및 제어에 대한 네트워크 협의를 가정할 때, PDCCH 오류를 포함한 비행 단말의 하향 링크 수율 (R1-1719467 [6])

Aerial UE ratio	Case 1	Case 5	Case 1	Case 5
RU (%)	-	75.13	-	95.4
Average (Mbps)	-	4.6(24.3%)	-	3.14(9.0%)
5% ile (Mbps)	-	0.49(48.5%)	-	0.37(42.3%)
50% ile (Mbps)	-	2.07(23.2%)	-	1.17(9.3%)
95% ile (Mbps)	-	15.25(9.4%)	-	13.55(2.3%)

E: 상향 링크에서의 가능한 향상 방안 평가 결과

E.1 전력 제어 기반 해결 방안 평가 결과

E.1.1 단말 전용 부분 경로 손실 보완 인수 방안 평가 결과

<표 E.1.1-1> 단말 전용 부분 경로 손실 보완 인수에 따른 상향 링크 수율 결과 (R1-1719031 [7])

UE Type	Terrestrial UEs			Aerial UEs		
	Baseline	UE specific α combination 1	UE specific α combination 2	Baseline	UE specific α combination 1	UE specific α combination 2
RU [%]						
5% user throughput [Mbps]	1.49	1.26	2.89	1.47	1.26	1.53
5% user throughput gain [%]	0.00	-15.44	93.96	0.00	-14.29	4.08
50% user throughput [Mbps]	4.59	3.64	6.54	2.09	2.04	2.18
50% user throughput gain [%]	0.00	-20.70	42.48	0.00	-2.39	4.31
95% user throughput [Mbps]	15.52	19.53	19.88	21.39	4.92	3.74
95% user throughput gain [%]	0.00	25.84	28.09	0.00	-77.00	-82.52
- Fast fading model - For baseline, aerial UE ratio case 5 is assumed with $P_o = -80dBm$ and $\alpha = 0.8$ for all UEs. - For UE specific α combination 1, $\alpha = 0.8$ for terrestrial UEs and $\alpha = 0.7$ for aerial UEs; $P_o = -80dBm$ for all UEs - For UE specific α combination 2, $\alpha = 0.8$ for terrestrial UEs and $\alpha = 0.6$ for aerial UEs; $P_o = -80dBm$ for all UEs						

<표 E.1.1-2> 단말 전용 부분 경로 손실 보완 인수에 따른 지상 단말 상향 링크 수율 결과 (R1-1719031 [7])

Offered Traffic Per Cell [Mbps]	2.02				3.77			
Aerial UE Ratio Case	Case 5				Case 5			
UE specific alpha combination	1	2	3	4	1	2	3	4
RU [%]	20				50			
5% user throughput [Mbps]	1.77	2.12	0.19	0.18	0.76	1.12	0.00	0.00
5% user throughput gain [%]	0.00	19.54	-89.03	-89.80	0.00	46.87	-100.00	-100.00
50% user throughput [Mbps]	11.84	12.98	2.61	2.85	7.14	9.07	0.07	0.09
50% user throughput gain [%]	0.00	9.59	-77.92	-75.91	0.00	27.04	-99.05	-98.78
Mean throughput [Mbps]	11.65	12.52	3.50	3.69	7.96	9.57	0.26	0.45
Mean throughput gain [%]	0.00	7.49	-69.94	-68.32	0.00	20.23	-96.72	-94.34
95% user throughput [Mbps]	21.22	21.71	9.76	10.10	18.44	20.14	0.93	2.42
95% user throughput gain [%]	0.00	2.29	-54.00	-52.41	0.00	9.24	-94.96	-86.86

- Fast fading modelled.
 - For all UEs, $P_o = -85dBm$
 - For UE specific α combination 1, $\alpha = 0.8$ for terrestrial UEs and $\alpha = 0.7$ for aerial UEs;
 - For UE specific α combination 2, $\alpha = 0.8$ for terrestrial UEs and $\alpha = 0.7$ for aerial UEs;
 - For UE specific α combination 3, $\alpha = 0.7$ for terrestrial UEs and $\alpha = 0.7$ for aerial UEs;
 - For UE specific α combination 4, $\alpha = 0.7$ for terrestrial UEs and $\alpha = 0.6$ for aerial UEs.

<표 E.1.1-4> 고도에 따른 단말 전용 부분 경로 손실 보완 인수 적용을 수행할 때, 비행 단말 상향 링크 수율 결과 (R1-1719031 [7])

UE Type	Terrestrial UEs			Aerial UEs		
	Baseline	UE specific α combination 1	UE specific α combination 2	Baseline	UE specific α combination 1	UE specific α combination 2
RU [%]						
5% user throughput [Mbps]	0.7	1.3	1.3	2	2.4	2.1
5% user throughput gain [%]	0.0	74.6	74.2	0.0	17.7	4.5
50% user throughput [Mbps]	3.4	5.3	8	7.6	10.5	8
50% user throughput gain						

[%]	0.0	54.1	132	0.0	38.3	5.4
95% user throughput [Mbps]	10.9	21.6	21.5	21.2	26.3	20.3
95% user throughput gain [%]	0.0	98.6	97.9	0.0	24.1	-4.2
- Fast fading model in B.1.2 is used for aerial UEs. - For baseline, aerial UE ratio case 5 is assumed with $P_0 = -80dBm$ and $\alpha = 0.8$ for all UEs. - For UE specific α combination 1, $\alpha = 0.8$ for terrestrial UEs, $\alpha = 0.8$ for aerial UEs below 100m and $\alpha = 0.7$ for aerial UEs above 100m; $P_0 = -80dBm$ for all UEs - For UE specific α combination 2, $\alpha = 0.8$ for terrestrial UEs, $\alpha = 0.8$ for aerial UEs below 30m, $\alpha = 0.74$ for aerial UEs above 30m and below 100m, $\alpha = 0.72$ for aerial UEs above 100m; $P_0 = -80dBm$ for all UEs						

<표 E.1.1-3> 단말 전용 부분 경로 손실 보완 인수에 따른 비행 단말 상향 링크 수율 결과 (R1-1719031 [7])

Offered Traffic Per Cell [Mbps]	2.02				3.77			
Aerial UE Ratio Case	Case 5				Case 5			
UE specific alpha combination	1	2	3	4	1	2	3	4
RU [%]	20				50			
5% user throughput [Mbps]	13.79	6.46	6.46	1.64	8.81	4.12	0.00	0.00
5% user throughput gain [%]	0.00	-53.16	-53.16	-88.11	0.00	-53.20	-100.00	-100.00
50% user throughput [Mbps]	20.91	12.35	12.40	4.57	17.66	10.20	9.94	2.59
50% user throughput gain [%]	0.00	-40.94	-40.70	-78.14	0.00	-42.25	-43.70	-85.34
Mean throughput [Mbps]	20.01	12.21	12.23	4.73	17.12	10.08	8.40	2.82
Mean throughput gain [%]	0.00	-38.99	-38.90	-76.38	0.00	-41.11	-50.94	-83.54
95% user throughput [Mbps]	23.04	16.95	17.01	8.29	22.72	15.80	15.88	7.19
95% user throughput gain [%]	0.00	-26.43	-26.19	-64.00	0.00	-30.45	-30.11	-68.33
- Fast fading in B.1.1 is used for aerial UEs. - For all UEs, $P_0 = -85dBm$ - For UE specific α combination 1, $\alpha = 0.8$ for terrestrial UEs and $\alpha = 0.7$ for aerial UEs; - For UE specific α combination 2, $\alpha = 0.8$ for terrestrial UEs and $\alpha = 0.7$ for aerial UEs; - For UE specific α combination 3, $\alpha = 0.7$ for terrestrial UEs and $\alpha = 0.7$ for aerial UEs; - For UE specific α combination 4, $\alpha = 0.7$ for terrestrial UEs and $\alpha = 0.6$ for aerial UEs.								

E.1.2 단말 전용 P₀ 계수 방안 평가 결과

<표 E.1.2-1> 단말 전용 P₀ 계수 설정에 따른 지상 단말 상향 링크 수율 (R1-1719031 [7])

Offered Traffic Per Cell [Mbps]	3.77					
	Baseline	UE specific P ₀ combination1	UE specific P ₀ combination2	UE specific P ₀ combination3	UE specific P ₀ combination4	UE specific P ₀ combination5
RU [%]	50.00	48.59	46.91	44.97	45.45	45.44
5% user throughput [Mbps]	0.76	0.82	0.88	0.99	0.98	1.02

5% user throughput gain [%]	0.00	7.89	15.79	30.26	28.95	34.21
50% user throughput [Mbps]	7.14	7.45	7.92	8.38	8.40	8.75
50% user throughput gain [%]	0.00	4.34	10.92	17.37	17.65	22.55
Mean throughput [Mbps]	7.96	8.24	8.64	9.03	9.03	9.27
Mean throughput gain [%]	0.00	3.52	8.54	13.44	13.44	16.46
95% user throughput [Mbps]	18.44	18.72	19.54	19.66	19.64	20.10
95% user throughput gain [%]	0.00	1.52	5.97	6.62	6.51	9.00
<p>- Fast fading is modelled.</p> <p>- For baseline, aerial UE ratio case 5 is assumed $P_0 = -85dBm$ and $\alpha = 0.8$ for all UEs.</p> <p>- For UE specific P_0combination1, $P_0 = -85dBm$ for terrestrial UEs and $P_0 = -86dBm$ for aerial UEs. $\alpha = 0.8$ for all UEs.</p> <p>- For UE specific P_0combination2, $P_0 = -85dBm$ for terrestrial UEs and $P_0 = -87dBm$ for aerial UEs. $\alpha = 0.8$ for all UEs.</p> <p>- For UE specific P_0combination3, $P_0 = -85dBm$ for terrestrial UEs and $P_0 = -88dBm$ for aerial UEs. $\alpha = 0.8$ for all UEs.</p> <p>- For UE specific P_0combination4, $P_0 = -85dBm$ for terrestrial UEs and $P_0 = -89dBm$ for aerial UEs. $\alpha = 0.8$ for all UEs.</p> <p>- For UE specific P_0combination1, $P_0 = -85dBm$ for terrestrial UEs and $P_0 = -90dBm$ for aerial UEs. $\alpha = 0.8$ for all UEs.</p>						

<표 E.1.2-2> 단말 전용 P0 계수 설정에 따른 비행 단말 상향 링크 수율 (R1-1719031 [7])

Offered Traffic Per Cell [Mbps]	3.77					
	Baseline	UE specific P_0 combination 1	UE specific P_0 combination 2	UE specific P_0 combination 3	UE specific P_0 combination 4	UE specific P_0 combination 5
RU [%]	50	48.59	46.91	44.97	45.45	45.44
5% user throughput [Mbps]	8.81	8.53	7.91	7.38	6.74	5.88
5% user throughput gain [%]	0.00	-3.18	-10.22	-16.23	-23.50	-33.26
50% user throughput [Mbps]	17.66	17.34	16.12	15.48	14.45	13.00
50% user throughput gain [%]	0.00	-1.81	-8.72	-12.34	-18.18	-26.39
Mean throughput [Mbps]	17.12	16.68	15.70	15.02	14.02	12.72
Mean throughput gain [%]	0.00	-2.57	-8.29	-12.27	-18.11	-25.70
95% user throughput [Mbps]	22.72	22.28	21.48	20.70	19.73	18.19
95% user throughput gain [%]	0.00	-1.94	-5.46	-8.89	-13.16	-19.94
<p>- Fast fading model.</p> <p>- For baseline, aerial UE ratio case 5 is assumed $P_0 = -85dBm$ and $\alpha = 0.8$ for all UEs.</p> <p>- For UE specific P_0combination1, $P_0 = -85dBm$ for terrestrial UEs and $P_0 = -86dBm$ for aerial UEs. $\alpha = 0.8$ for all UEs.</p> <p>- For UE specific P_0combination2, $P_0 = -85dBm$ for terrestrial UEs and $P_0 = -87dBm$ for aerial UEs. $\alpha = 0.8$ for all UEs.</p>						

- For UE specific P_0 combination3, $P_0 = -85dBm$ for terrestrial UEs and $P_0 = -88dBm$ for aerial UEs. $\alpha = 0.8$ for all UEs.
- For UE specific P_0 combination4, $P_0 = -85dBm$ for terrestrial UEs and $P_0 = -89dBm$ for aerial UEs. $\alpha = 0.8$ for all UEs.
- For UE specific P_0 combination1, $P_0 = -85dBm$ for terrestrial UEs and $P_0 = -90dBm$ for aerial UEs. $\alpha = 0.8$ for all UEs.

<표 E.1.2-3> 단말 전용 P0 계수 및 단말 전용 α 인수 적용시 상향 링크 수율 평가 결과: 저 부하 (Low load, UMa-AV 채널) (R1-1720784 [8])

Low Load										
Aerial UE ratio case	Combination	RU	Aerial UE throughput [Mbps]				Terrestrial UE throughput [Mbps]			
			Mean	5%	50%	95%	Mean	5%	50%	95%
Case 3	alpha = 0.8 $P_0=-83$	18%	12.41	5.35	11.49	22.19	7.31	0.64	4.40	22.19
Case 3	alpha = 0.8 $P_0=-86$	18%	10.14	4.13	9.49	18.16	7.43	0.65	4.71	23.17
			-18.3%	-22.8%	-17.4%	-18.2%	1.7%	1.6%	7.2%	4.4%
Case 3	alpha = 0.8 $P_0=-89$	19%	7.55	3.16	6.91	13.94	7.62	0.66	4.93	23.43
			-39.2%	-41.0%	-39.9%	-37.2%	4.2%	3.3%	12.2%	5.6%
Case 3	alpha = 1 $P_0=-100$	19%	13.76	5.87	12.60	26.21	7.25	0.64	4.70	22.55
			10.9%	9.7%	9.6%	18.1%	-0.7%	-0.2%	6.8%	1.6%
Case 3	alpha = 1 $P_0=-105$	18%	10.16	4.91	9.12	18.89	7.36	0.64	4.59	22.67
			-18.1%	-8.2%	-20.7%	-14.9%	0.8%	0.1%	4.5%	2.2%
Case 3	alpha = 1 $P_0=-110$	19%	6.47	2.84	6.03	11.34	7.53	0.65	4.82	22.92
			-47.9%	-46.8%	-47.6%	-48.9%	3.0%	1.5%	9.5%	3.3%
Case 5	alpha = 0.8 $P_0=-83$	25%	8.41	3.05	7.33	17.55	5.96	0.60	4.15	16.91
Case 5	alpha = 0.8 $P_0=-86$	25%	7.09	2.89	6.18	14.17	6.03	0.59	4.20	18.89
			-15.6%	-5.4%	-15.8%	-19.3%	1.1%	-1.3%	1.1%	11.7%
Case 5	alpha = 0.8 $P_0=-89$	25%	5.77	2.30	5.12	11.52	6.48	0.60	4.25	19.88
			-31.3%	-24.6%	-30.2%	-34.3%	8.7%	-0.1%	2.4%	17.5%
Case 5	alpha = 1 $P_0=-100$	26%	8.76	3.37	7.65	17.92	5.14	0.58	3.45	15.36
			4.2%	10.4%	4.4%	2.1%	-13.8%	-3.1%	-16.8%	-9.2%
Case 5	alpha = 1 $P_0=-105$	25%	7.01	2.72	6.26	13.75	5.73	0.58	3.68	18.00
			-16.6%	-11.0%	-14.6%	-21.6%	-3.9%	-2.0%	-11.2%	6.4%
Case 5	alpha = 1 $P_0=-110$	24%	5.10	2.14	4.67	9.51	6.83	0.60	4.64	20.66
			-39.3%	-29.8%	-36.4%	-45.8%	14.5%	0.3%	11.8%	22.2%
- Fast fading - The UE specific P_0 combination is only applied to aerial UE - For all combinations, $P_0=-83dBm$ and $\alpha=0.8$ is assumed for terrestrial UE.										

<표 E.1.2-4> 단말 전용 P0 계수 및 단말 전용 α 인수 적용시 상향 링크 수율 평가 결과: 고 부하 (High load, UMa-AV 채널) (R1-1720784 [8])

High Load										
Aerial UE ratio case	Combination	RU	Aerial UE throughput [Mbps]				Terrestrial UE throughput [Mbps]			
			Mean	5%	50%	95%	Mean	5%	50%	95%
Case 3	alpha =	47%	5.81	2.00	4.95	12.95	3.99	0.55	2.82	11.59

	0.8 P ₀ =-83									
Case 3	alpha = 0.8 P ₀ =-86	46%	5.07 -12.8%	2.08 4.0%	4.32 -12.8%	10.78 -16.7%	4.41 10.6%	0.55 1.5%	3.11 10.5%	13.11 13.1%
Case 3	alpha = 0.8 P ₀ =-89	44%	3.59 -38.2%	1.26 -36.8%	3.14 -36.6%	7.48 -42.2%	4.51 13.1%	0.55 1.1%	3.09 9.8%	13.57 17.2%
Case 3	alpha = 1 P ₀ =-100	45%	6.88 18.3%	2.45 23.0%	5.75 16.3%	15.95 23.2%	3.89 -2.5%	0.54 -1.3%	2.63 -6.5%	11.65 0.6%
Case 3	alpha = 1 P ₀ =-105	42%	4.88 -16.0%	1.86 -7.0%	4.20 -15.0%	10.16 -21.5%	4.32 8.4%	0.56 1.9%	2.99 6.4%	12.75 10.0%
Case 3	alpha = 1 P ₀ =-110	44%	3.28 -43.6%	1.24 -37.8%	2.77 -44.0%	6.91 -46.6%	4.65 16.6%	0.56 2.5%	3.25 15.6%	13.94 20.3%
Case 5	alpha = 0.8 P ₀ =-83	69%	2.25	0.63	1.80	5.50	2.05	0.43	1.39	5.94
Case 5	alpha = 0.8 P ₀ =-86	69%	2.08 -7.6%	0.56 -11.9%	1.68 -6.8%	5.07 -7.8%	2.51 22.4%	0.44 3.9%	1.67 19.9%	7.54 27.0%
Case 5	alpha = 0.8 P ₀ =-89	67%	1.90 -15.7%	0.56 -11.2%	1.52 -15.6%	4.45 -19.0%	2.92 42.6%	0.50 16.9%	1.95 40.6%	8.87 49.3%
Case 5	alpha = 1 P ₀ =-100	71%	2.31 2.5%	0.66 3.8%	1.85 2.8%	5.50 0.0%	1.75 -14.5%	0.43 2.1%	1.20 -13.8%	4.90 -17.5%
Case 5	alpha = 1 P ₀ =-105	70%	2.01 -11.0%	0.59 -6.5%	1.65 -8.2%	4.76 -13.4%	2.29 11.7%	0.45 6.5%	1.56 12.4%	6.56 10.5%
Case 5	alpha = 1 P ₀ =-110	68%	1.68 -25.4%	0.52 -18.6%	1.38 -23.5%	3.87 -29.5%	3.22 57.3%	0.53 25.6%	2.09 50.7%	9.80 65.0%

- Fast fading in B.1.1 is used for aerial UEs.
 - The UE specific P₀ combination is only applied to aerial UE
 - For all combinations, P₀=-83dBm and alpha=0.8 is assumed for terrestrial UE.

<표 E.1.2-5> 단말 전용 P0 계수 및 단말 전용 α 인수 적용시 상향 링크 수율 평가 결과: 저 부하 (Low load, RMa-AV 채널) (R1-1720784 [8])

Low Load										
Aerial UE ratio case	Combination	RU	Aerial UE throughput [Mbps]				Terrestrial UE throughput [Mbps]			
			Mean	5%	50%	95%	Mean	5%	50%	95%
Case 3	alpha = 0.8 P ₀ =-83	17%	18.52	6.49	18.24	31.54	20.16	5.98	18.81	36.16
Case 3	alpha = 0.8 P ₀ =-86	17%	15.28 -17.5%	6.33 -2.6%	14.51 -20.4%	26.72 -15.3%	20.84 3.4%	6.18 3.2%	19.78 5.2%	36.79 1.8%
Case 3	alpha = 0.8 P ₀ =-89	17%	12.32 -33.5%	5.25 -19.1%	11.62 -36.3%	21.29 -32.5%	21.19 5.1%	6.86 14.7%	19.97 6.2%	36.79 1.8%
Case 3	alpha = 1 P ₀ =-100	17%	18.00 -2.8%	6.83 5.2%	17.48 -4.2%	30.84 -2.2%	19.92 -1.2%	5.68 -5.1%	18.56 -1.3%	35.55 -1.7%
Case 3	alpha = 1 P ₀ =-105	17%	14.13 -23.7%	5.42 -16.5%	13.40 -26.5%	24.82 -21.3%	20.90 3.7%	6.38 6.7%	20.07 6.7%	36.79 1.8%
Case 3	alpha = 1 P ₀ =-110	18%	9.30 -49.8%	4.23 -34.8%	8.81 -51.7%	15.59 -50.6%	21.44 6.3%	6.92 15.7%	20.46 8.8%	36.79 1.8%
Case 5	alpha = 0.8 P ₀ =-83	34%	9.11	2.99	7.81	20.07	9.56	2.18	7.91	22.43
Case 5	alpha = 0.8	33%	8.57 -5.9%	3.00 0.3%	7.53 -3.6%	17.85 -11.1%	12.01 25.6%	2.92 34.3%	10.51 32.8%	26.55 18.4%

	$P_0=-86$									
Case 5	alpha = 0.8 $P_0=-89$	29%	7.33	2.53	6.49	14.98	13.86	3.68	12.56	28.73
			-19.6%	-15.4%	-16.9%	-25.4%	45.0%	69.3%	58.7%	28.1%
Case 5	alpha = 1 $P_0=-100$	36%	8.71	2.88	7.36	19.24	8.64	1.81	6.84	21.29
			-4.4%	-3.6%	-5.8%	-4.1%	-9.6%	-16.6%	-13.5%	-5.1%
Case 5	alpha = 1 $P_0=-105$	31%	7.44	2.65	6.61	15.25	12.04	2.99	10.54	26.21
			-18.4%	-11.3%	-15.4%	-24.0%	26.0%	37.5%	33.2%	16.9%
Case 5	alpha = 1 $P_0=-110$	29%	5.85	2.30	5.28	11.22	15.52	4.08	14.41	31.54
			-35.8%	-22.9%	-32.5%	-44.1%	62.4%	87.5%	82.1%	40.6%

- Fast fading in B.1.1 is used for aerial UEs.
 - The UE specific P_0 combination is only applied to aerial UE
 - For all combinations, $P_0=-83$ dB and $\alpha=0.8$ is assumed for terrestrial UE.

<표 E.1.2-6> 단말 전용 P_0 계수 및 단말 전용 α 인수 적용시 상향 링크 수율 평가 결과: 고 부하 (High load, RMa-AV 채널) (R1-1720784 [8])

High Load										
Aerial UE ratio case	Combination	RU	Aerial UE throughput [Mbps]				Terrestrial UE throughput [Mbps]			
			Mean	5%	50%	95%	Mean	5%	50%	95%
			Case 3	alpha = 0.8 $P_0=-83$	42%	11.85	3.52	10.03	26.21	12.94
Case 3	alpha = 0.8 $P_0=-86$	46%	10.47	3.38	9.04	21.96	13.77	3.45	11.72	31.78
			-11.6%	-4.0%	-9.9%	-16.2%	6.5%	15.7%	8.7%	2.3%
Case 3	alpha = 0.8 $P_0=-89$	42%	8.45	3.02	7.46	17.40	14.74	3.88	12.79	33.03
			-28.7%	-14.1%	-25.6%	-33.6%	13.9%	30.0%	18.6%	6.3%
Case 3	alpha = 1 $P_0=-100$	42%	12.87	3.69	11.19	27.59	12.82	2.88	10.49	31.07
			8.6%	4.7%	11.5%	5.3%	-0.9%	-3.5%	-2.7%	0.0%
Case 3	alpha = 1 $P_0=-105$	40%	9.71	3.45	8.39	19.88	14.42	3.63	12.41	32.77
			-18.0%	-1.9%	-16.4%	-24.2%	11.4%	21.7%	15.1%	5.5%
Case 3	alpha = 1 $P_0=-110$	37%	6.06	2.27	5.53	12.02	15.47	4.02	13.66	33.83
			-48.8%	-35.5%	-44.9%	-54.2%	19.6%	34.7%	26.7%	8.9%
Case 5	alpha = 0.8 $P_0=-83$	71%	2.88	0.61	2.20	7.53	2.84	0.53	1.93	8.59
Case 5	alpha = 0.8 $P_0=-86$	68%	2.80	0.62	2.21	7.04	4.06	0.70	2.91	11.40
			-2.6%	1.5%	0.3%	-6.5%	42.7%	31.6%	51.0%	32.6%
Case 5	alpha = 0.8 $P_0=-89$	67%	2.63	0.65	2.14	6.17	5.60	0.93	4.21	15.20
			-8.6%	6.6%	-2.8%	-18.1%	97.1%	75.4%	118.6%	76.8%
Case 5	alpha = 1 $P_0=-100$	75%	2.66	0.66	2.01	7.00	2.42	0.50	1.64	7.41
			-7.4%	7.4%	-8.7%	-7.0%	-15.0%	-5.0%	-14.8%	-13.8%
Case 5	alpha = 1 $P_0=-105$	67%	2.72	0.68	2.21	6.33	4.70	0.78	3.42	13.23
			-5.3%	11.7%	0.6%	-16.0%	65.2%	47.7%	77.6%	53.9%
Case 5	alpha = 1 $P_0=-110$	66%	2.11	0.58	1.76	4.91	6.84	1.21	5.20	17.92
			-26.7%	-4.5%	-20.0%	-34.8%	140.5%	128.1%	170.1%	108.5%

- Fast fading in B.1.1 is used for aerial UEs.
 - The UE specific P_0 combination is only applied to aerial UE
 - For all combinations, $P_0=-83$ dB and $\alpha=0.8$ is assumed for terrestrial UE.

<표 E.1.2-7> 단말 전용 P_0 계수 및 단말 전용 α 인수 적용시 상향 링크 수율 평가 결과: 저 부하 (Low load, UMi-AV 채널) (R1-1720784 [8])

Low Load

Aerial UE ratio case	Combination	RU	Aerial UE throughput [Mbps]				Terrestrial UE throughput [Mbps]			
			Mean	5%	50%	95%	Mean	5%	50%	95%
Case 3	alpha = 0.8 P ₀ =-83	16%	11.55	4.90	10.49	21.08	10.88	1.32	9.24	26.05
Case 3	alpha = 0.8 P ₀ =-86	16%	9.59	4.27	9.16	16.91	11.32	1.39	9.85	26.72
			-17.0%	-12.9%	-12.7%	-19.8%	4.0%	4.6%	6.6%	2.5%
Case 3	alpha = 0.8 P ₀ =-89	15%	7.61	3.35	7.19	12.79	11.59	1.39	10.13	27.24
			-34.1%	-31.7%	-31.4%	-39.3%	6.5%	4.8%	9.7%	4.5%
Case 3	alpha = 1 P ₀ =-100	16%	12.90	5.48	11.95	23.56	10.66	1.29	9.02	25.89
			11.6%	11.7%	14.0%	11.8%	-2.1%	-2.9%	-2.4%	-0.6%
Case 3	alpha = 1 P ₀ =-105	15%	9.69	3.98	9.40	15.95	11.53	1.39	10.08	26.89
			-16.1%	-18.8%	-10.3%	-24.3%	6.0%	4.7%	9.1%	3.2%
Case 3	alpha = 1 P ₀ =-110	16%	6.15	3.13	5.94	10.33	11.60	1.39	10.18	27.24
			-46.7%	-36.1%	-43.3%	-51.0%	6.6%	5.2%	10.2%	4.5%
Case 5	alpha = 0.8 P ₀ =-83	25%	7.85	2.92	7.29	14.87	7.16	0.89	5.71	18.24
Case 5	alpha = 0.8 P ₀ =-86	24%	6.84	2.72	6.30	12.87	8.20	1.01	6.66	20.46
			-12.9%	-6.9%	-13.7%	-13.5%	14.4%	13.5%	16.5%	12.2%
Case 5	alpha = 0.8 P ₀ =-89	25%	5.82	2.29	5.49	10.51	8.94	1.13	7.37	21.51
			-25.9%	-21.5%	-24.7%	-29.3%	24.8%	27.4%	29.0%	17.9%
Case 5	alpha = 1 P ₀ =-100	25%	7.88	2.91	7.15	15.53	6.44	0.81	4.96	17.19
			0.3%	-0.4%	-2.0%	4.4%	-10.1%	-9.0%	-13.2%	-5.7%
Case 5	alpha = 1 P ₀ =-105	23%	6.64	2.64	6.25	12.09	8.38	1.00	6.84	20.66
			-15.4%	-9.6%	-14.3%	-18.7%	17.0%	12.3%	19.7%	13.3%
Case 5	alpha = 1 P ₀ =-110	25%	4.58	1.85	4.36	8.16	9.34	1.14	7.84	22.67
			-41.7%	-36.9%	-40.3%	-45.1%	30.3%	28.3%	37.2%	24.3%
- Fast fading - The UE specific P ₀ combination is only applied to aerial UE - For all combinations, P ₀ =-83dBm and alpha=0.8 is assumed for terrestrial UE.										

<표 E.1.2-8> 단말 전용 P0 계수 및 단말 전용 α 인수 적용시 상향 링크 수율 평가 결과: 고 부하 (High load, UMi-AV 채널) (R1-1720784 [8])

High Load										
Aerial UE ratio case	Combination	RU	Aerial UE throughput [Mbps]				Terrestrial UE throughput [Mbps]			
			Mean	5%	50%	95%	Mean	5%	50%	95%
Case 3	alpha = 0.8 P ₀ =-83	48%	6.97	2.25	6.18	14.77	6.41	0.86	4.91	17.12
Case 3	alpha = 0.8 P ₀ =-86	46%	5.29	1.89	4.63	10.76	6.73	0.93	5.22	17.55
			-24.1%	-15.9%	-25.1%	-27.2%	5.1%	9.3%	6.5%	2.5%
Case 3	alpha = 0.8 P ₀ =-89	45%	4.57	1.56	3.97	9.55	7.10	0.97	5.60	18.32
			-34.4%	-30.8%	-35.7%	-35.3%	10.8%	13.2%	14.2%	7.0%
Case 3	alpha = 1 P ₀ =-100	47%	7.77	2.73	6.96	15.59	6.31	0.89	4.84	16.71
			11.6%	21.0%	12.6%	5.6%	-1.6%	4.3%	-1.3%	-2.4%
Case 3	alpha = 1 P ₀ =-105	44%	5.47	1.87	4.87	11.31	6.77	0.95	5.33	17.70
			-21.5%	-17.1%	-21.2%	-23.5%	5.6%	11.5%	8.6%	3.4%
Case 3	alpha = 1 P ₀ =-110	42%	3.63	1.37	3.23	7.09	7.57	1.07	5.98	19.24
			-47.9%	-39.4%	-47.7%	-52.0%	18.2%	25.0%	22.0%	12.4%
Case 5	alpha = 0.8 P ₀ =-83	67%	2.49	0.58	1.90	6.44	2.38	0.52	1.58	6.99
Case 5	alpha = 0.8 P ₀ =-86	64%	2.29	0.61	1.87	5.47	3.08	0.56	2.04	9.10
			-8.0%	4.9%	-1.8%	-15.1%	29.1%	7.8%	29.6%	30.2%
Case 5	alpha = 0.8 P ₀ =-89	60%	2.12	0.58	1.68	5.21	3.76	0.59	2.55	11.16
			-14.9%	0.2%	-11.6%	-19.1%	57.7%	13.6%	61.5%	59.6%
Case 5	alpha = 1 P ₀ =-100	73%	2.18	0.58	1.72	5.46	1.79	0.43	1.20	5.17
			-12.6%	0.0%	-9.9%	-15.2%	-24.9%	-16.1%	-24.0%	-26.0%
Case 5	alpha = 1 P ₀ =-105	62%	2.11	0.56	1.67	5.32	3.06	0.55	2.01	9.18
			-15.2%	-3.6%	-12.3%	-17.4%	28.5%	6.3%	27.6%	31.3%
Case 5	alpha = 1 P ₀ =-110	61%	1.73	0.51	1.43	3.98	4.08	0.64	2.70	12.41
			-30.7%	-12.1%	-24.8%	-38.2%	71.0%	24.3%	71.5%	77.5%

- Fast fading in B.1.1 is used for aerial UEs.
 - The UE specific P₀ combination is only applied to aerial UE
 - For all combinations, P₀=-83dBm and alpha=0.8 is assumed for terrestrial UE.

E.1.3 폐쇄 루프 전력 제어를 통한 방안 평가 결과

<표 E.1.3-1> 폐쇄 루프 전력 제어를 통한 방안 평가 결과 (R1-1719031 [7])

UE Type	Terrestrial UEs		Aerial UEs	
	Baseline	Closed loop power control	Baseline	Closed loop power control
Aerial UE Ratio Case				
RU [%]	50.00	50.11	50	50.11
5% user throughput [Mbps]	0.76	0.58	8.81	10.04
5% user throughput gain [%]	0.00	-24.34	0.00	13.98
50% user throughput [Mbps]	7.14	11.11	17.66	18.96
50% user throughput gain [%]	0.00	55.61	0.00	7.39
Mean throughput [Mbps]	7.96	11.08	17.12	18.20
Mean throughput gain [%]	0.00	39.22	0.00	6.33
95% user throughput [Mbps]	18.44	23.19	22.72	23.27
95% user throughput gain [%]	0.00	25.75	0.00	2.40

- Fast fading model.
- For baseline, aerial UE ratio case 5 is assumed $P_0 = -85dBm$ and $\alpha = 0.8$ for all UEs.
- For closed loop power control, a target received power of -94 dBm is assumed for terrestrial UEs.

E.2 전차원 MIMO 해결 방안 평가 결과

<표 E.2-1> 전차원 MIMO 적용시 모든 단말에 대한 상향 링크 수율 평가 결과 (R1-1719031 [7])

Offered Traffic Per Cell [Mbps]	5.40		7.8	
	Case 1	Case 5	Case 1	Case 5
Aerial UE Ratio Case				
RU [%]	25.75	26.76	37.39	40.91
5% user throughput [Mbps]	1.66	1.78	1.52	1.39
5% user throughput gain [%]	0	7	0	-9
50% user throughput [Mbps]	13.93	21.3	12.6	16.57
50% user throughput gain [%]	0	53	0	32
Mean throughput [Mbps]	16.64	18.91	15.05	15.85
Mean throughput gain [%]	0	14	0	5
95% user throughput [Mbps]	36.89	36	34.11	32.03
95% user throughput gain [%]	0	-2	0	-6

- Fast fading model
 - Handover margin of 3dB assumed.
 - BS antenna with (M, N, P) = (8, 4, 2) according to [3] with 16 Rx is assumed for evaluations.

<표 E.2-2> 전차원 MIMO 적용시 지상 단말에 대한 상향 링크 수율 평가 결과 (R1-1720054 [9])

Offered Traffic Per Cell [Mbps]	6.8		12	
	Case 1	Case 5	Case 1	Case 5
Aerial UE Ratio Case				
RU [%]	19.86	19.04	49.68	56.09
5% user throughput [Mbps]	7.27	6.81	4.41	3.06
5% user throughput gain [%]	0	-6	0	-31
50% user throughput [Mbps]	30.5	29.66	22.48	19.2
50% user throughput gain [%]	0	-3	0	-15
Mean throughput [Mbps]	27.1	26.51	21.6	19.08
Mean throughput gain [%]	0	-2	0	-12
95% user throughput [Mbps]	36.4	36.39	36.31	36.21
95% user throughput gain [%]	0	0	0	0

- Fast fading modelled.
 - Handover margin of 0dB assumed.
 - BS antenna with (M, N, P) = (8, 4, 2) with 8 Rx is assumed for evaluations.
 - Open loop power control with $P_0 = -96dBm$ and $\alpha = 0.9$

E.3 단말의 지향성 안테나 해결 방안 평가 결과

<표 E.3-1> 65도 빔폭을 가지는 비행 단말 지향성 안테나를 가정할 때, 상향 링크 지상 단말 수율 (R1-1720054 [9])

Offered Traffic Per Cell [Mbps]	1.8					4.2				
	Case 1	Case 5				Case 1	Case 5			
Aerial UE Ratio Case		DOT	Non-ideal LOS	Ideal LOS	Omni	Omni	DOT	Non-ideal LOS	Ideal LOS	Omni
Antenna steering	Omni									
RU [%]	18.31	13.29	21.26	18.44	18.99	44.46	39.85	58.63	45.62	67.31
5% user throughput [Mbps]	2.75	2.84	2.42	2.79	1.74	1.32	1.11	0.78	1.32	0.4
5% user throughput gain [%]	0	3	-12	1	-37	0	-16	-41	0	-70
50% user throughput	22.24	20.97	20.48	21.78	18.92	15.67	14.88	10.41	14.73	5.85

[Mbps]										
50% user throughput gain [%]	0	-6	-8	-2	-15	0	-5	-34	-6	-63
Mean throughput [Mbps]	21.74	21.37	20.49	21.51	19.21	17.25	16.28	12.81	16.48	8.12
Mean throughput gain [%]	0	-2	-6	-1	-12	0	-6	-26	-4	-53
95% user throughput [Mbps]	36.38	36.37	36.35	36.36	36.3	36.27	35.84	31.69	36.06	23.73
95% user throughput gain [%]	0	0	0	0	0	0	-1	-13	-1	-35
- Fast fading modelled. - Open loop power control with $P_0 = -96dBm$ and $\alpha = 0.9$ - For non-ideal LOS case, standard deviation of tracking error is 40°										

<표 E.3-2> 35도 빔폭을 가지는 비행 단말 지향성 안테나를 가정할 때, 상향 링크 지상 단말 수율 (R1-1720054 [9])

Offered Traffic Per Cell [Mbps]	1.8					4.2				
Aerial UE Ratio Case	Case 1	Case 5				Case 1	Case 5			
Antenna steering	Omni	DOT	Non-ideal LOS	Ideal LOS	Omni	Omni	DOT	Non-ideal LOS	Ideal LOS	Omni
RU [%]	18.31	12.47	19.24	17.5	18.99	44.46	35.64	49.48	41.45	67.31
5% user throughput [Mbps]	2.75	2.46	2.72	2.92	1.74	1.32	1.47	1.36	1.66	0.4
5% user throughput gain [%]	0	-11	-1	6	-37	0	11	3	26	-70
50% user throughput [Mbps]	22.24	22.01	22.02	22.6	18.92	15.67	16.62	14.63	17.04	5.85
50% user throughput gain [%]	0	-1	-1	2	-15	0	6	-7	9	-63
Mean throughput [Mbps]	21.74	21.62	21.69	22.1	19.21	17.25	17.54	16.37	17.98	8.12
Mean throughput gain [%]	0	-1	0	2	-12	0	2	-5	4	-53
95% user throughput [Mbps]	36.38	36.38	36.37	36.38	36.3	36.27	36.24	35.97	36.25	23.73
95% user throughput gain [%]	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	-35
- Fast fading modelled. - Open loop power control with $P_0 = -96dBm$ and $\alpha = 0.9$ - For non-ideal LOS case, standard deviation of tracking error is 20°										

<표 E.3-3> 65도 빔폭을 가지는 단말 지향성 안테나를 가정할 때, 상향 링크 비행 단말 수율 (R1-1720054 [9])

Offered Traffic Per Cell [Mbps]	1.8				4.2			
Aerial UE Ratio Case	Case 5				Case 5			
Antenna steering	DOT	Non-ideal LOS	Ideal LOS	Omni	DOT	Non-ideal LOS	Ideal LOS	Omni
RU [%]	13.29	21.26	18.44	18.99	39.85	58.63	45.62	67.31
5% user throughput [Mbps]	16.8	3.47	16.6	10.61	8.7	1.11	8.18	2.28
5% user throughput gain [%]	0	-79	-1	-37	0	-87	-6	-74
50% user throughput [Mbps]	34.36	27.64	36.19	27.56	22.87	12.98	26.38	6.97

50% user throughput gain [%]	0	-20	5	-20	0	-43	15	-70
Mean throughput [Mbps]	30.88	25.06	31.88	26.42	22.59	14.43	24.81	8.84
Mean throughput gain [%]	0	-19	3	-14	0	-36	10	-61
95% user throughput [Mbps]	36.41	36.39	36.42	36.39	36.24	32.25	36.33	21.51
95% user throughput gain [%]	0	0	0	0	0	-11	0	-41
- Fast fading model - Open loop power control with $P_0 = -96dBm$ and $\alpha = 0.9$ - For non-ideal LOS case, standard deviation of tracking error is 40°								

<표 E.3-4> 35도 빔폭을 가지는 단말 지향성 안테나를 가정할 때, 상향 링크 비행 단말 수율 (R1-1720054 [9])

Offered Traffic Per Cell [Mbps]	1.8				4.2			
Aerial UE Ratio Case	Case 5				Case 5			
Antenna steering	DOT	Non-ideal LOS	Ideal LOS	Omni	DOT	Non-ideal LOS	Ideal LOS	Omni
RU [%]	12.47	19.24	17.5	18.99	35.64	49.48	41.45	67.31
5% user throughput [Mbps]	13.56	6.38	17.51	10.61	7.94	2.91	9.81	2.28
5% user throughput gain [%]	0	-53	29	-22	0	-63	24	-71
50% user throughput [Mbps]	33.26	33.16	36.24	27.56	24.51	21.48	30.04	6.97
50% user throughput gain [%]	0	0	9	-17	0	-12	23	-72
Mean throughput [Mbps]	29.96	28.42	32.88	26.42	23.82	21.19	27.73	8.84
Mean throughput gain [%]	0	-5	10	-12	0	-11	16	-63
95% user throughput [Mbps]	36.41	36.42	36.42	36.39	36.33	36.29	36.38	21.51
95% user throughput gain [%]	0	0	0	0	0	0	0	-41
- Fast fading model - Open loop power control with $P_0 = -96dBm$ and $\alpha = 0.9$ - For non-ideal LOS case, standard deviation of tracking error is 20°								

부 록 II-1

(본 부록은 기술보고서를 보충하기 위한 내용으로 기술보고서의 일부는 아님)

지식재산권 요약서 정보

해당 사항 없음

※ 상기 기재된 지식재산권 요약서 이외에도 본 기술보고서가 발간된 후 접수된 요약서가 있을 수 있으니, TTA 웹사이트에서 확인하시기 바랍니다.

부 록 II-2

(본 부록은 기술보고서를 보충하기 위한 내용으로 기술보고서의 일부는 아님)

시험인증 관련 사항

해당 사항 없음

부 록 II-3

(본 부록은 기술보고서를 보충하기 위한 내용으로 기술보고서의 일부는 아님)

본 기술보고서의 연계(family) 표준

해당 사항 없음

부 록 II-4

(본 부록은 기술보고서를 보충하기 위한 내용으로 기술보고서의 일부는 아님)

참고 문헌

- [1] 3GPP TR 36.873: "Study on 3D channel model for LTE", v12.4.0
- [2] R1-1717351: " On interference mitigation schemes for DL", Intel Corporation, RAN1#90bis, October 2017
- [3] R1-1720053: "On interference mitigation schemes for DL", Intel Corporation, RAN1#91, November–December 2017
- [4] R1-1721197: "Downlink interference mitigation for aerial vehicles", Nokia, Nokia Shanghai Bell, RAN1#91, November–December 2017
- [5] R1-1720859: "On DL interference mitigation", Ericsson, RAN1#91, November–December 2017
- [6] R1-1719467: "On DL interference mitigation", Huawei, HiSilicon, RAN1#91, November–December 2017
- [7] R1-1719031: "WF on uplink interference mitigation", Ericsson, LG Electronics, RAN1#90bis, October 2017
- [8] R1-1720784: "Views on issues and solutions in uplink", NTT DOCOMO, RAN1#91, November 2017
- [9] R1-1720054: "On Interference Mitigation schemes for UL", Intel, RAN1#91, November 2017.
- [10] R1-1718872: "WF on baseline results", Ericsson, Intel, Sequans, RAN1#90bis, October 2017.
- [11] R1-1720569: "Baseline evaluation results for LTE aeriels", ZTE, Sanechips, RAN1#91, November 2017.
- [12] R1-1720052: "Baseline evaluation results for UMa AV", Intel, RAN1#91, November 2017.
- [13] R1-1714675: "WF on problem statement on interference in aerial scenarios", Ericsson, Sequans Communications, Intel, NTT DOCOMO, LG, RAN1#90, Aug 2017.
- [14] R1-1718019: "Baseline evaluation results for LTE aeriels", ZTE, Sanechips, RAN1#90bis, October 2017.
- [15] R1-1721196: " Baseline Evaluation Results for Aerial Vehicles", Nokia, Nokia Shanghai Bell, RAN1#91, November 2017.

부 록 II-5

(본 부록은 기술보고서를 보충하기 위한 내용으로 기술보고서의 일부는 아님)

영문기술보고서 해설서

해당 사항 없음

부 록 II-6

(본 부록은 기술보고서를 보충하기 위한 내용으로 기술보고서의 일부는 아님)

기술보고서의 이력

판수	채택일	기술보고서번호	내용	담당 위원회
제1판	2019.11.xx	제정 TTAR-06.xxxx	-	5G 버티컬 서비스 프레임워크 프로젝트 그룹 (SPG35)