

2.3GHz 휴대인터넷
무선접속 기술 평가기준

Evaluation Criteria of Radio
Access Technology for
2.3GHz Portable Internet

서 문

1. 목 적

본 기술보고서는 2.3 GHz 휴대인터넷 무선접속 기술을 평가하기 위해 작성된 기술 평가기준이다.

2. 참조 권고 및 표준

2.1 국제표준(권고)

해당사항 없음.

2.2 국내표준

TTAR.KO-xx.xxxx : 기술보고서 - 2.3GHz 휴대인터넷 서비스 및 네트워크 요구사항

2.3 기 타

3. 지적재산권 관련사항

해당사항 없음.

4. 적합인증 관련사항

해당사항 없음

5. 표준의 이력

판 수	제 · 개정일	제정 및 개정내역
제 1 판	2004.08.10	제정

Preface

1. Purpose

This technical report is evaluation criteria to evaluate proposed Radio Access Technologies for 2.3GHz Portable Internet Service

2. Normative Standards and recommendations

2.1 International Standards

None.

2.2 Domestic Standards

TTAR.KO-xx.xxxx : Technical Report - Service and Network Requirements for 2.3GHz Portable Internet

2.3 Others

3. Intellectual property right

None.

4. Requirements for conformance and certification

None.

5. History of the Standard

Version	Issue Date	Contents
1.0	August 10, 2004	Establishment

목 차

1. 용어 및 약어	1
2. 개요	2
2.1. 문서의 목적	2
2.2. 시스템 파라미터 및 필수 요구사항	2
2.2.1. 주요 시스템 파라미터	2
2.2.1.1. 다중화 방식	2
2.2.1.2. 채널 대역폭	2
2.2.1.3. 다중 접속 방식	2
2.2.2. 무선접속 필수 요구사항	3
2.2.2.1. 주파수 재사용 계수	3
2.2.2.2. 주파수 효율	3
2.2.2.3. Handoff	3
2.2.2.4. 가입자당 전송속도	4
2.2.2.5. 이동성	4
2.2.2.6. 서비스 커버리지	4
2.3. 평가의 범위	5
3. 링크레벨 성능평가	5
3.1. LLS 모델링을 위한 가정	5
3.2. LLS 파라미터	5
3.3. 채널모델	6
3.3.1. Delay Profile	6
3.3.2. 페이딩	7
3.3.3. 다중 안테나 채널 모델*	7
3.4. 성능 평가 항목	7
3.4.1. CINR vs. FER	7
3.4.2. 초기 셀 탐색 성능	8
3.4.3. Carrier Frequency Offset (CFO) Synchronization 특성 (TBD)	8
3.4.4. Symbol Timing Offset (STO) Synchronization 특성 (TBD)	8
3.5. 링크레벨 시뮬레이션 시나리오	8
4. 시스템 레벨 성능평가	9
4.1. 시스템 레벨 시뮬레이션 가정 및 방법	9
4.2. 채널모델	11
4.2.1. Path Loss 모델	11
4.2.2. Log-Normal 쉐도잉 모델	11

4.3.	트래픽 모델.....	12
4.3.1.	최선형 트래픽 (Best Effort).....	12
4.3.2.	실시간 트래픽 (Real Time Traffic).....	12
4.3.3.	비 실시간 (Non-Real Time Traffic).....	12
4.3.4.	Traffic Mix.....	12
4.4.	스케줄링 (Scheduling) 알고리즘.....	13
4.5.	전력 제어 알고리즘*.....	14
4.6.	성능평가 항목.....	14
4.6.1.	Throughput.....	14
4.6.1.1.	셀/섹터 Throughput.....	14
4.6.1.2.	거리별 사용자 Throughput.....	14
4.6.1.3.	이동성 상황에서의 Throughput.....	15
4.6.1.3.1.	균일 이동성 상황.....	15
4.6.1.3.2.	비균일 이동성 상황 (Optional).....	15
4.6.2.	주파수 재사용 계수 (FRF).....	16
4.6.3.	주파수 효율.....	16
4.6.4.	가입자당 전송속도.....	16
4.6.4.1.	최대 전송속도.....	16
4.6.4.2.	최소 전송속도.....	16
4.7.	링크 버짓.....	17
5.	참고문헌.....	18
6.	부록.....	18

그림 목차

그림 1. 채널 페이딩 특성 (중심 주파수: 2.3GHz , 60 Km/h, 히스토그램 샘플 수: 10,000) (예시).....	7
---	---

표 목차

표 1. Pedestrian test environment tapped-delay-line parameters.....	6
표 2. Vehicular test environment, high antenna tapped-delay-line parameters	6
표 3. 채널 모델별 분포 비율.....	15
표 4. 하향 데이터 채널의 링크 버짓 및 서비스 커버리지 (예).....	17
표 5. 상향 데이터 채널의 링크 버짓 및 서비스 커버리지 (예).....	17

1. 용어 및 약어

AMC	adaptive modulation and coding
ANT	antenna
ARQ	automatic repeat request
BER	bit error rate
BS	base station
CDF	cumulative distribution function
CFO	carrier frequency offset
CINR	carrier to interference and noise ratio (= CINR)
DBB	digital baseband
DL	downlink
EIRP	effective isotropic radiated power
FER	frame error rate
FRF	frequency reuse factor
ITU	international telecommunication union
ITU-R	ITU radiocommunication sector
LLS	link level simulation
MAC	medium access control
MCS	modulation and coding scheme
MIMO	multiple input multiple output
OFDM	orthogonal frequency division multiplexing
OFDMA	orthogonal frequency division multiple access
PDF	probability density function
PDU	protocol data unit
PER	packet error rate
PFS	proportional fair scheduling
QoS	quality of service
RF	radio frequency
RRS	round robin scheduling
Rx	receiver
SCM	spatial channel model
SDMA	spatial division multiple access
SLS	system level simulation
SNR	signal to noise ratio
STO	symbol timing offset

TBD	to be determined
TDD	time division duplexing
Tx	transmitter
UL	uplink
UT	user terminal
*	System specific

2. 개요

2.1. 문서의 목적

본 문서는 2.3 GHz 휴대인터넷 표준 초안에 대한 기술평가를 위한 기준을 명시한다. 각 표준초안 제안사는 표준초안 기술평가에 참여하는 모든 평가위원이 각 표준 초안을 평가할 수 있도록 본 문서에서 요구하는 모든 항목에 대하여 세부 내용을 제시하여야 한다.

2.2. 시스템 파라미터 및 필수 요구사항

제안된 모든 표준초안은 TTA 2.3GHz 휴대인터넷 프로젝트 그룹(PG05)에서 합의된 주요 시스템 파라미터와 필수 요구사항을 모두 만족하여야 한다.

2.2.1. 주요 시스템 파라미터

2.2.1.1. 다중화 방식

방식: TDD

2.2.1.2. 채널 대역폭

10 MHz

2.2.1.3. 다중 접속 방식

방식: OFDMA

2.2.2. 무선접속 필수 요구사항

2.2.2.1. 주파수 재사용 계수

- 정의: 다중 셀 구조에서 동시에 동일한 주파수 채널을 사용하는 셀(섹터)의 총수를 다중 셀 구조 전체의 셀(섹터)의 총수로 나눈 값
- 값: FRF=1 (다중 셀 구조에서 모든 셀(섹터)은 같은 주파수 채널을 동시에 사용)

2.2.2.2. 주파수 효율

- 정의
 - 최대 주파수 효율 = single cell(sector)에서 기지국이 제공 가능한 물리계층에서의 최대 전송용량을 유효 채널 대역폭으로 나눈 값 (bps/Hz/cell(sector))
 - 평균 주파수 효율 = 멀티 셀(sector) 환경에서 임의의 기지국이 제공 가능한 물리계층에서의 평균전송용량을 유효 채널대역폭으로 나눈 값 (bps/Hz/cell(sector))
 - 상/하향 유효대역폭은 한 프레임 길이(5 ms)에서 상/하향 전송시간이 차지하는 비율을 채널대역폭(10 MHz)에 곱한 값으로 정의한다.
 - 주파수 효율은 최대주파수 효율(single cell에서)과 평균 주파수 효율(multi-cell에서)만 정의 및 요구사항을 정하기로 함
 - 베이스라인 제안시 sector 수, 공간채널 수를 명시한 값으로 제안
 - 3 sector를 기본으로 하고 smart ANT를 사용 시 그 사항을 명기할 것
- 값
 - 최대 주파수 효율: DL/UL (6/2)
 - 평균 주파수 효율: DL/UL (2/1)

2.2.2.3. Handoff

- 셀과 섹터의 정의: 핸드오프에 대해서 논의하기 위해 셀과 섹터를 다음과 같이 정의한다.
 - 셀: 주파수를 효율적으로 이용하기 위하여 넓은 영역을 작은 영역으로 세분화한 것으로 하나의 기지국에서 제공받을 수 있는 서비스 커버리지
 - 섹터: 주파수 효율(용량)을 향상시키기 위하여 안테나의 지향성에 의해 나누어진 서비스 커버리지
- 핸드오프의 유형
 - 기지국(셀)내 섹터간 핸드오프: 서비스를 제공받고 있는 단말이 동일한 기지국(셀)내의 섹터간 이동시 IP기반 서비스가 지속적으로 유지되도록 하는 기능
 - 기지국(셀)간 핸드오프: 서비스를 제공받고 있는 단말이 셀간 이동시 IP기반 서비스가 지속적으로 유지되도록 하는 기능
 - 주파수간 핸드오프: 서비스를 제공받고 있는 단말이 다른 주파수로 전환시 IP기반 서

비스가 지속적으로 유지되도록 하는 기능

- 핸드오프 요구사항

	*핸드오프 시간
기지국(셀)내 섹터간 핸드오프	< 150 ms
기지국(셀)간 핸드오프	< 150 ms
주파수간 핸드오프	주파수간 핸드오프 항목은 위 항목의 결과값을 준용함

* 핸드오프 시간의 정의: 핸드오프 과정에서 패킷전달이 단절되는 시간

2.2.2.4. 가입자당 전송속도

- 정의

- 가입자당 최소 전송속도: Pico 셀에서, micro 셀에서, macro 셀에서, 도심지역의 full-loaded 멀티 셀 환경에서 셀 경계지역에서도 서비스 관점에서 가입자당 제공 가능한 상향 또는 하향의 최소 전송속도로서, 이때 전송속도는 사용자 데이터와 기타 제어 데이터를 모두 고려한 것이다.
- 가입자당 최대 전송속도: 서비스 관점에서 가입자 단말에 제공할 수 있는 상향 또는 하향의 최대 전송속도로서, 이때 전송속도는 사용자 데이터와 기타 제어 데이터를 모두 고려한 것이다.

* 채널코딩 바로 전단(채널코딩 입력시 전송속도)에서 속도를 의미

- 요구사항

가입자당 전송속도	합의안	
최대전송속도	상향	1 Mbps 이상
	하향	3 Mbps 이상
최소전송속도	상향	128 Kbps 이상
	하향	512 Kbps 이상

2.2.2.5. 이동성

- 요구사항: 단말기가 휴대인터넷 서비스를 받을 수 있는 최대 이동속도는 60 km/h로 한다.

2.2.2.6. 서비스 커버리지

- 요구사항

- 서비스 커버리지 정의: 휴대인터넷 시스템의 무선구간 서비스 가능 지역 (가입자당 최소 전송속도)
 - ◆ 셀 형태에 따른 분류: Pico, micro, macro (최소, 도심기준)
 - Pico cell: 100 m
 - Micro cell: 400 m

- Macro cell: 1 Km

- 베이스라인 제안시 필수요구사항으로는 macro cell에서 1 Km

2.3. 평가의 범위

제안된 각 표준 초안은 링크 레벨과 시스템 레벨의 두 단계로 구분하여 평가되며, 모든 성능 검증은 uplink와 downlink가 별도로 수행된다.

3. 링크레벨 성능평가

링크 레벨 성능 평가는 주어진 전파 환경에서 point-to-point의 무선 링크 성능을 평가하는 단계로서, 서로 다른 기준으로 설계된 시스템 성능을 객관적으로 평가하기 위해 시스템 고유의 링크 성능을 평가하는 기준을 제시한다. 링크 레벨의 성능 결과물은 해당 특성이 시스템 레벨 성능 검증의 자료로 활용될 수 있도록 시스템 레벨 평가를 위한 기본적인 파라미터들이 포함되어야 한다.

3.1. LLS 모델링을 위한 가정

링크 레벨 시뮬레이션 모델링을 위한 기본 가정은 성능 평가를 위한 출발점이 되므로, 평가 대상 이외의 시스템 외부 요인으로부터 가능한 한 분리시켜야 한다. 지연, 동기, 그리고 채널 추정에 대한 가정은 다음과 같다.

- 지연: 데이터 전송을 위한 시간 지연은 없다.
- 동기: 트래픽 성능을 관찰하기 위한 주파수 및 시간 동기는 완벽하나, LLS의 전체 조건이 될 수 있는 주파수 및 시간 동기 자체 특성에 관하여는 별도의 성능 평가 항목으로 한다.
- 채널 추정: 채널 추정 기법 사용.
- CINR에서 I (interference)는 가우시안 분포로 가정한다.

데이터 전송 속도라 함은 preamble, pilot 혹은 guard time 등의 오버헤드를 고려하여, MCS table에서 선택한 유효 데이터 전송 속도를 의미한다. Preamble, pilot 혹은 guard time 등의 overhead의 비율과 산출 근거를 명시한다.

3.2. LLS 파라미터

링크 레벨 시뮬레이션을 위한 파라미터로는 각종 AMC 모드와 데이터 전송 속도가 적용된다.

- AMC 동작 모드: 각각의 변조 및 부호화 방법에 대해 CINR vs. FER 성능 곡선을 도출

- 데이터 전송 속도: 각 AMC 동작 모드에서 FER 1%를 만족 시키는 CINR에서의 데이터 전송 속도 (여기서 데이터 전송 속도는 채널코딩 입력단에서의 전송 속도를 의미한다.)
- 필요 시 기타 링크 레벨 시뮬레이션 파라미터 제시

3.3. 채널모델

채널 모델은 특정한 다중 경로의 수, 이들 다중 경로간의 상대 전력으로 주어지는 전력 프로파일과 최대 60 Km/h의 사용자 이동성을 반영할 수 있어야 하며, 이동성에 따른 도플러 영향과 다중 경로 페이딩 환경을 반영한다.

3.3.1. Delay Profile

Tapped-delay-line 파라미터에 따른 채널의 임펄스 응답 특성은 ITU-R M.1225 Pedestrian A, B, 그리고 Vehicular A 모델을 참조한다 [1].

표 1. Pedestrian test environment tapped-delay-line parameters

Tap	Channel A		Channel B		Dopper spectrum
	Relative delay (ns)	Average power (dB)	Relative delay (ns)	Average power (dB)	
1	0	0.0	0.0	0.0	Classic
2	110	-9.7	200	-0.9	Classic
3	190	-19.2	800	-4.9	Classic
4	410	-22.8	1200	-8.0	Classic
5	-	-	2300	-7.8	Classic
6	-	-	3700	-23.9	Classic

표 2. Vehicular test environment, high antenna tapped-delay-line parameters

Tap	Channel A		Dopper spectrum
	Relative delay (ns)	Average power (dB)	
1	0	0.0	Classic
2	310	-1.0	Classic
3	710	-9.0	Classic
4	1090	-10.0	Classic
5	1730	-15.0	Classic
6	2510	-20.0	Classic

3.3.2. 페이딩

Rayleigh 페이딩 환경 구현을 위한 채널 모델은 Jakes model을 적용하며, 이 때 오실레이터 수는 16으로 한다. 적용된 페이딩 특성을 보이기 위하여 다음의 항목을 명시하여야 한다.

- Fading envelope
- Rayleigh PDF 히스토그램

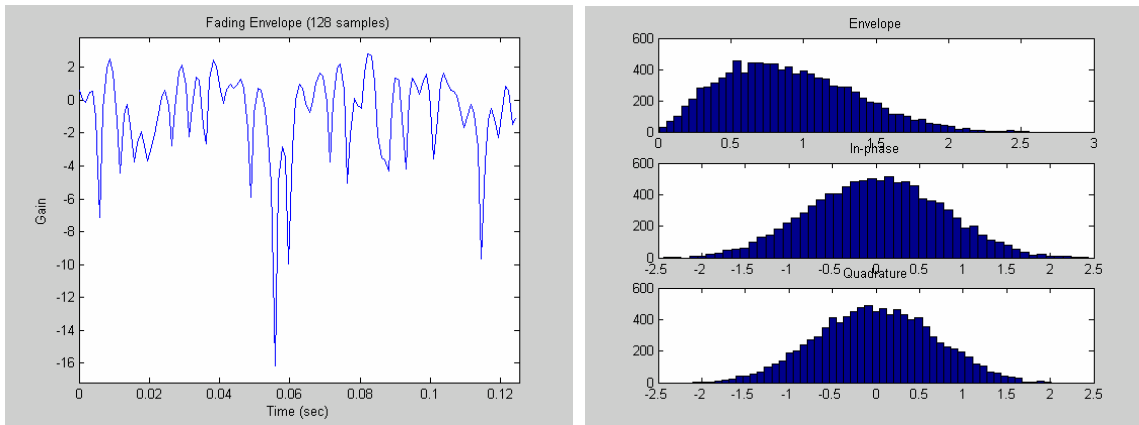


그림 1. 채널 페이딩 특성 (중심 주파수: 2.3GHz, 60 Km/h, 히스토그램 샘플 수: 10,000) (예시)

3.3.3. 다중 안테나 채널 모델*

TBD

3.4. 성능 평가 항목

링크 레벨 시뮬레이션에서 성능 평가 항목은 다음과 같다.

3.4.1. CINR vs. FER

링크 레벨 성능 평가는 CINR값에 따른 평균 오류 확률을 나타낼 수 있어야 하므로, 주어진 환경에서 CINR과 프레임 단위 오류 확률을 나타내는 FER의 특성을 비교한다. FER 1%의 CINR의 신뢰도를 보장하기 위하여 시뮬레이션 반복 횟수는 CINR 한 포인트 당 10,000회 이상 수행하며, CINR의 resolution은 1 dB 이하, 그리고 CINR vs. FER 성능 곡선은 FER 0.5~20% 범위를 포함하여야 한다.

- CINR vs. FER 성능 곡선 (채널 코딩 블록 단위 및 프레임 사이즈 명시)
- CINR vs. BER 성능 곡선 (Optional)

한 개 이상의 수신 안테나를 사용하는 상향링크의 경우에는 안테나당 CINR vs. FER curve가 제시

되어야 한다.*

3.4.2. 초기 셀 탐색 성능

단말의 초기 셀 탐색 성능 평가를 위하여 다음 결과가 제시되어야 한다.

- 초기 셀 탐색을 위한 프레임 구조
- Mean acquisition time
- False alarm probability

3.4.3. Carrier Frequency Offset (CFO) Synchronization 특성 (TBD)

CFO synchronization 성능 평가를 위하여 다음과 같은 결과가 제시되어야 한다.

- CFO synchronization을 위한 프레임 구조 제시
- CFO 성능 평가 항목

3.4.4. Symbol Timing Offset (STO) Synchronization 특성 (TBD)

STO synchronization 성능 평가를 위하여 다음과 같은 결과가 제시되어야 한다.

- STO synchronization을 위한 프레임 구조 제시
- STO 성능 평가 항목

3.5. 링크레벨 시뮬레이션 시나리오

상기에서 설정된 LLS 모델링 가정과 파라미터, 채널 모델 특성을 반영하여 링크레벨 시뮬레이션을 실시한다. LLS는 Layer 1의 기능 위주로 실시하며, 상/하향 링크 각각의 AMC 종류별로 수행한다.

- 기본 가정
 - 지연: 데이터 전송을 위한 시간 지연은 없다.
 - 동기: 트래픽 성능을 관찰하기 위한 주파수 및 시간 동기는 완벽하나, LLS의 전제 조건이 될 수 있는 주파수 및 시간 동기 자체 특성에 관하여는 별도의 성능 평가 항목으로 한다.
 - 채널 추정: 채널 추정 기법 사용.
 - CINR에서 I (interference)는 가우시안 분포로 가정한다.
- LLS 파라미터 반영
 - AMC 동작 모드: 각각의 변조 및 부호화 방법에 대해 CINR vs. FER 성능 곡선을 도출
 - 데이터 전송 속도: 각 AMC 동작 모드에서 FER 1%를 만족 시키는 CINR에서의 데이

터 전송 속도 (여기서 데이터 전송 속도는 채널코딩 입력단에서의 전송 속도를 의미한다.)

- 필요 시 기타 링크 레벨 시뮬레이션 파라미터 제시

- 채널 모델 반영

- 단말의 이동 속도는 3, 10, 60 Km/h로 한다.
- 이동성에 따른 도플러 주파수의 영향과 다중 경로 환경이 반영된 모델을 근거로 총 5종(Pedestrian A, B는 3, 10 Km/h, Vehicular A는 60 Km/h)의 전파환경을 고려하여 실시한다.

4. 시스템 레벨 성능평가

4.1. 시스템 레벨 시뮬레이션 가정 및 방법

본 절에서는 2.3GHz 휴대 인터넷 시스템 성능을 평가하는 모의 실험을 위한 가정과 방법론을 기술한다 [2].

- (1) 시스템 레벨 성능 평가를 위한 셀 구조는 총 19개의 육각 셀로 구성되며, 중앙 셀 주위로 첫번째 tier는 6개, 두번째 tier는 12개의 셀로 구성한다.
- (2) 시뮬레이션 시, 단말군의 발생 회수는 1,000회 이상으로 한다.
- (3) 각 셀당 발생하는 단말군은 셀이 구성된 공간에 uniform하게 분포한다. 단말은 path loss와 웨도잉에 의한 각 셀/섹터로부터의 수신전력과 간섭전력을 계산하여 그 비가 가장 큰 셀/섹터를 선택한다. 각 셀/섹터마다 존재하는 유효 단말의 개수가 다를 수 있으나, 평균적으로는 각 셀/섹터마다 존재하는 단말의 개수는 동일하다. 모든 단말은 항상 active 상태에 있다고 가정한다. 각 단말에는 동일한 링크 레벨 채널 모델이 할당되거나, 표 3의 채널 모델별 분포 비율에 따른 링크 레벨 채널 모델이 할당된다.
- (4) 각 단말의 CINR 값은 순시적인 전파환경을 바탕으로 아래의 CINR 계산 방식에 따른다 [3].

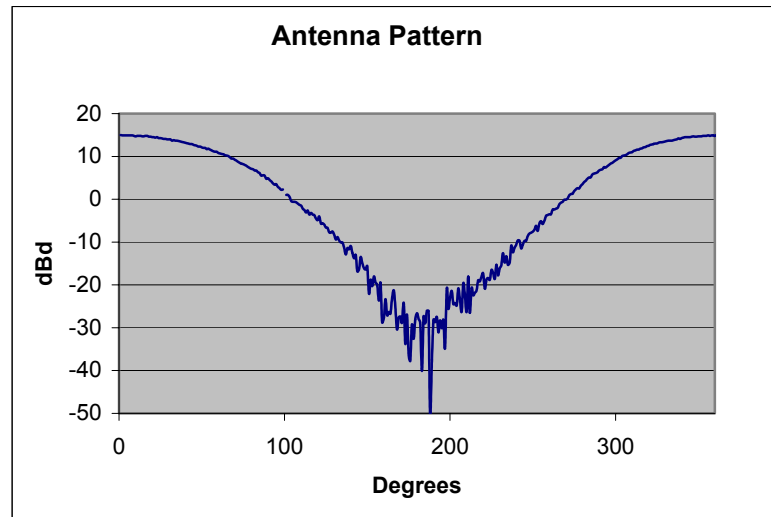
$$(C/I)_{\text{OFDM}} = \frac{\sum_{j=1}^J \|\gamma_j\|^2}{G^{-1} + \sum_{k=1}^K \|\psi_k\|^2} \quad (1)$$

여기서, G는 웨도잉과 path loss만을 고려한 geometry이다. $\{\gamma_j\}$ 는 보호구간 안에 존재하

는 구분가능한 **multipath fading component**이며, 프레임 구간에서의 평균 값으로 한다. $\{\psi_k\}$ 는 보호구간 밖에 존재하는 구분가능한 **multipath fading component**이며, 프레임 구간에서의 평균 값으로 한다.

위의 **CINR** 계산에는 다음 요소가 포함된다.

- A. **Fast fading**: 매 심볼마다 링크 레벨 채널모델에 따라 갱신되나, **CINR** 계산 시에는 프레임의 평균값을 적용한다.
- B. **쉐도잉**: 매 단말군 발생 기간 동안 불변
- C. **Path loss**: 매 단말군 발생 기간 동안 불변
- D. 섹터별 안테나 이득은 아래의 **horizontal** 안테나 **pattern** [1] 만을 고려한다.*



- (5) 데이터 전송 속도라 함은 **preamble**, **pilot** 혹은 **guard time** 등의 오버헤드를 고려하여, **MCS table**에서 선택한 유효 데이터 전송 속도를 의미한다. **Preamble**, **pilot** 혹은 **guard time** 등의 **overhead**의 비율과 산출 근거를 명시한다.
- (6) 전력 제어를 하지 않는 경우:
 - A. **Downlink**의 경우, 중앙 기지국은 항상 모든 부반송파를 사용하여 허용된 **maximum power**로 전송하며, 전력 제어는 고려하지 않고 **CINR**에 따른 **rate control**만을 수행한다. 인접 기지국은 **loading factor**에 따라 부반송파 개수를 제한하여 사용하며, 부반송파당 전력은 모든 경우에 동일하다.
 - B. **Uplink**의 경우, 모든 셀의 모든 단말은 **CINR**에 따른 **rate control**만을 수행한다.
- (7) 전력 제어를 하는 경우 (**Optional**):
 - A. **Downlink**의 경우, 모든 기지국은 **CINR**에 따른 전력 제어와 **rate control**을 병행할 수 있다. 인접 기지국은 **loading factor**에 따라 부반송파 개수를 제한한다.
 - B. **Uplink**의 경우, 모든 셀의 모든 단말은 **CINR**에 따른 전력 제어와 **rate control**을 병행한다.

- C. 적용된 전력 제어의 오차값에 따라 성능을 분석한다.
- (8) CINR를 기준으로 1% FER 요구 조건을 만족하는 범위 내에서 MCS level을 선택한다.
 - (9) Maximum CINR 값은 30 dB로 제한한다.
 - (10) Loading = (loading된 트래픽용 subcarrier 수) / (전체 트래픽용 subcarrier 수)
 - (11) Throughput은 ARQ를 고려하지 않은 경우, 단일 셀이거나 인접 셀 간섭이 존재하는 상황 하에서 셀/섹터의 aggregate payload를 의미한다.
 - (12) 단말은 path loss와 쉐도잉에 의한 각 셀/섹터로부터의 수신전력과 간섭전력을 계산하여 그 비가 가장 큰 셀/섹터를 선택하므로, handoff에 의한 성능의 영향은 “평균전력에 의한 셀/섹터 선택”에 의해 throughput 시뮬레이션 결과에 포함된다.
 - (13) Multiple antenna: 단말과 기지국 안테나 수가 2개 이상인 경우, 안테나 수, 배열 형태, 배치 간격 및 적용 알고리즘(diversity, beam forming, MIMO 등)을 명시한다.*

4.2. 채널모델

4.2.1. Path Loss 모델

단말과 기지국간의 거리에 따른 감쇄 성분을 나타내는 path loss는 다음과 같이 표현된다 [1].

$$L_{pl}(D) = 40 \times (1 - 4 \times 10^{-3} \Delta h_b) \times \log_{10}(D) - 18 \times \log_{10}(\Delta h_b) + 21 \times \log_{10}(f) + 80 \quad (2)$$

여기서, D 는 단말과 기지국간의 거리 (Km), Δh_b 는 기지국의 높이 (m), f 는 carrier 주파수 (MHz)이다.

4.2.2. Log-Normal 쉐도잉 모델

Log-normal 쉐도잉은 기지국과 단말간의 거리에 관계없이 주변 환경에 의해 발생하는 감쇄 성분을 나타내는 것으로, 기지국과 단말의 위치가 동일하더라도 주변 상황에 따라 신호가 겪는 감쇄 효과는 다를 수 있음을 의미한다. 본 문서에서는 log-normal fading의 standard deviation을 10 dB로 한다 [4].

인접 셀 간섭을 분석하기 위해서는 둘 이상 기지국 사이의 propagation loss를 비교해야 하는데, 이를 위해서는 특정 단말과 기지국들 사이에 존재하는 propagation loss의 상관 관계를 고려하여야 한다. 각 셀의 단말과 해당 기지국간 (섹터/빔 간) 쉐도잉의 correlation은 1.0으로, 각 셀의 단말과 인접 기지국간의 correlation은 0.5로 한다.

Path loss와 쉐도잉을 포함한 단말과 각 기지국 간 상향 또는 하향 링크의 감쇄는 다음과 같이 모델링 된다 [4].

$$L = k_o D^{-\mu} 10^{X/10} R^2 \quad (3)$$

여기서, D 는 단말과 기지국 간의 거리 (Km), μ 는 경로 감쇄 exponent, R 은 안테나 이득, X 는 평균은 0이고 표준편차는 σ (여기서는 10 dB로 정의됨)인 가우시안 확률변수이다. $k_o D^{-\mu}$ 는 수식 (2)로부터 변환된 선형 path loss 값을 나타낸다. X 는 모든 기지국에 공통인 확률 변수 Z_1 와 각 기지국에 독립적인 확률 변수 Z_2 의 weighted sum으로 표현 된다. 두 확률변수 Z_1 와 Z_2 는 평균이 0이고 표준편차가 σ 인 가우시안 확률변수 이다. 따라서, X 는 다음과 같이 표현된다.

$$X = aZ_1 + bZ_2, \quad a^2 + b^2 = 1 \quad (4)$$

여기서, 서로 다른 셀의 섹터 간의 쉐도잉 값은 correlation이 0.5 (즉, $a^2 = b^2 = 0.5$)인 값을 사용하고, 동일 셀 내 각 섹터간의 쉐도잉 값은 동일한 값을 사용한다.

4.3. 트래픽 모델

전송 지연을 허용하며 해당 서비스 동안 자원을 보장 받지 않는 서비스(웹 브라우징, 이메일 서비스 등)에 해당되는 최선형(best effort) 트래픽 모델을 적용한다. 기타 다양한 트래픽 모델에 대해서는 TBD이다.

4.3.1. 최선형 트래픽 (Best Effort)

각 단말은 항상 active state이고, 버퍼 사이즈는 무한대로 가정하여 overflow에 의한 데이터 손실이 발생하지 않고, 큐에 송신하여야 할 트래픽이 항상 존재하는 이상적인 경우로 가정한다.

4.3.2. 실시간 트래픽 (Real Time Traffic)

TBD

4.3.3. 비 실시간 (Non-Real Time Traffic)

TBD

4.3.4. Traffic Mix

TBD

4.4. 스케줄링 (Scheduling) 알고리즘

스케줄링 알고리즘은 시스템마다 다를 수 있고, 적용되는 알고리즘에 따라 시뮬레이션의 결과가 달라질 수 있으므로, 적용된 스케줄링 알고리즘은 반드시 명시되어야 한다. 일반적으로 round robin scheduling (RRS) 알고리즘과 proportional fair scheduling (PFS) 알고리즘이 사용되므로, 두 알고리즘 모두 사용하여 성능을 제시한다. 이외의 스케줄링 알고리즘을 사용하여 성능을 분석하고자 할 때는 이를 반드시 명시하고, RRS 알고리즘과 비교해야 한다. 다음에 RRS와 PFS 알고리즘에 대하여 간단히 정의한다.

- **Round Robin Scheduling**

RRS 알고리즘은 단말이 uniform하게 분포되어 있고 모든 단말이 동등한 전송기회를 갖는다고 가정하며, 전송효율성을 높이기 위한 노력 대신에 fairness를 균일하게 사용자에게 보장한다.

- **Proportional Fair Scheduling**

PFS 알고리즘은 개별 사용자들의 시간에 따른 채널의 변화가 서로 독립적인 특징을 이용한 알고리즘이다. 이 방식은 각 사용자들의 채널에 대한 정보를 이용하여 fairness를 보장하고자 하는 알고리즘이다. PFS의 metric 값을 설정하여 스케줄링을 수행한다. 이 값은 현재 채널의 상태와 과거에 서비스 받은 패킷 수에 따라 결정된다. PF metric은 다음 식과 같이 정의된다.

$$\text{PF metric} = \frac{R_k(t+1)}{T_k(t+1)} \quad (5)$$

$$T_k(t+1) = \left(1 - \frac{1}{T_c}\right) T_k(t) + \frac{1}{T_c} R_k(t) \quad (6)$$

여기서 $T_k(t)$ 는 현재까지 k 단말의 평균 throughput을, R_k 는 k 단말이 현재 할당 가능한 data rate, 그리고 T_c 는 평균을 취하는 시간상의 구간 범위(window)를 의미한다.

- **각 사 고유의 스케줄링 알고리즘 (optional)**

각 사가 고려하고 있는 고유의 스케줄링 방식과 알고리즘에 대해서 소개한다.

4.5. 전력 제어 알고리즘*

전력 제어 알고리즘을 적용하였을 경우, 적용된 알고리즘을 명시하고, 각 성능 평가 항목에 반영한다.

4.6. 성능평가 항목

이 장에서는 시스템 시뮬레이션 결과로 도출될 수 있는 성능 평가 항목(performance evaluation metric)들에 대해서 기술한다. 각각의 경우 성능 평가 결과는 안테나의 적용조건 등과 같은 성능에 영향을 미칠 수 있는 세부 조건들을 명시하여야 한다.

4.6.1. Throughput

다음 각 항목에 대하여 사용된 스케줄링 알고리즘과 채널 모델 등을 명시한다.

ARQ를 고려한 throughput은 TBD로 한다.

4.6.1.1. 셀/섹터 Throughput

인접 셀 간섭이 존재하는 경우(multiple cell with loading)와 간섭이 없는 단일 셀 경우에 대한 throughput을 다음 항목에 대하여 제시한다.

- 인접 셀 로딩 별 throughput 비교
 - 중앙 셀은 100%, 인접 셀은 로드별 25% step으로 수행

4.6.1.2. 거리별 사용자 Throughput

거리별 사용자 throughput은 셀의 반경을 100 m 단위의 링(ring) 형태로 분류하고, 해당 구역에 균일(uniform)하게 분포된 단말에 대하여, 각 구역마다 사용자의 throughput을 정의한다. 셀 반경은 2.2.2.6절에 언급된 서비스 커버리지 정의를 사용한다.

거리별 사용자 데이터 전송 속도는 다음과 같이 세가지 항목으로 분류한다.

- 거리별 평균 순시 전송 속도: 특정 링에 위치하는 모든 사용자가 순시적으로 받는 전송 속도의 평균값

$$R_{UT}(l) = \frac{\sum_{u \in l_{th} Ring} \sum_k \text{Sceduled Bits to UT } u \text{ at Slot } k}{\sum_{u \in l_{th} Ring} \sum_k \text{Slots Assigned to UT } u} \quad (7)$$

- 거리별 사용자 throughput: 해당 시뮬레이션 시간 동안 평균적으로 특정 링에 위치한 한 사용자에게 전송된 throughput으로 정의한다.

$$\tilde{R}_{UT}(l) = \frac{\sum_{\text{Run}} \sum_{u \in l_{\text{th}} \text{ Ring}} \tilde{R}(u)}{\sum_{\text{Run}} \text{Number of UTs in } l_{\text{th}} \text{ Ring at Each Simulation}} \quad (8)$$

여기서, $\tilde{R}(u) = \frac{\sum_k \text{Sceduled Bits to } UT \ u \text{ at Slot } k}{\text{Simulation Time}}$ 이다.

- 거리별 throughput: 중심으로부터 특정 거리만큼 떨어진 링 지역 내에서의 throughput

$$\tilde{R}_{BS}(l) = \sum_{u \in l_{\text{th}} \text{ Ring}} \tilde{R}(u) \quad (9)$$

4.6.1.3. 이동성 상황에서의 Throughput

단말의 이동성에 따른 하향링크 throughput 변화를 살펴본다. 단말의 이동 속도는 3~60 Km/h라고 가정하고, 이동성에 따른 채널 모델은 링크 레벨 성능 평가에서 정의한 모델을 사용한다.

4.6.1.3.1. 균일 이동성 상황

모든 단말이 동일한 채널 모델을 가지는 경우의 Throughput은 4.6.1절에서 이미 다루어진 것으로 한다.

4.6.1.3.2. 비균일 이동성 상황 (Optional)

실제 상황에서 각 단말은 다양한 이동 속도를 갖는 것이 일반적이므로, 기지국 내 단말이 다양한 종류의 채널 모델과 이동 속도를 갖는다고 가정하여 비균일 이동성 상황에서 하향링크 throughput 을 성능 평가한다.

예를 들면, 다음 표 3과 같이 전체 3가지 채널 모델을 가정하고, 각 채널 모델을 각각 다른 분포 비율로 발생하게 하여 실제상황과 유사하게 모델링한다.

표 3. 채널 모델별 분포 비율

채널 모델	다중 경로 모델	유효 경로 수	속도(Km/h)	페이딩	분포 비율(%)
MODEL-A	Pedestrian A	4	3	Jakes	40
MODEL-B	Pedestrian B	6	10	Jakes	30
MODEL-C	Vehicular A	6	60	Jakes	30

4.6.2. 주파수 재사용 계수 (FRF)

다중셀 구조에서 동시에 동일한 주파수 채널을 사용하는 셀(섹터)의 총수를 다중셀 구조 전체의 셀(섹터)의 총 수로 나눈 값으로서 1을 만족해야 한다. 즉, 다중셀 구조에서 모든 셀(섹터)는 같은 주파수 채널을 동시에 사용할 수 있어야 한다.

4.6.3. 주파수 효율

주파수 효율은 (단일 셀에서의) 최대주파수 효율과 (다중 셀에서의) 평균 주파수 효율로 구분한다. 성능평가 결과 제출시 섹터 수, 공간채널 수 등의 주파수 효율에 영향을 미치는 파라미터를 명시한다.

- 주파수 효율 정의
 - 유효채널대역폭 = 상/하향 각 링크에서 실질적으로 사용된 유효대역폭
예) DL 유효채널대역폭 = (DL 프레임 길이) / (DL 프레임 길이 + UL 프레임 길이)
x (대역폭 10 MHz)
 - 최대 주파수 효율: 싱글 셀(sector)에서 기지국이 제공 가능한 물리계층에서의 최대 전송용량을 상/하향 유효 채널 대역폭으로 나눈 값(bps/Hz/cell(sector))으로 정의한다.
 - 평균 주파수 효율: 멀티 셀(sector) 환경에서 임의의 기지국이 제공 가능한 물리계층에서의 평균전송용량을 상/하향 유효 채널 대역폭으로 나눈 값(bps/Hz/cell(sector))으로 정의한다.

- 상하향 주파수 효율의 비대칭 비율을 명시한다.
 - 최대주파수 효율: DL/UL
 - 평균주파수 효율: DL/UL

4.6.4. 가입자당 전송속도

전송속도의 기준은 채널코딩 바로 전단에서의 속도이다.

4.6.4.1. 최대 전송속도

최대 전송속도는 가입자 단말에 제공할 수 있는 상향 또는 하향의 최대 전송속도이다.

4.6.4.2. 최소 전송속도

도심지역의 full-loaded 멀티 셀 환경(pico 셀, micro 셀, macro 셀)의 셀 경계지역(셀 반경의 80% 이상의 영역)에서 가입자당 제공 가능한 상향 또는 하향의 최소 전송속도를 가입자 수를 적절히

변화시키면서 보인다.

4.7. 링크 버짓

본 절에서는 상/하향 데이터 채널에서의 링크 버짓의 예를 보인다.

표 4. 하향 데이터 채널의 링크 버짓 및 서비스 커버리지 (예)

Parameter	Unit	Value	Range	Equation
Throughput per edge user	kbps			A
Bandwidth	MHz			
	dB·Hz			B
BS Tx power	W			
	dBm			C
BS Tx antenna gain	dBi			D
BS cable loss	dB			E
Max EIRP	dBm			$G=C+D-E$
UT Rx antenna gain	dBi			H
UT thermal noise	dBm/Hz			J
UT noise figure	dB			K
RF/DBB implementation loss	dB			L
Required Eb/No	dB			M
UT receiver sensitivity	dBm			$N=J+B+K+L+M$
Log-normal std deviation	dB			
Log-normal fade margin	dB			O
Maximum path loss	dB			$S=G+H-N-O$
Coverage				
- ITU vehicular model	M			

표 5. 상향 데이터 채널의 링크 버짓 및 서비스 커버리지 (예)

Parameter	Unit	Value	Range	Equation
Per-user throughput (Cell edge)	kbps			
	dB bps			A
Bandwidth per subchannel	MHz/sym			
Number of subchannel per slot				
Bandwidth	MHz			
	dB·Hz			B

UT Tx power	W			
	dBm			C
UT Tx antenna gain	dBi			D
Max EIRP	dBm			$F=C+D$
BS Rx antenna gain	dBi			G
BS cable loss	dB			H
BS thermal noise	dBm/Hz			I
BS noise figure	dB			J
RF/DBB implementation loss	dB			K
Target PER	%			
(Eb/No) required per antenna	dB			
SNR required per antenna	dB			L
BS receiver sensitivity	dBm			$N=I+B+J+K+L$
Log-normal std deviation	dB			
Log-normal fade margin	dB			O
Maximum path loss	dB			$S=F+G-H-N-O$
Coverage				
- ITU vehicular model	m			

5. 참고문헌

- [1] Recommendation ITU-R M.1225, *Guidelines for Evaluation of Radio Transmission Technologies for IMT-2000*, 1997.
- [2] *CDG Evolution Study Report*, Revision 4.00, Dec. 1999.
- [3] 3GPP R1-030042, *Update of OFDM SI simulation methodology*, Jan. 2003.
- [4] 3GPP2 TSG-C.R1002, *1xEV-DV Evaluation Methodology (V13.1)*, ----.

6. 부록

무선 접속 실무반과 서비스 및 네트워크 실무반 요구 사항의 반영 여부에 대한 검토 결과:

항 목		검토 결과
필수요구사항	Throughput (merge)	
	FRF	

		주파수 효율	
		가입자당 전송속도	
일반 요구사항		동시 수용 가입자 수	Sec. 4.6.1.1
		단말기 power save 기능	RTT에서 명시 요망
		AMC 기능	RTT에서 명시 요망
		Delay spread	RTT에서 명시 요망
		Round trip latency	RTT에서 명시 요망
서비스 요구사항		셀의 형태 및 분류	Sec. 4.6.1.2 / Sec. 4.6.4.2
		서비스 커버리지	Sec. 4.6.1.2 / Sec. 4.6.4.2
		이동성	Sec. 3.5 / Sec. 4.6.1.3
		핸드오프	Sec. 4.1 (12)로 대체
		인증 및 보안	RTT에서 명시 요망
		QoS	RTT에서 명시 요망
		과금	TBD
		타망과의 연동	RTT에서 명시 요망
		Multicast, Broadcast	RTT에서 명시 요망
		식별	RTT에서 명시 요망
		상하향 구간 비율 변동	RTT에서 명시 요망
네트워크 요구사항	Access network	주파수 효율성	Sec. 4.6.3
		전송 속도	Sec. 4.6.4
		QoS 파라미터	RTT에서 명시 요망
		핸드오프	Sec. 4.1 (12)로 대체
		용량	Sec. 4.6.1.1
	Core network 요구사항	인증 및 보안	RTT에서 명시 요망
		타망과의 연동	RTT에서 명시 요망
		망 관리	TBD
		이동성	Sec. 3.5 / Sec. 4.6.1.3
		과금 관리 기능	TBD
		접속 제어 기능	RTT에서 명시 요망
		전송 제어 기능	TBD
		절전 기능	RTT에서 명시 요망
단말기 요구사항	이동성	Sec. 3.5 / Sec. 4.6.1.3	
	multicast, broadcast	RTT에서 명시 요망	
	타망과의 연동	RTT에서 명시 요망	
	인증 및 보안	RTT에서 명시 요망	

표준작성 공헌자

표준 번호 : TTAR-0016

이 표준의 제·개정 및 발간을 위해 아래와 같이 여러분들이 공헌하셨습니다.

구분	성명	위원회 및 직위	연락처	소속사
과제 제안	2.3GHz 휴대인터넷 프로젝트 그룹(PG302)			
표준 초안 제출	2.3GHz 휴대인터넷 프로젝트 그룹(PG302)			
표준 초안 작성 및 검토	2.3GHz 휴대인터넷 프로젝트 그룹(PG302)			
표준안 편집 및 감수	2.3GHz 휴대인터넷 프로젝트 그룹(PG302)			
표준안 심의	김영균	전파방송 기술위원회 의장	031-279-5100	삼성전자
	류충상	전파방송 기술위원회 부의장	02-710-6460	전파연구소
	이한명	전파방송 기술위원회 부의장	02-3470-4584	유니모테크놀로지
	정한욱	전파방송 기술위원회 부의장	02-526-6460	KT
	최진성	전파방송 기술위원회 위원	031-450-7100	LG전자
	홍대형	전파방송 기술위원회 위원	02-705-8470	서강대학교
	정찬형	전파방송 기술위원회 위원	02-317-6170	전파진흥협회
	최혜옥	전파방송 기술위원회 위원	042-860-6660	한국전자통신연구원
	목하균	전파방송 기술위원회 위원	02-781-5931	KBS
	이상운	전파방송 기술위원회 위원	02-789-3685	MBC
	손 원	전파방송 기술위원회 위원	031-201-2983	경희대학교
	박유식	전파방송 기술위원회 위원	02-710-6510	전파연구소
	안재영	전파방송 기술위원회 위원	042-860-3817	한국전자통신연구원
	채종석	전파방송 기술위원회 위원	042-860-6608	한국전자통신연구원
	김대성	전파방송 기술위원회 위원		서화정보통신
사무국 담당	진병문	본부장	031-724-0100	TTA
	김대중	팀장	031-724-0090	TTA
	이한수	팀장	031-724-0110	TTA
	유성필	차장	031-724-0113	TTA
	최형진	과장	031-724-0093	TTA
	류금자	대리	031-724-0094	TTA