최종 연구보고서

차세대 이동통신 전파자원 개발에 관한 연구

2008 . 12. 31.

전파연구소

제 출 문

본 보고서를 「차세대 이동통신 전파자원 개발에 관한 연구」 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2008. 12. 31

연 구 책 임 자 : 성 향 숙(전파자원연구과 자원개발담당)
연 구 원 : 이 경 희(전파자원연구과 자원개발담당)
여 경 진(전파자원연구과 자원개발담당)
이 해 영(전파자원연구과 자원개발담당)

요 약 문

2007년 10월 스위스 제네바에서 열린 세계전파통신회의(WRC : World Radiocommunication Conference)는 현재 상용화되고 있는 IMT-2000 보다 고속의 광대역 이동통신을 제공하는 IMT-Advanced 서비스 도입에 대비하여, 450-470 ㎒, 2300-2400 ㎒, 3.4-3.6 ㎓ 등의 주파수 대역에 신규 이동통신용 주파수 분배 및 IMT로의 주파수 이용을 결정하였다. 이동통신용 주파수 분배 중에는 아날로그 TV 방송에서 디지털 TV 방송으로 전환됨에 따른 여유 주파수(digital dividend) 대역이 포함되었다. 이에 따라 한 국가에서 이동업무로 사용하는 주파수 대역을 인접 국가에서 다른 업무로 사용할 경우 발생할 수 있는 국가 간 전파 간섭 문제를 해결하기 위한 연구를 추진할 필요성이 발생하였다.

따라서 본 보고서는 WRC-07의 신규 IMT 대역의 주파수 이용에 관한 우리나라의 주파수 분배표 개정 작업과 IMT 대역 이용 계획 마련시 고려되어야 할 사항 등의 국내 후속 조치 방안을 제시한다. 방송의 디지털화에 의한 여유 주파수 대역 (698～862㎒) 이용에 대한 각국 동향 분석 및 이용 방안, 그리고 여유 주파수 대역의 이동통신 활용에 따른 국가 간 주파수 공유 연구 현황 분석 및 우리나라 대응방안을 제시한다. 우리나라는 698～862㎒ 대역의 일부는 이미 TRS 및 셀룰라폰과 같은 이동 업무로 이용하고 있으며, 디지털 TV를 이용할 계획은 없고, IMT의 도입 등 이용계획을 마련할 예정이다.

또한 ITU가 차세대 이동통신으로 표준화를 진행하고 있는 ITU-R WP5D의 2008년 IMT-Advanced 표준화 작업 현황 및 우리나라 대응, 유력한 후보 기술로 거론되고 있는 3GPP LTE-Advanced(3rd Generation Partnership Project Long Term Evolution-Advanced) 및 차세대 WiBro의 기술표준화 동향을 살펴보도록 한다.

SUMMARY

To satisfy the massive demands of the next generation mobile communication for radio spectrum, WRC-07 allocated to MOBILE SERVICE and/or identified for IMT several frequency bands(450-470 ㎒, 2300-2400 ㎒, 3.4-3.6 ㎓, etc.). New allocation of MOBILE SERVICE includes the frequency of digital dividend which occurs from conversion of analog TV to digital TV. Therefore, the study is required to resolve possible interference issues when one country introduces a mobile service while adjacent countries introduce or have different services in the same digital dividend band.

This report provides draft revision of Korean frequency allocation table and describes points to consider when frequency usage plan is made for newly identified IMT bands at WRC-07. The Republic of Korea has a few application(already operating) of mobile service, no plan to use digital TV broadcasting service and a plan to make usage plan considering IMT in 698-862MHz. For the digital dividend band(698~862㎒) thanks to digitalization of TV broadcasting service, review was made many countries' plans to use this band. Because the digital dividend band in one country may have existing services like terrestrial TV broadcasting service or aeronautical mobile service in adjacent countries, sharing study started between mobile service and existing services in this band.

For the next generation mobile service so called "IMT-advanced", ITU-R WP5D developed all necessary procedures, requirements and evaluation guidelines for the standardization of IMT-Advanced in 2008. There are two competing mobile service standards which are being developed for the IMT-Advanced process of ITU-R WP5D. One is 3GPP LTE-Advanced and the other is next generation of WiBro (or mobile WiMAX evolution) in IEEE. The standardization activities and research status of ITU-R WP5D, 3GPP and IEEE are reviewed for appropriate corresponding work in IMT-Advanced standardization.

목 차

제1장 서론 ····· 9

제 2 장 신규 IMT 대역의 주파수 이용 방안 연구 ····· 12
제 1 절 WRC-07 결과에 대한 국내 후속 조치 방안 ····· 12
제 2 절 방송의 디지털화에 의한 여유 주파수 대역 (Digital Dividend, 698～862㎒) 이용에 대한 각국 동향 분석 및 이용 방안 연구 ····· 21
제 3 절 ITU의 Digital Dividend 활용에 대한 연구 ····· 44
제 4 절 IMT-2000 시스템의 불요발사 제한 및 IMT 추가 주파수의 채널배치 연구 ····· 52

제 3 장 IMT 기술표준화 동향 ····· 58
제 1 절 IMT-Advanced 표준화 일정과 절차 ····· 59
제 2 절 최소기술 요구사항 ····· 64
제 3 절 후보기술 평가방법 ····· 68
제 4 절 성능조건, 평가기준 및 제출 양식 ····· 86
제 5 절 후보기술 개발동향 ····· 103

제 4 장 결 론 ····· 112

참고문헌 ····· 114

[부록 1] ITU-R WP5D에 제출한 우리나라 기고문 목록 ····· 117

표 목 차

[표 2-1] WRC 일반 의제 ····· 13
[표 2-2] 이동통신용 주파수 수요전망 ····· 17
[표 2-3] WRC-07 결과에 의한 우리나라 주파수 분배표 개정안 ····· 19
[표 2-4] 미국 700 ㎒ 대역 C 블록 경매 결과 ····· 25
[표 2-5] 미국 700 ㎒ 대역 경매 최종 결과 요약 ····· 27
[표 2-6] 여유주파수 사용 가능성이 있다고 고려된 후보 서비스 ···· 33
[표 2-7] 서비스별 소비자의 가치 조사 중 quantitative research 대상 ···· 33
[표 2-8] Digital dividend 주파수 이용에 대한 일본의 설문 조사 결과 ···· 42
[표 2-9] 470 ~ 894 ㎒ 주파수 분배표 ····· 49
[표 3-1] IMT-Advanced 최소 기술요구 사항 값 ····· 65
[표 3-2] 테스트 환경 별 이동성 분류 ····· 68
[표 3-3] IMT-Advanced 시스템 평가를 위한 망구축 시나리오 ····· 69
[표 3-4] 평가를 위해 선택된 기술 특성 ····· 71
[표 3-5] 시험 환경 별 도입 시나리오 ····· 74
[표 3-6] 기본 평가 설정 파라미터 ····· 76
[표 3-7] 최대 스펙트럼 효율의 분석적 평가에서 평가 설정 파라미터 ···· 76
[표 3-8] 시스템 모의실험에 대한 추가 파라미터 ····· 77
[표 3-9] 셀 스펙트럼 효율 및 셀 경계 사용자 스펙트럼 효율 평가에서 추가 파라미터 ····· 78
[표 3-10] VoIP 용량 평가에 대한 추가 파라미터 ····· 78
[표 3-11] (이동성 요구조건에 대한) link 수준 모의실험에서 추가 파라미터 ····· 78
[표 3-12] LTE-Advanced 요구사항(잠정) ····· 104
[표 3-13] 802.16 기술 비교 ····· 106

그 림 목 차

[그림 2-1] 미국 DTV 전환과 관련 주파수 대역 정비 (700 ㎒ 경매) ····· 22
[그림 2-2] 영국 지역별 디지털 전환계획 년도 ····· 30
[그림 2-3] 영국의 TV 방송 디지털 전환 후 주파수 이용 계획 ····· 30
[그림 2-4] 영국의 TV방송 디지털 전환 후 채널 이용 ····· 31
[그림 2-5] 여유 주파수 대역의 이용의 예 (영국) ····· 32
[그림 2-6] 설문조사 결과 (10점 만점 점수 평가) ····· 34
[그림 2-7] 설문조사 결과 (중요도 1, 2 순위 비율) ····· 34
[그림 2-8] 설문조사 결과 (선호/비선호 서비스 2개 선택) ····· 35
[그림 2-9] 설문조사 결과 (설명 후 선호 1, 2위 서비스) ····· 35
[그림 2-10] 설문조사 결과 ····· 36
[그림 2-11] 일본의 digital dividend 대응 조직 구성 ····· 40
[그림 2-12] 일본의 TV 방송 주파수 이용 계획 ····· 43
[그림 2-13] 일본의 700 ㎒ 주파수 이용 계획 ····· 43
[그림 2-14] ITU의 지역 구분 ····· 45
[그림 2-15] GE06 협약 국가 ····· 46
[그림 2-16] 불요발사 마스크 ····· 53
[그림 2-17] WP 5D 문서 간 관련성 ····· 55
[그림 2-18] IMT 채널 배치 (FDD/TDD 공존 쟁점) ····· 56
[그림 2-19] Reverse duplex 채널 배치 ····· 57
[그림 3-1] IMT-2000과 enhanced IMR-2000, 그리고 IMT-Advanced의 관계 ····· 59
[그림 3-2] IMT-Advanced 무선 인터페이스 권고 개발 일정 ····· 61
[그림 3-3] IMT-Advanced 지상성분 무선 인터페이스 개발 절차 ····· 64
[그림 3-4] 중계기가 없는 base coverage urban cell 구성의 도해 ····· 74
[그림 3-5] 실내 hotspot 환경의 도해 (한 층) ····· 75
[그림 3-6] 3 섹터 cell에서 안테나 패턴 ····· 79
[그림 3-7] 안테나 방위 배향의 도해 ····· 80

[그림 3-8] IMT-Advanced 채널 모델 ····· 81
[그림 3-9] MIMO 채널 ····· 83
[그림 3-10] 채널 모델 생성 절차 ····· 85
[그림 3-11] 3GPP LTE-Advanced 표준화 추진 일정 ····· 105
[그림 3-12] WiBro 국내외 표준화 추진 연혁 ····· 107
[그림 3-13] 커버리지에 의한 IEEE 802. 표준의 구분 ····· 108
[그림 3-14] 차세대 WiBro 표준화 추진 일정 ····· 111

제 1 장 서 론

19세기 말 맥스웰(Maxwell)에 의해 그 존재가 예견되고 헤르쯔(Hertz)에 의하여 그 실체가 확인된 주파수 스펙트럼은 이후 마르코니(Marconi)가 대서양 횡단 무선전신을 실용화함으로서 인류가 이용할 수 있는 무형의 자원 중 하나가 되었다. 무선통신 초기는 주파수 스펙트럼의 희소성에 대한 인식 및 전파 이용에 대한 아무런 규칙이나 원칙이 없었으므로 가능한 한 서로 경쟁적·독점적으로 사용하고자 하였고 그 결과는 개별 무선통신 이용자들의 의도와는 다르게 전파통신의 혼신과 간섭의 심화를 초래하였다. 이에 따라 주파수 스펙트럼의 원활하고 효율적인 이용은 단일 이용자나 한 국가가 달성할 수 있는 과제가 아니라 전 세계 여러 국가들이 모두 협력해야 하는 과제로 인식되게 되었다. 그리하여 1906년 독일 베를린에서 열린 국제 무선전신 협약(International Radiotelegraph Convention)을 통해 세계 각국은 무선전신 서비스를 중심으로 한 주파수 스펙트럼의 원활하고 효율적인 이용을 위한 규칙을 만들었고 이것이 지금의 ITU-R(전기통신연합 전파통신부문 : International Telecommunication Union Radiocommunication Sector)이 관장하는 전파규칙(RR : Radio Regulations)의 시초이다.

전파규칙이 최초로 만들어진 이후 100년 동안 전파 이용 기술은 엄청난 발전을 거듭하였다. 수십~수백 미터 안테나를 세워야하는 무선전신에서 현재는 누구나가 최첨단 디지털 멀티미디어 데이터를 양방향 전송할 수 있는 능력을 가진 디지털 휴대전화를 이용하고 고해상도 디지털 위성 방송 수신기를 통하여 인공위성에서 보내온 다양한 콘텐츠를 보고 즐기는 시대가 되었다. 국제 전파관리에 대한 논의 내용 역시 전파 이용 기술의 발전과 시대적 요구에 따라 많은 변화를 겪었는데 이러한 흐름 중 중요한 두 가지는 다음과 같다.

첫째, 디지털 이동통신 기술의 지속적 발전을 뒷받침할 주파수 스펙트럼 문제의 해결이다. 1세대로 불리는 아날로그 이동통신 기술과 2세대로 불리는 디지털 이동통신 기술이 특정 대륙이나 국가적으로 독자의 기술과 주파수 대역을 사용하는 반면 3세대로 불리는 IMT-2000 (International Mobile Telecommunication 2000)에 들어와서 음성 및 영상통화, 광대역 고속 데이터 서비스가 글로벌 로밍이 용이하게 하기 위하여 전세계/지역별

공통 주파수 대역을 개발하는데 많은 노력을 기울여 왔다. 또한 현재 4세대, IMT-Advanced 등으로 다양하게 불리는 차세대 이동통신 서비스는 인터넷 기술에 기반을 둔 초고속 데이터 전송이 가능한 서비스로 3세대보다 훨씬 넓은 주파수 대역을 요구하고 있다. 그러므로 이에 따른 주파수 스펙트럼 문제의 해결이 전 세계 많은 국가들의 공통된 관심사이다.

둘째, 기존 아날로그 기술을 기반으로 한 업무의 디지털화와 이에 따라 발생한 여유 주파수 스펙트럼의 이용방안 마련이다. 이에 해당하는 대표적인 업무가 지상파 방송이다. 기존 라디오/TV 지상파 방송 업무는 아날로그 기술에 기반하고 있었으며, 전파전파 특성이 우수한 대역을 차지하고 있다. 방송에 디지털 기술을 적용하면서부터 단일 주파수 방송망 설계가 가능해지거나 최대 허용 신호대잡음비나 감도 특성이 매우 우수해지는 등 주파수 이용 효율이 상당히 높아지게 되므로 더 적은 주파수 대역으로 동일한 업무를 제공할 수 있게 되었다. 디지털 기술의 발달로 방송에 적은 주파수 대역을 부여할 수 있게 됨으로서 남게 되는 주파수 대역은 디지털 여유 주파수(digital dividend)로 불리며 유럽, 미국, 일본을 중심으로 이의 활용방안이 발표되고 있다.

2007년 10월 스위스 제네바에서 열린 세계전파통신회의(WRC : World Radiocommunication Conference)는 현재 상용화되고 있는 IMT-2000보다 보다 고속의 광대역 이동통신을 제공하는 IMT-Advanced 서비스를 염두에 두고, 몇몇 대역에서 신규 이동통신용 주파수 분배 및 IMT로의 주파수 이용을 결정하였다. 이동통신용 주파수 분배 대역 중에는 아날로그 TV 방송에서 디지털 TV 방송으로 전환됨에 따른 digital dividend 대역이 포함되었으며 한 국가는 이동업무로 다른 한 국가는 기존 방송업무로 사용할 경우 발생할 수 있는 국가 간 전파 스펙트럼 문제를 해결하기 위한 연구도 추진하기로 하였다.

본 보고서는 제2장에서 WRC-07의 신규 IMT 대역의 주파수 이용에 관한 국내 후속 조치 방안을 제시하고, 방송의 디지털화에 의한 여유 주파수 대역(698～862㎒) 이용에 대한 각국 동향 분석 및 이용 방안, 그리고 여유 주파수 대역의 이동통신 활용에 따른 국가 간 주파수 공유 연구 현황 분석 및 우리나라 대응방안을 제시한다. 제3장에서는 ITU가 차세대 이동통신으로 표준화를 진행하고 있는 ITU-R WP5D의 IMT-Advanced 표준화 작업 현황 및

우리나라 대응, 유력한 후보기술로 거론되고 있는 차세대 WiBro와 3GPP LTE-Advanced(3rd Generation Partnership Project Long Term Evolution-Advanced)의 기술표준화 동향을 살펴보도록 한다.

제 2 장 신규 IMT 대역의 주파수 이용 방안 연구

제1절 WRC-07 결과에 대한 국내 후속 조치 방안

1. WRC 소개

WRC-07 결과의 하나인 신규 IMT 주파수 대역의 이용방안을 논의하기 전에 전파연구소에서 WRC(World Radiocommunication Conference, 세계전파통신회의) 활동을 해오면서 파악된 WRC 개요, 역사 등 전반에 대해 먼저 기술하고자 한다. 이를 통하여 WRC가 어떻게 운영되는 지 알 수 있고, 간략하나마 전파통신의 과거, 현재 및 향후 흐름을 볼 수 있을 것이다.

가. WRC 개요

WRC는 무선분야 올림픽에 비유되는 국제 전파통신에 관한 최고 의결 회의이다. WRC에서는 주파수 및 위성궤도 자원의 분배 등 전파규칙의 전체 또는 부분적인 개정, 국제적인 전파통신에 관한 협의 및 조정이 이루어지고, 전파규칙위원회(RRB : Radio Regulations Board) 및 전파통신국(BR : Bureau Radiocommunication) 활동 및 결과 등에 관한 지침을 수립하고, 차기 및 차차기 WRC 의제와 전파통신총회(RA : Radiocommunication Assembly)에 위임할 연구 또는 검토과제가 채택된다.

WRC 개최 장소와 일정은 ITU의 헌장과 협약에 의해 WRC 개최 최소 2년 전 이사회의 승인으로 최종 결정된다. ITU 회원국 1/4의 요청에 의해 제안되고 과반수이상 회원국이 찬성하면 WRC 개최 기간과 장소의 변경 또는 개최 취소가 가능하다.

해당 국가의 외교사절로서 WRC에 참가하는 각 주관청 대표단은 신임장을 제출해야 하고 신임위원회(Credentials Committee)의 심사를 거치고 본회의의 결정에 따라 하나의 투표권을 갖게 된다. WRC 공식 언어는 지구상의 인구비례에 따라 선정된 6개 공식 언어(아랍어, 중국어, 영어, 불어, 러시아어, 스페인어)로 진행되고, 모든 참가자가 동의하는 경우에는 보다 적은 수의 언어로 진행될 수 있다. WRC에 관련된 문제들을 검토하기 위하여 운영위원회(Steering Committee), 신임위원회(Credentials Committee), 편집

위원회(Editorial Committee), 예산조정위원회(Budget Control Committee)를 구성하고, 통상 의제 검토를 위한 별도의 Committee들을 구성하여 운용된다.

나. WRC의 의제

WRC 의제는 의제의 성격에 따라서 일반의제와 특별의제로 구분되는데, 일반의제는 매 회의 때마다 검토되는 정규적인 의제로서, 의제 1.1, 의제 2에서 의제 8이 이에 해당하고 그 내용은 표 1-1과 같다.

표 2-1. WRC 일반 의제

번호	내용 개요
의제1.1	주파수 분배표 주석 정비
의제 2	참조 인용 규정의 정비
의제 3	WRC 결정에 따른 후속 조치
의제 4	WRC 결의 및 권고 정비
의제 5	전파통신총회 결과 검토 및 조치
의제 6	긴급 연구 과제 발굴
의제 7	위성망 사전공표, 통고, 등록 절차 등의 개선 - 결의86(개정 PP-02) 이행
의제 8	차기 및 차차기 의제 선정과 ITU-R 전파국장의 보고서 검토 및 승인

특별의제는 WRC의 주요 논의사항이 되는 의제로서 매 회의마다 달라지며 의제번호 1에 일련번호가 붙여진다. WRC-07에서는 차세대 이동통신 주파수 분배(의제 1.4), 지상업무와 위성업무 공유 방안(의제 1.9) 등 21개의 의제가 다루어졌다.

WRC 직후에 개최되는 CPM (Conference Preparatory Meeting : WRC 준비회의) 1차 회의에서 선정된 WRC 의제들에 대해 검토하여 차기 WRC까지 해당 연구를 수행할 작업반에 의제를 배분하며, 필요한 경우 합동 작업반의 구성을 결정한다. 이렇게 선정된 의제들은 이사회의 검토를 거쳐 최종 승인을 받고 확정된다.

1987년 시작하여 1992년, 2000년에 완료된 IMT-2000 주파수의 경우나, 위성통신 서비스를 제공하기 위하여 1960년대 이후 적극적으로 진행된

선진국들의 위성 궤도와 주파수 자원 확보를 위한 경쟁 과정에서 알 수 있듯이, 차기 및 차차기 의제 동향을 통해 3 ~ 8년 후에 대한 각국의 관심사 또는 외국 기업의 사업 방향에 대한 윤곽을 파악하는데 도움이 될 수 있다.

다. WRC의 역사

전파통신 관련 국제 협약의 시작은 1865년 파리로 거슬러 올라간다. 1844년 5월 24일, 사뮤엘 모스가 워싱턴과 볼티모어 간 전신선을 통해 첫 공공 메시지를 전송함으로써 전기통신 시대가 시작되고 약 10년 후 전신 공공 서비스가 가능해졌으나, 국가마다 시스템이 다르고, 국경을 넘을 때마다 번역・재전송해야 하기 때문에 국가간 서비스가 어려웠다. 국가별로 협약을 맺어야 하는 불편함과 협약 수가 증가함에 따라, 1865년 프랑스 파리에서 20 개 유럽 국가가 모여 International Telegraph Convention을 채택하고 Telegraph Regulation을 첨부함으로써 국제 통신에 관한 국제협약이 최초로 만들어졌다. 1868년 비엔나 회의에서 순수하게 행정적 기능을 수행하기 위한 International Bureau of Telegraph Administration(Berne Bureau)를 창립하게 되는데 Berne Bureau라는 이름으로 더 알려진 이 조직은 새 Board와 사무총장으로 기능이 분리되는 1948년까지 ITU의 행정적 기능을 수행한다. 1875년 St. Petersburg에서 20여개 유럽 국가와 몇몇 다른 나라가 모여 1865년판 협약을 개정 및 확대하였고, 이 협약은 1932년까지 유지된다. 1900년 선박탑재 무선장비 설치에 관한 독점 권한을 획득한 British Marconi Wireless Company가 마르코니 장비를 사용하지 않는 선박 또는 육상국과의 통신을 거부함으로써 곤란을 겪던 국가들이 1903년 Berlin 회의에서 Berlin Final Protocol을 제정, 전파통신에 관한 기본 원칙을 만들었고, 이것이 국제 전파 규칙의 기본이 된다. 1906년 베를린에서 개최된 첫 Radiotelegraph Conference 에서 전파의 국제사용과 배치에 관한 규정으로 Radiotelegraph Convention과 Radiotelegraph Regulation을 채택하고 International Radiotelegraph Union이 출범하였다. 이 때 해상업무 통신 원칙과 주파수, 전송전력 등을 규정하고 SOS 긴급 재난신호를 채택하였다. 1912년 타이타닉 사건 이후 London International Radiotelegraph Conference에서 1906 Berlin Convention과 Regulation의 규제제도를 강화하고, 해상업무 위주의 주파수 분배표를 도입하였으며 선박 청수의무가 도입

된다. 1차 대전 이후 1920년대에 통신 분야의 엄청난 발전과 함께 무선국의 수와 종류가 증가하여 해상업무만 정의한 1912년의 규정으로는 다 수용하기 어려워짐에 따라 1927년 워싱턴 회의에서 고정, 해상 및 항공 이동, 방송, 아마추어 및 실험 업무 등 여러 업무에 사용되는 국제 주파수 관리의 기본 원칙을 마련하고 국제 주파수 등록을 시작하였다. 1932년 마드리드 회의에서 무선과 유선을 통합하여 국제기구로서의 ITU가 새롭게 출범하고 그 헌장으로서 International Telecommunication Convention이 만들어지고, 전신협약과 전파협약은 독립된 Regulation으로서 협약의 부속서가 된다.

통고 절차의 중요성 증가에 따라 주파수 할당의 통고에 대한 구체적인 규정을 제정하였으나, 이 action의 법률적 귀추(legal consequences)에 대해서는 합의하지 못했다. 1947년 아틀란틱 시티 전권위원회에서 ITU 구조를 개편하고 주파수 관리에 관한 새로운 규제제도를 확립하고 주파수 분배표를 도입하였다. 이 때 2차대전 이후 구성된 UN의 전문기구(specialized agency)로 편입하면서 이사회와 General Secretariat(사무총장과 Secretariat), I.F.R.B (International Frequency Registration Board를 설립하여 기존의 Berne Bureau의 기능을 분리하고 1948년 베른에서 제네바로 본부를 이전하게 된다. 또 주파수 할당의 권리와 의무를 Radio Regulations에 정의하고, “간섭으로부터 국제적으로 보호받을 권리” 원칙과 “협약과 규칙의 준수” 원칙을 규정하게 된다. 1951년 제네바에서 개최된 Extraordinary Administrative Radio Conference(EARC, 추가주관청회의)에서 주파수분배표를 강제 적용하는 다양한 방법들을 정의한 합의문을 채택함으로써 전파규칙이 국제법으로 강제화 되었다.

1957년 최초의 인공위성인 Spunik 1호, 1963년 최초의 지구정지궤도 위성인 Syncom-1호 발사 이후 우주업무를 위한 주파수와 궤도 수요가 급증하고, 1961년 UN 총회에서 “외부 우주의 평화적 사용에 관한 국제 협력” 결의를 채택하여, 우주 사업에 전 세계 모든 국가의 평등한 참여와 우주 자원의 공평한 분배를 결의함으로써 본격적인 우주 시대가 시작된다. 1963년 우주업무용 주파수 분배를 위한 추가주관청회의(EARC)에서 같은 주파수 대역을 이용하는 지상업무와 우주업무에 적용되는 사전공표, 조정공표, 우주업무 할당의 통고 및 등록 절차를 채택하고, 새로운 우주통신 시스템 개발에 따라 CCIR(ITU-R 전신)은 우주통신 연구를 수행하는 연구반을 구성하였다.

1966년 EARC에서 항공이동(R)업무의 분배계획을 개정하고, 1967년 해상이동 Conference부터 세계전파통신주관청회의(World Administrative Radiocommunications Conference)라는 이름으로 바뀐다. 1979년을 제외한 1960년대부터 1980년대까지의 WARC는 특정업무에 관한 주파수 사용과 분배에 관한 논의를 중점적으로 진행하였다: 1963/1971/1985/1988년 우주, 1964/1966/1978년 항공, 1967/1974년 해상, 1977년 방송위성, 1983/1987년 이동, 1984/1987년 HF 방송 등.

1979년 WARC와 1992년 WARC, 1995년 WRC 이후에는 모든 전파통신 분야의 이슈를 다루게 된다. 1979년 제네바 세계전파통신주관청회의(WARC-79)에서 최초로 위성, HF 방송, 육상이동 주파수 확대 분배 등 여러 가지 업무에 대한 주파수 분배 체제를 구축하고 조정절차를 개정하였다. 1990년대 미래 이동통신에 대한 예측과 비정지궤도 위성을 이용한 서비스의 등장에 따라 관련 주파수 확보를 위한 의제가 채택되고 주파수가 분배되었다. WARC-92에서는 세계 공통 미래공공이동통신 주파수 선정, GMPCS (Global Mobile Personal Communications by Satellite) 주파수 및 위성 DMB 주파수가 분배되었고, 1995년, 1997년, 2000년 비정지궤도위성을 이용한 고정통신위성 주파수 분배 및 공유 기준이 채택되었다. 1995년부터는 세계전파통신주관청회의(WARC)가 세계전파통신회의(WRC)로 명칭이 변경되었다. 2000년에는 IMT-2000 추가 주파수가, 2007년에는 IMT 주파수가 각각 선정되었다. 2000년대에는 과학과 환경 보호, 군사 목적 지구탐사 업무(위성 포함)의 업무량 확대 등으로 인한 주파수 소요량이 증가함에 따른 추가 분배 요구가 발생하였고, 특히 지구탐사위성 센서기술(수동센서 및 전파발사에 의한 능동센서)의 발전에 따른 관련 산업의 선도를 위한 선진국간 주파수 경쟁이 치열해졌다. 또한 주파수 부족에 따른 업무 간 주파수 공유 추진 및 전파천문 등 수동업무 주파수 대역의 활용방안에 대한 재검토 요구가 증가하고 있다. WRC-2007의 경우 2001년 911 사태 이후 항공 업무에 대한 관심이 고조되면서 항공이동 및 관제를 위한 의제가 다수 등장하였다. WRC-2011 의제는 전파이용 환경변화를 수용할 수 있는 스펙트럼 관리 규정 검토, 소출력 기기에 의한 간섭 영향 검토 등의 의제가 제기된 상태이다.

2. IMT에 대한 WRC-07 결과에 대한 우리나라 후속조치

IMT에 필요한 신규주파수대역 선정에 관한 WRC-07 의제 1.4 관련 작업은 IMT-2000 및 IMT-2000이후의 시스템 관련 연구를 담당하는 ITU-R WP8F(현 WP5D)에서 향후 필요한 주파수 소요량 및 후보 대역 등에 대한 연구를 진행하였다. 이에 대한 연구내용, 우리나라의 대응 및 WRC-07 결과는 2007년 전파연구소 보고서에 구체적으로 기술되어 있으므로 여기서는 WRC-07 결과에 따른 우리나라 후속 조치방안만을 제시하고자 한다.

ITU는 차세대 이동통신을 음성·데이터·동영상 자료를 이동시 100 Mbps, 정지시 1 Gbps의 속도로 제공하는 서비스로 설명하고 있다(ITU-R 권고 M.1645). 이에 필요한 주파수 소요량 예측을 위한 방법론 권고(ITU-R 권고 M.1768)를 개발하였으며, 주파수 소요량 예측을 위한 참고 자료로 미래이동통신 시장 예측 보고서(ITU-R 보고서 M.2072) 및 IMT 관련 기술 동향 보고서(ITU-R 보고서 M.2074)를 개발하고, 이 보고서들을 바탕으로 한 주파수 소요량은 2020년까지 IMT-2000 및 IMT-Advanced 용도로 총 1,280~1,720㎒의 대역폭이 필요함을 예측하였다(ITU-R 보고서 M.2078)

표 2-2. 이동통신용 주파수 수요전망

	IMT-2000			IMT-Advanced			합계		
연 도	'10	'15	'20	'10	'15	'20	'10	'15	'20
고밀도 시장	840	880	880	0	420	840	840	1,300	1,720
저밀도 시장	760	800	800	0	500	480	760	1,300	1,280

관련 연구 진행과 함께 IMT는 IMT-2000과 IMT-Advanced를 포괄하는 개념이며, IMT-2000은 IMT-2000의 진화까지 포함하고 IMT-Advanced는 새로운 무선 접속을 의미하는 것으로 IMT Naming에 대한 개념을 결의로 개발하여 RA-07에서 승인하였다(ITU-R 결의56).

이러한 연구를 통하여 ITU는 후보대역을 410-430㎒, 450-470㎒, 470-806/862㎒, 2300-2400㎒, 2700-2900㎒, 3400-4200㎒, 4400-4990㎒의 7개 대역으로 압축하고,

장·단점 및 이용현황, 주관청 선호대역을 보고서로 정리하였다 (보고서 ITU-R M.2079). 이에 대한 WRC-07 결과와 함께 우리나라 후속 조치 방안을 검토한 결과는 다음과 같다.

(1) 450 - 470㎒ 대역

WRC-07은 동 대역을 IMT용도로 전파규칙 주석 5.286AA를 통하여 전 세계적으로 분배하였으며, 기존 1GHz 이하 대역의 IMT 활용 연구 WRC 결의 224에 450-470㎒의 채널 계획의 연구 내용을 추가하였다.

우리나라는 450-470㎒ 대역에 여러 가지 타 서비스들이 이미 많이 이용되고 있음을 고려할 때, IMT로 이용을 위한 국내 주파수 분배표 개정은 고려할 필요가 없을 것으로 판단되어, WRC-07에서 동 대역의 IMT이용을 명시한 주석 5.286AA는 우리나라 주파수 분배표에 포함하지 않을 것을 제안한다.

(2) 470 - 862㎒ 대역

WRC-07은 이 중 일부 대역(698/790-862㎒)을 IMT용도로 지역별/국가별로 분배함을 전파규칙의 주파수분배표 주석 5.313A를 통하여 명시하였으며, 관련 결의의 제·개정 내용은 다음과 같다.

- 결의 224 개정 : 1, 3지역의 790-862㎒, 2지역 및 5.313A[5.YYY]에 명시된 국가의 698-806㎒대역에 분배된 새로운 이동 및 방송의 이용을 연구하고, GE-06에 미치는 영향을 포함하여 현재 동 대역에 분배된 서비스를 보호하는 방법에 대한 권고를 개발한다. 또한 각기 다른 기술적 특징을 가진 이동업무들 간의 양립성 연구를 진행하고 주파수 arrangement에 미치는 영향에 대한 지침(guidance)을 제공하도록 한다.
- 신규 결의 749[COM4/13] : 1, 3지역의 790-862㎒ 대역에 현재 분배된 서비스를 보호하기 위하여 이동 서비스와 타 서비스간의 공유 연구를 ITU-R에서 진행하도록 한다. 특히 1지역의 경우 790-862㎒ 대역을 이동업무로 신규분배하고 IMT로 용도분배를 함에 따라 동 대역의 다른 업무와의 공유연구를 하도록 WRC-11 의제 1.17로 채택되어 합동작업반 JTG5-6이 구성되어 연구가 진행되고 있다. 이와 관련된 구체적인 연구 내용은 다음 절에서 다루어 질 것이다.

WRC-07에서 주석 5.313A의 제정으로 우리나라는 698-806㎒ 대역을 IMT로

이용할 수 있게 되었다. 따라서, 우리나라는 DTV 전환 계획에 맞춰 동 대역을 IMT 등으로 이용할 수 있도록 채널 배치 연구 및 국내 주파수 분배표의 개정이 필요하며, WRC-07에서 동 대역의 IMT이용을 명시한 주석 5.313A를 우리나라 주파수분배표에도 포함하는 후속조치가 필요하다.

표 2-3. WRC-07 결과에 의한 우리나라 주파수 분배표 개정안

한 국		
변 경 전		변 경 후
주파수대별 분배	용 도 등	주파수대별 분배
470 ~ 740 방송 K82 5.306	TV방송용	**470 ~ 740** 방송 신설 **이동** 신설5.313A K82 5.306
740 ~ 752 방송 고정 이동	TV방송용 특정소출력(음성 및 음향신호전송용) K37D	**740 ~ 752** 방송 고정 이동 신설5.313A
752 ~ 806 고정 이동 방송 K86	실험국 K30 방송중계 K64J K85 도서통신 K83	**752 ~ 806** 고정 이동 신설5.313A 방송 K86
2300 ~ 2400 고정 이동	도서통신 K116A 휴대인터넷 K116B	**2300 ~ 2400** 고정 이동 신설5.384A
3400 ~ 3500 고정 이동(항공이동 제외) 무선표정 5.433 아마추어 K126 5.282 5.432	민간용(무선표정) K126 방송중계 K151 3450 ㎒(아마추어국 지정주파수) UWB용 K125B 고정M/W중계 K151A K151D	**3400 ~ 3500** 고정 이동(항공이동 제외) 무선표정 5.433 아마추어 K126 5.282 5.432 신설5.432A
3500 ~ 3700 고정 고정위성(우주대지구) 이동(항공이동 제외)	통신사업자 M/W K151A 방송중계 K151 UWB용 K125B 고정M/W중계 K151A K151D	**3500 ~ 3700** 고정 고정위성(우주대지구) 이동(항공이동 제외) 신설5.433A

(3) 2300- 2400㎒

WRC-07은 동 대역을 IMT용도로 전 세계적으로 분배하였으며, 기존 1GHz 이상 대역의 IMT 활용 연구 결의에 2300-2400㎒의 공유 연구 및 주파수 배치(arrangement) 등의 내용을 추가하였다.

우리나라는 2300-2400㎒ 대역이 이미 국내 주파수 분배표 주석 K116B에

의하여 휴대인터넷 용도(와이브로)로 활용이 가능하다. RA-07에서 와이브로가 IMT-2000표준으로 포함되었고, 2300-2400㎒가 WRC-07에서 IMT대역으로 포함됨에 따라 이러한 결과를 수용한 K116B 주석의 개정 여부를 검토할 필요가 있다. 이때 와이브로 사업권이 IMT로 확대되는 효과도 함께 고려해야 할 것이다.

(4) 3400- 3600㎒

WRC-07은 동 대역을 IMT용도로 주석 5.430A, 5.431A, 5.432A, 5.432B, 및 5.433A를 통하여 국가별로 분배하였다. 동 대역에서 운용중인 위성업무와 IMT와의 공유를 위하여 주석에 포함된 전력속밀도의 만족 여부를 평가하는 방법론에 대한 연구 연구가 ITU-R WP4A(위성작업반)를 중심으로 활발히 진행되고 있다.

우리나라 위성망이 3400-3600㎒대역을 이용하는 것이 없으므로 IMT 대역으로의 이용을 위한 국내 주파수 분배표의 개정이 필요하며 채널 배치 안을 마련하여 위성업무와의 공유연구에 적절히 대응할 필요가 있다.

끝으로 WRC-07에서 4개 주파수 대역을 IMT로 지정(identification)하였을 뿐 아니라 기존 IMT-2000으로 용도를 지정한 주파수 대역도 IMT로 변경함에 따라 국내 주파수 분배표에 명기된 IMT-2000 역시 IMT로 변경 여부를 검토할 필요가 있다.

먼저 유사한 경우로 WRC-2000후 국내 후속조치를 살펴보면, WRC-2000에서 기존의 셀룰라 통신 및 PCS 주파수를 IMT-2000 추가 주파수로 포함하는 주석을 전파규칙에 제정함에 따라 우리나라 주파수 분배표에도 동 주석을 수용하였으나, K주석은 개정 없이 각각의 이동통신을 구별하고 있다. 따라서, WRC-07에서 제·개정된 전파규칙 주석을 우리나라 주파수 분배표에 포함하면 될 것이다.

다만, 국내 주파수 분배표의 '용도등' 및 K주석에 명시된 IMT-2000을 IMT로 변경하면 기존 IMT-2000사업자에게 IMT-Advanced 사업도 허가하게 되는 결과를 가져오므로 추후 IMT 주파수 대역 이용 및 사업자 선정 계획에 따라 추진하면 되리라 본다. 이때, 셀룰라 및 PCS 대역을 IMT로 변경하는 것도 같은 맥락에서 검토되어야 형평성이 맞을 것이다.

제 2 절 방송의 디지털화에 의한 여유 주파수 대역 (Digital Dividend, 698~862㎒) 이용에 대한 각국 동향 분석 및 이용 방안 연구

1. TV 방송 여유 주파수 대역 생성 배경

TV 지상파 방송 업무는 아날로그 기술에 기반하고 있었으며, 전파전파 특성이 우수한 주파수 대역을 차지하고 있다. 채널 대역폭이 6 ㎒(북미 NTSC 방식)에서 8 ㎒(유럽 PAL)에 이르며 채널 수도 수십 개 이상으로 1 ㎓ 이하에서 용도가 지정된 업무 중 가장 넓은 주파수 대역폭을 차지하고 있는 업무이다. 최근 방송에 디지털 기술을 적용하면서부터 아날로그 TV보다 훨씬 고화질의 음성과 영상을 안정적으로 제공할 수 있게 되었으며, 주파수 스펙트럼 이용 차원에서도 단일 주파수 방송망 설계가 가능해지거나 최대 허용 신호대잡음비나 감도 특성이 매우 우수해지는 등 주파수 이용 효율이 상당히 높아지게 되었으므로 더 적은 주파수 대역에서도 동일한 업무를 제공하는 것이 가능하게 되었다. 그러므로 세계 각국은 자국 국민들에게 지상파 디지털 TV 방송 보급을 서두르는 한편 지상파 디지털 TV의 주파수 대역을 정비하여 여유 주파수 대역을 도출하는 동시에 여유 대역에 대한 이용을 본격적으로 추진하고 있거나 이용 계획을 수립하고 있다. 본 절에서는 세계 각국의 여유 주파수 대역 이용에 대한 현황 분석을 실시하고 우리나라의 여유 주파수 대역에 대한 이용 방안을 제시한다.

2. 미국의 700 ㎒ 대역 (698 ~ 806 ㎒) 경매

가. 경매 요약

2008년 1월 24일 실시되어 3월 18일에 종료된 미국의 700㎒ 주파수 경매에서는 1,099개 면허 가운데 1,090개의 면허가 낙찰되었고, 최종낙찰가는 최저낙찰가의 2배 이상인 191.2억 달러에 이르렀다. 미국의 방송 시스템이 아날로그에서 디지털로 전환됨에 따라 생겨난 여유주파수에 대한 최종 경매로 준비된 이번 경매는 경매 전부터 통신, 인터넷, 케이블, 위성을 포함한 전 산업에 걸쳐 큰 주목을 받아왔다. 이처럼 700㎒ 대역 주파수 경매가 기존의 경매와 달리 큰 주목을 받았던 이유 중 하나는 700㎒대의 주파수가

가지고 있는 활용가치가 다른 대역에 비해 크기 때문이다. 이번 경매에서는 산업계의 관심이 컸던 만큼 경매 규칙의 정비에 경매주관국인 FCC(Federal Communication Committee, 미 연방통신위원회)와 이해 당사자들 간의 논쟁도 많았다. FCC는 경매 대역 가운데 C 블록에 한하여 최초로 플랫폼 개방(Open Platform)을 의무화하였고, 본 블록에 한해 패키지 입찰(Package Bidding)을 허용하여 전국면허를 취득할 수 있는 기회를 제공하였다. 또한 D 블록의 경우 주파수 경매에서는 처음으로 Public-Private Partnership 개념을 도입하여 비상시에 민관 협력 체제로 해당 대역을 이용하도록 하는 근거 규정을 마련하였다. 그리고 미국식 동시다중라운드 경매방식의 내재적 취약점으로 지적되어온 담합과 반독점 문제에 대한 해결 방법의 하나로, 경매시작부터 종료시까지 입찰자와 관련된 어떠한 정보도 공개되지 않는 익명 입찰방식을 적용하였다.

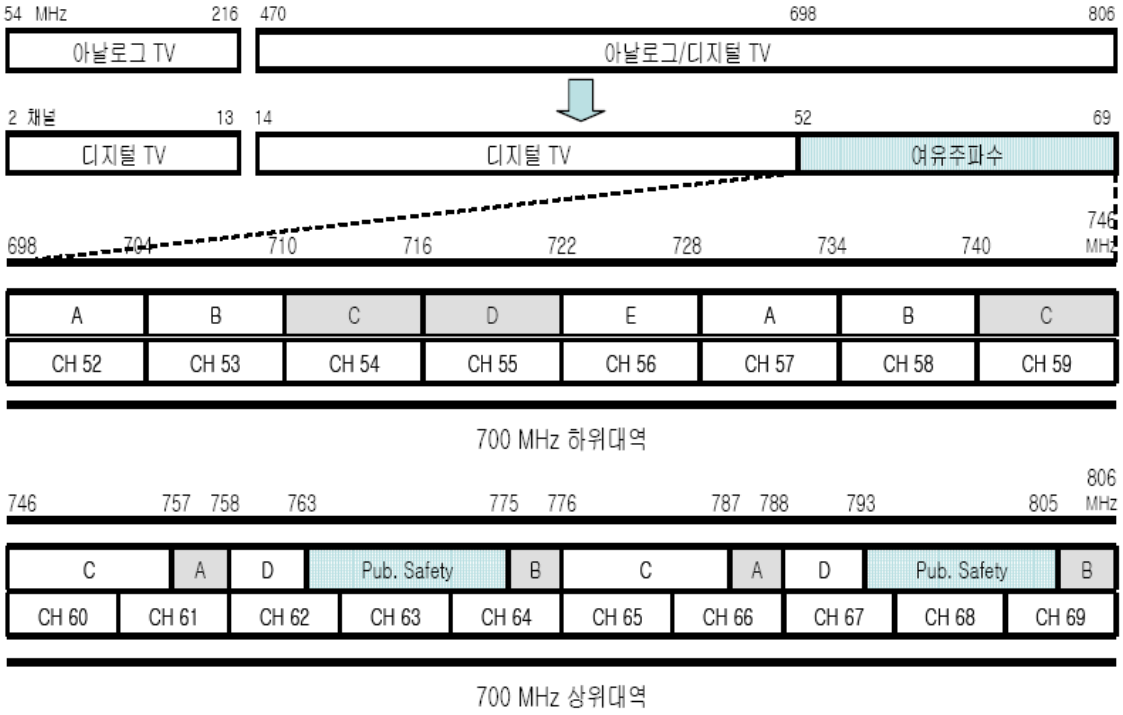


그림 2-3. 미국 DTV 전환과 관련 주파수 대역 정비 (700 ㎒ 경매)

나. 주파수 경매 배경

미국에서는 현재 54~806㎒의 주파수 대역을 방송용(아날로그/디지털) 주파수로 사용하고 있으며, 2006년 2월에 "DTV 전환 및 공공안전에 관한

법률(Digital Television Transition and public safety Act of 2005)"을 통해 2009년 2월 17일까지 아날로그 방송서비스를 종료하기로 결정하였다. FCC는 DTV 전환 시 DTV 이용 대역을 2～51채널(54～698㎒)로 할당하며, 여유주파수(698～806㎒) 가운데 24㎒는 공공안전용으로 할당하기로 결정하였다. 그리고 나머지 84㎒ 주파수에 대해서는 경매를 통해 할당하기로 하였다.

이후 2007년 이전까지 5차례의 경매를 통해 본 대역의 여유주파수가 할당되었는데, Auction No.33, Auction No.38 두 차례 주파수 경매를 통해서는 상위 700㎒ 보호대역(A, B 블록)이 할당되었고, Auction No.44, Auction No.49, Auction No.60 세 차례 경매에서는 하위 700㎒ 대역의 채널 54, 55, 59(C, D 블록)가 할당되었다. 그리고 최종적으로 나머지 주파수(62㎒)에 대한 경매(Auction 73)가 2008년 1월 24일에 시작되었다.

다. 경매 참가자 및 진행 경과

FCC는 지난해 12월 18일 경매 참가 신청 기업 중 참가자격이 있는 기업을 공개하였는데, AT&T, Verizon Wireless와 같은 기존 이동통신사업자 외에 Google, EchoStar Communications, Cablevision Systems, Qualcomm 등의 인터넷, 위성, 케이블 등 사업자들이 새로운 경쟁상대로 대두되었다.

사업 영역 확대를 위해 경매에 참여한 Google은 이번 경매에서 오픈 플랫폼의 채택을 주도하였고, 경매 전부터 C블록에 큰 관심을 보이며 최저입찰가 이상 제시를 시사한 바 있다. 오픈플랫폼이란 소비자가 자신이 선택한 단말기를 무선서비스 사업자와 상관없이 사용할 수 있어야하며(Open Device), 소비자가 원하는 애플리케이션은 무선사업자의 네트워크와 무관하게 이용할 수 있어야 한다(Open Application)는 것을 의미한다.

Qualcomm의 경우 이미 보유하고 있는 700㎒ 대역 주파수에 MediaFlo 기술을 사용하여 독자적인 모바일 방송 네트워크를 구축하고 있으며, 네트워크 용량과 커버리지의 확대를 목적으로 경매에 참가하였다.

Cablevision이나 EchoStar와 같은 케이블·위성 사업자들은 무선 데이터 서비스의 지속적인 성장, 인터넷 가능 단말기의 이동성 요구 증가, 지역통신사업자들이 QPS 제공 등에 의한 압박 등의 이유로 경매에 참여한 것으로 파악된다. 미국 최대기업의 케이블 사업자인 Comcast와 Time Warner는 2006년에 SpectrumCo라는 컨소시엄으로 AWS(Advanced Wireless Service,

상향 1.7 ㎓ 하향 2.1 ㎓ 대역을 사용하는 미국의 3G급 이동통신 서비스) 주파수 경매에 참여하여 137개의 무선 주파수대의 라이센스 획득을 성공한 바 있으나, 이번 경매에는 불참한 것으로 확인되었다.

이번 경매에서는 2006년의 AWS 경매에서와 달리 케이블과 위성통신사업자들의 경매 참여가 미진하였는데, 케이블 업계에서는 주요 사업자 가운데 Cox만이 유일하게 참여하였고, 위성업계에서는 DirecTV가 대규모 컨소시엄 형태로 AWS 경매에 참여했던 것과 달리 EchoStar만 독자적으로 참여하였다.

한편 이동통신 업계 3, 4위인 Sprint Nextel과 T-Mobile USA는 경매에 참가하지 않았다. Sprint Nextel의 경우 최근 2.5GHz 대역을 사용해 WiMAX 네트워크를 구축하고 있으며, 이동통신 사업의 경우 가입자 순감(2007년 제3/4분기)에 의한 실적 부진이 나타나 일찍이 이번 경매 불참이 예상되었다. T-Mobile 경우에도 2006년 8월 AWS 주파수 경매에서 면허를 대량으로 구입하여 현재 3.5세대 네트워크의 구축을 진행시키고 있다.

한편 이번 700㎒ 주파수 경매에서는 1,099개 면허에 대한 최종 낙찰액이 예상 낙찰액보다 훨씬 클 것이라는 기대가 있었는데, 이는 최근에 있었던 몇몇 주파수 경매 및 거래 사례에서도 알 수 있다. 예를 들어 가장 최근의 사례를 살펴보면, 2007년 10월 9일 AT&T는 Aloha Partners가 가지고 있었던 700㎒ 대역의 12㎒ 주파수 대역에 대한 면허권을 25억 달러(또는 $1.06/㎒-POP)에 사들였다.

지난 1월 24일에 시작한 미국의 700㎒ 대역에 대한 경매는 5개 주파수 블록에 대한 입찰액이 역대 경매사상 최고 수준으로 지속되면서 경매 초반부터 700㎒ 주파수에 대한 관심은 보다 크게 집중되었다. 그렇지만 입찰자의 신원이 경매 종료 시까지 공개되지 않는다는 규칙에 따라 경매에 대한 다양한 예측이 결과 공표 시까지 계속되었다.

라. 경매 결과

기존 통신 사업자를 비롯한 214개 기업들이 참가한 이번 경매는 시작한지 38일 만인 2008년 3월 18일에 최종 261 라운드로 종료되었다. 그리고 경매 종료 이틀 후인 3월 20일 낙찰 사업자에 대한 정보가 공개되었다.

먼저 플랫폼 개방 및 구글의 참여로 관심을 끌었던 C블록의 경우 Round 4에서 18억 달러, Round 7에서는 26억 달러, Round 10에서는 약 33.8억 달러로

경매 초반 매우 빠르게 입찰가가 상승했다. 그러나 FCC가 기대했던 바와 달리 최종 낙찰자는 90 Round에서 최저입찰가 (46.4억 달러)보다 다소 높은 47.5억 달러로 결정되었다. 최종적으로 C블록은 Verizon Wireless가 REAG(Regional Economic Area Grouping) 1~6, 8 지역을 총 47억 4,181만 달러에 낙찰 받았으며, 나머지 5개 면허는 3개의 지역사업자에게 낙찰 되었다. 한편 패키지 입찰은 태평양 패키지에서만 유일하게 이루어진 것으로 나타났다(표 2-4 참고).

표 2-4. 미국 700 ㎒ 대역 C 블록 경매 결과

면허	입찰자	지역	라운드	총액($)
REAG 1	Verizon Wireless	Northeast	29	502,774,000
REAG 2	Verizon Wireless	Southeast	30	424,224,000
REAG 3	Verizon Wireless	Great Lakes	30	1,109,715,000
REAG 4	Verizon Wireless	Mississippi Valley	27	1,625,930,000
REAG 5	Verizon Wireless	Central	27	723,228,000
REAG 6	Verizon Wireless	West	30	319,798,000
REAG 8	Verizon Wireless	Hawaii	30	36,138,000
REAG 7	Triad 700, LLC	Alaska	40	1,783,000
REAG 10	Triad 700, LLC	Puerto Rico, US Virgin Islands	30	3,124,000
REAG 12	Small Ventures USA, L.P.	Gulf of Mexico	20	1,055,000
Package Pacific	Club 42 CM Limited Partnership	REAGs 9 & 11 2 Licenses	90	550,000
Total				4,748,319,000

C 블록의 경매는 신규 진입을 예상했던 FCC의 기대와는 달리, 결과적으로 6개 면허를 낙찰 받은 Verizon Wireless가 차세대 무선 브로드밴드 서비스를 제공하는 전국면허를 획득한 것으로 결론이 났다. 이 같은 결과는 미국 정부의 입장에서 다소 아쉬운 결과라 할 수 있는데, 당초 FCC가 유도하고자 했던 C블록으로의 제3의 사업자(Third-Pipe) 유인에 실패했기 때문이다.

한편 Verizon Wireless는 그 외에도 EA(Economic Area) 면허 구역인 A 블록에서 낙찰자중 가장 많은 24개의 면허를 획득하였고, CMA(Cellular Market Area) 면허 구역인 B 블록에서도 77개의 면허를 낙찰 받았다. (여기서 REAG, EA, CMA는 경매에서 경제 규모 등에 따라 미국 전 국토를 지역별로 분할하는 기준 및 그에 따라 나뉜 영역을 말한다.)

공공 안전 기관과의 공유가 조건이었던 D 블록의 경우에는 경매시작 후 1건의 입찰가만 제시되었는데, 입찰가는 최저낙찰가격인 13억 달러를 크게 밑돌아 결국 유찰되었다. 이 같은 결과는 D 블록의 유력한 입찰 기업이라고 여겨졌던 Frontline Wireless가 자금부족의 이유로 경매 보증금을 마련하지 못해 700㎒ 주파수 경매에 참가하지 못했기 때문인 것으로 파악되었다. 경매결과 D 블록의 유일한 입찰자는 Qualcomm으로 입찰가격은 4억 7,200만 달러를 제시한 것으로 알려졌다.

B 블록의 경우 당초 큰 관심을 끌지 않을 것으로 예상되었던 바와 다르게 이번 700㎒ 주파수 경매를 주도한 블록이 되었는데, 전체 728개의 면허로 구성된 B 블록은 최종낙찰가가 당초 예상했던 최저낙찰가(13.7억 달러)보다 6.7배 높은 91.4억 달러에 달했다. 주요 낙찰업체들을 보면 AT&T가 227개 면허를 63.4억 달러에 낙찰 받았고, Verizon Wireless가 77개 면허를 20.5억 달러에 낙찰 받았다. 그리고 King Street Wireless가 127개 면허를 2.3억 달러에 낙찰 받았다.

당초 C 블록에서 예상되었던 AT&T와 Verzion Wireless의 경쟁이 B 블록에서 이루어진 이유는 이번 700㎒ 주파수 경매이전 AT&T가 Aloha Partners로부터 700㎒ 하위대역에 있는 C 블록(12㎒)을 취득했기 때문으로, 블록의 위치상 C블록을 낙찰 받는 것보다 B 블록을 낙찰 받아 광대역 서비스를 전개하는 것이 유리하기 때문으로 파악된다. 또한 Verizon Wireless 역시 A 블록을 낙찰 받음과 동시에 인접 대역인 B 블록을 낙찰 받음으로써 광대역 서비스 전개를 구상했을 것이라 분석된다. 참고로 AT&T가 B 블록에서 이번에 낙찰 받은 면허 지역은 뉴욕, 필라델피아, 디트로이트, 달라스, 보스톤, 샌프란시스코, 워싱톤 DC 등인 것으로 확인되었으며, Verizon Wireless가 A 블록에서 낙찰 받은 면허는 174개 중 25개였으며, 낙찰가는 A블록 전체 낙찰가의 65%인 25.7억 달러이다.

마지막으로 E 블록에서는 Echostar Communications의 자회사인 Frontier Wireless가 총 176개 면허 중 168개를 획득하여 전국 규모의 서비스가 가능하게 되었다.

그 외 Qualcomm이 10억 달러 이상을 투자해 B블록, E블록의 면허를 획득하였는데, 낙찰 받은 지역은 뉴욕, 필라델피아, 보스톤, LA 등이다. 한편 새롭게 참가가 예상되었던 Google은 전혀 사업 면허를 취득하지 않았다.

표 2-5. 미국 700 ㎒ 대역 경매 최종 결과 요약

Block	대역폭 (㎒)	총 면허 갯수	낙찰 면허갯수	최저 낙찰 가격(백만$)	최종 낙찰 가격(백만$)	최종 낙찰가 입찰 라운드	최종낙찰가/ 최저낙찰가
A	12	176	174	1,807	3,961	189	2.19
B	12	734	728	1,374	9,144	260	6.66
C	22	12	12	4,638	4,748	90	1.02
D	10	1	0	1,330	유찰	-	-
E	6	176	176	904	1,267	254	1.40
합계	62	1,099	1,090	10,053	19,120		2.19 (D제외)

FCC는 이번 경매를 통해 판매된 1,090개의 면허 가운데, 69%를 차지하는 754개의 면허가 기존 통신 사업자 이외의 99사에 의해 낙찰됐다고 밝혔으며, 낙찰가 총액은 191.2억 달러에 이르렀다고 밝혔다.

이번 700㎒ 경매를 통해 면허를 낙찰 받은 기업은 올해 6월말까지 대금을 지불해야 하며, 텔레비전 방송이 디지털로 이행된 후 2009년 2월부터 주파수 대역에 대한 소유권을 얻게 된다.

바. 경매 조건에 있어서 기존과의 차이점

이번 700㎒ 주파수 경매에서는 몇몇 규정이 새롭게 적용되거나 수정되었는데, 그 중 가장 크게 이슈가 되었던 것은 부분적으로 C블록에 플랫폼 개방을 의무화한 것이다. 이는 소비자의 선택권 및 이용권을 보장하며, 신규/기존 사업자간 동등 경쟁의 보장, 추가적인 경쟁 도입을 가능케 하기 위한 것으로 경매 전 신규진입의 의사를 강력히 표명했던 Google의 요구사항을 반영한 것이다.

두 번째는 경매 입찰 방식의 변화이다. 이번 경매에서는 A, B, D, E 블록에 대해 과거와 마찬가지로 동시다중라운드 경매 방식을 사용했으나, 추가로 C블록의 경우에는 특별히 패키지 입찰 방식(Hierachical package bidding, HPB)을 사용하였다.

세 번째는 경매 시작부터 입찰자의 신원과 관련 선불금 내역을 경매 종료시까지 공개하지 않는 익명(Anonymous) 입찰 방식의 도입이다. 각 라운드별 입찰 결과를 공개할 때 입찰자의 신원을 공개하지 않은 점은 기존의 익명 입찰방식과는 차이가 있다. 미국의 SMR(Simultaneous Ascending Multiple Round, 복수 면허를 동시에 여러 라운드에 걸쳐 입찰하여 하나의 최종 입찰자가 남을 때까지 진행하는 경매의 방식)경매방식에서는 경매과정에서 입찰자 신원, 선불금, 해당면허의 현재 입찰액, 입찰자가 제시한 입찰액 등의 정보들이 매 라운드마다 공개되는데, 이 정보들은 입찰 전략을 세우기 위한 좋은 정보로 활용되며, 특정 입찰자가 주파수 면허권의 가치를 과대평가하여 낙찰 후 손실을 보게 되는 낙찰자의 불행(winner's curse)의 문제를 완화시킬 수 있고, 이에 따라 경매 수입도 극대화될 것이라는 평가도 있다. 그러나 입찰자들이 암묵적으로 담합할 가능성이 있음은 꾸준히 제기되어 왔다. 그 결과 이번 경매에서는 각 라운드 종료시점에서 모든 입찰 내역, 다음 라운드의 최소 입찰액 수준(minimum bid), 최고 입찰액의 입찰 철회 여부 등을 모두 공개하지 않았다.

이 같은 결정에 앞서 FCC의 의견청취를 종합해보면, 무선 광대역 경쟁의 증진, 경쟁 배제적 또는 입찰 차단적 행위로부터 입찰자 보호, 여러 규모의 입찰자들간 평등한 기회제공, 전략에 구애받지 않고 면허가치에 충실한 입찰이 가능한 점의 이유로 익명입찰 방식이 적합할 것이라는 견해가 많았다. 한편, 입찰자 신원의 미공개로 인해 경쟁자의 입찰 정보가 중요한 소규모 기업 참여자들의 경우 불이익이 예상되고, 경매절차에 혼란을 초래할 수 있다는 점에서는 반대의견도 상충했다.

네 번째 특징으로는 전국 주파수 블록의 설정이다. FCC는 역사적으로 입찰자들에게 미국전역을 커버하는 전국 면허를 경매한 사례가 없었으나, 이번에는 10㎒의 D블록을 하나의 전국 면허로 경매하였다. 이는 공공안전 서비스의 원활한 제공을 위한 것으로 파악된다.

다섯 번째 특징으로 Public-private Partnership 규정을 도입하여 D 블록의 면허권자에게 이 조건을 의무화한 것이다. 최근 미국에서는 동시 다발 테러나 초대형 태풍 '카트리나'에 의한 광역 피해 등의 경험으로 공공 네트워크의 정비가 중시되고 있다. 이에 따라 미국 정부는 이번 경매에서 D블록에 Public-Private Partnership을 도입하였고, D블록 전국면허권자가 공공안전 면허권자들과 망공유협정(NSA: Network sharing Agreement)을 맺어 상호 연동 가능한 네트워크를 구축하도록 한 것이다. 따라서 향후 D블록 면허권자는 상업용 광대역 서비스를 제공하는 동시에 경찰. 소방. 방재 및 대테러 용도 등의 공공안전 서비스와 상호 운용이 가능하도록 구축하며, 비상시에는 D 블록을 공공안전용 네트워크로 우선 사용할 수 있도록 해야 한다.

한편 지난해 9월에 FCC는 공공 관련 비영리 단체인 Public Safety Spectrum Trust Corporation(PSSTC)에 700㎒ 주파수대의 이용을 허가했다고 발표했는데, 경찰, 소방, 의료 기관 등, 복수의 그룹으로 구성되는 PSSTC는 동대역의 10㎒를 사용하고, 긴급시를 대비해 전국 규모의 통신 네트워크를 구축하게 될 것이다. 또한 PSSTC는 D Block의 낙찰 기업과 네트워크 공유 계약을 맺어, 상호 접속성을 가지는 공공 전용 브로드밴드 통신 네트워크를 구축해야 한다.

3. 영국

가. 개요

2005년 9월 영국은 2008년 하반기 Border 지역을 시작으로 디지털 전환(digital switchover)를 시작하여 2012년까지 전환을 완료하기로 결정하였다. 2006년 12월 Ofcom은 Digital Dividend Review(DDR)를 발간[1]하여 디지털 전환에 따른 여유 주파수 이용 방안에 대한 의견을 수렴하였고, 2007년 12월 최종 정책 성명[2]을 통해, 디지털 전환에 따른 주파수 활용은 시민과 소비자의 효용 및 사회 전체의 이익 극대화를 목표로 한다고 발표하며 디지털 전환에 따른 여유주파수 활용에 대한 세부적인 사항을 명시하였다.

1) 2006.12.19 Consultation, Digital Dividend Review - This document consults on the proposed approach to the award of the digital dividend spectrum (470-862㎒)

2) 2007.1213 Statement, Digital Dividend Review

그림 4-2. 영국 지역별 디지털 전환계획 년도

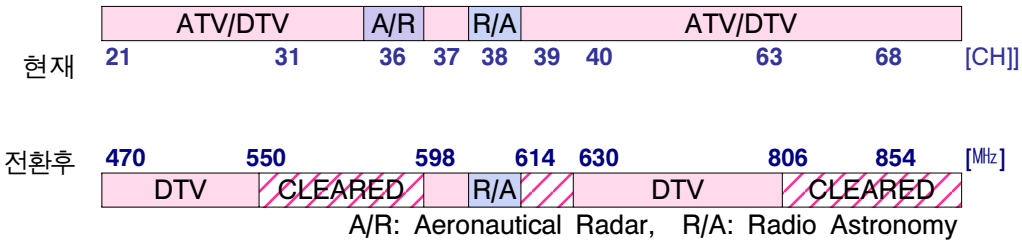


그림 2-3. 영국의 TV 방송 디지털 전환 후 주파수 이용 계획

영국은 디지털 전환을 통해 UHF 대역 112㎒ 대역이 비워질 것으로 예상하고 있으며 디지털 전환 여유주파수(DD, Digital Dividend)는 비워지는 주파수(cleared spectrum) 112 ㎒와 DTV용 256 ㎒ 중 지역적으로 사용되고 있지 않는 유휴대역(interleaved spectrum)을 합해서 정의하고 있다. 이러한 여유주파수의 이용은 시장주도적 접근법(market-led approach)을 기본으로 서비스나 용도 제약을 최소로 하는 방향으로 경매를 시행할 계획이다. 여유주파수(DD)에 대한 경매는 유휴대역(interleaved spectrum)에 대한 경매를 2009년 상반기부터 하반기에 시작하여 2009년 상반기에는 비워지는 대역(cleared spectrum)에 대한 경매가 진행될 예정이다.

나. Digital Dividend Review(DDR)

2006년 12월 영국 Ofcom이 발표한 DDR에는 현재 방송대역 내 채널 이용과 디지털 전환 이후의 주파수 이용에 대한 세부적인 내용이 포함되어 있다.

우선 방송대역 주파수 이용 현황을 살펴보면, 현재 영국은 아날로그 TV 방송을 위해 UHF 대역 470-862 ㎒ (368 ㎒, 46 × 8 ㎒)을 사용 중으로 그 중 채널 38번은 전파천문(radio astronomy)용, 채널 69번는 PMSE[3] 용으로 사용 중에 있으며 항공용 레이더용((aeronautical radar) 대역으로 사용 중인 채널 36번은 2009년 3월에 사용이 중단될 예정이다.

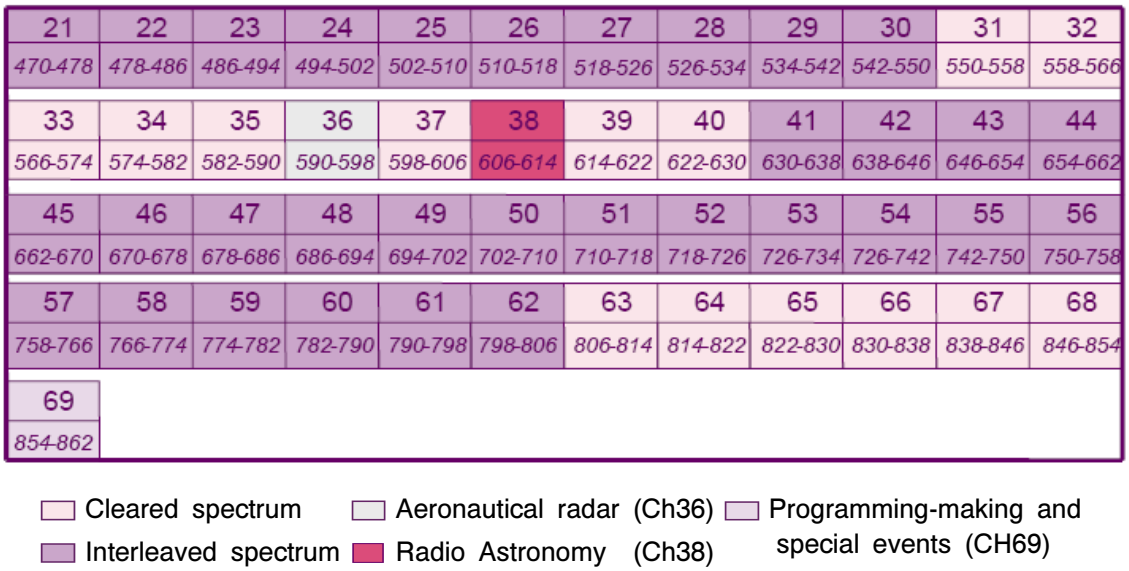


그림 2-4. 영국의 TV방송 디지털 전환 후 채널 이용

디지털 전환 후에는 DTV용으로 256 ㎒ (32 × 8 ㎒)를 사용함에 따라 기존 방송채널 112 ㎒ (14 × 8 ㎒)와 항공 레이더용도 Ch36(8㎒)이 사용이 중지됨에 따라 비워지므로 총 120 ㎒의 cleared spectrum이 확보된다.

시장주도적 접근법(market-led approach)에 기초로 이루어지는 디지털 전환 후 비워지는 스펙트럼(cleared spectrum)과 유휴대역(interleaved spectrum)의 경매는 특정 용도의 지정 없이 추가 DTV, 이동광대역, 모바일 TV 등 광범위하게 사용될 수 있도록 진행될 것이다. 유휴대역(interleaved spectrum)의 경우, 지역별로 구분된 package 개념을 도입하여 경매를 계획 중에 있다. 또한 유휴 대역에는 무선인지(CR) 기기의 비면허 사용 허가를 고려하고 있다. 여유 주파수(digital dividend) 내 비면허 사용을 위한 전용대역을 마련하지 않기로 결정함에 따라 유휴 대역 내에서 기존의 면허 사용자에게 유해한

3) PMSE(Programme Making and Special Events): 공연실황이나 스포츠 중계 등 프로그램 제작이나 특별이벤트, 또는 공연장 무선 마이크 용도

간섭을 발생시키지 않으며 주파수를 효율적으로 사용할 수 있는 무선인지(CR) 기술을 이용한 비면허 기기의 사용을 고려하고 있다.

채널 36번 디지털 전환 사용이 종료되므로 다른 비워지는 대역(cleared spectrum)보다 좀 더 일찍 경매를 추진 될 수도 있으나 별도로 경매를 수행함에 따라 발생할 수 있는 비용적인 측면을 감안하여 다른 비워지는 대역과 함께 경매가 이루어질 가능성도 있다.

공연 등의 행사장에서 무선 마이크 사용 등 PMSE(Programme Making and Special Event) 용도 대역의 경우, PMSE 사용자의 요구를 고려하여 유휴 대역(interleaved spectrum) 내에 일부를 PMSE용으로 남겨두되, 그 특성상 경매 수행이 어려울 것으로 예상되어 관리자(band manager) 역할을 하는 하나의 면허권자에 주파수를 부여하고 행정유인가격(AIP)[4] 기반의 스펙트럼 사용료를 부담시킬 예정이다. 이와 관련하여 채널 69번은 PMSE 지원을 위한 전국 면허 기반으로 운영될 것이며 지역 사용자의 요구에 따라 채널 70번도 비면허 기반으로 PMSE 용도로 사용하는 것을 고려하고 있다.

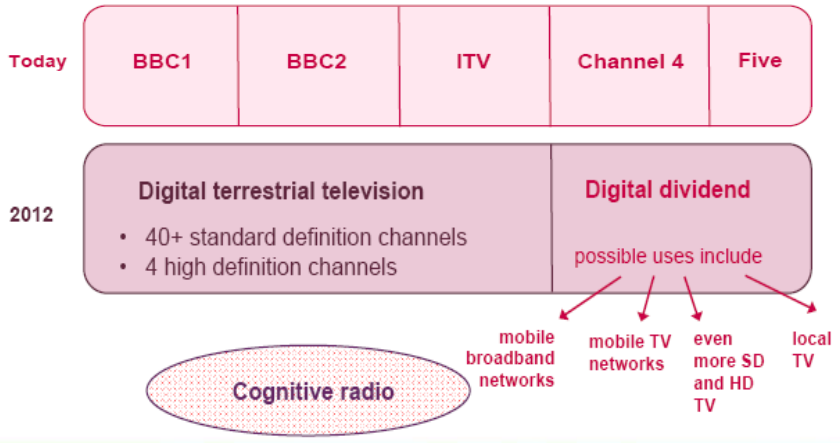


그림 2-5. 영국의 여유 주파수 대역의 이용 예

다. DDR Market Research

영국 Ofcom은 여유주파수(DD) 사용 가능성이 있는 6개의 후보 서비스에 대한 소비자의 가치 평가를 위한 조사를 진행하였다. 고려된 6개의 후보 서비스에는 Freeview 내의 추가적인 표준 채널(Extra standard-definition channel), 지역 TV(Local TV) 및 고화질 채널(High definition), 무선 홈 네트워크

4) AIP(Administrative Incentive Price): 주파수의 기회비용을 행정적으로 산출하여 주파수 이용대가를 부과

(Wireless home networks), 차세대 이동통신 서비스(Improved mobile phone and mobile broadband services) 및 이동 TV(mobile Television)가 고려되었다.

표 2-6. 여유주파수 사용 가능성이 있다고 고려된 후보 서비스

1) Extra standard-definition channels on Freeview[5]
2) Local TV on Freeview
3) High-definition (HD) channles on Freeview
4) Wireless home networks
5) Improved mobile phone and mobile broadband services
6) Mobile Television

서비스별 소비자의 가치 조사는 양적 조사(quantitative research)와 질적 조사(qualitative research)로 나누어 quantitative research는 1,999명 영국 시민을 대상으로 1:1 대면 형태로 인터뷰로 진행하였다. 위의 서비스에 대한 설명 후, 개인의 선호도 및 사회적인 관점을 고려하여 6개 서비스에 대한 중요도에 대해 순위 및 점수를 부과하도록 하였다.

표 2-7. 서비스별 소비자의 가치 조사 중 quantitative research 대상

- HDTV 가입자
- HD-ready TV set은 보유하고 있되, HDTV 가입은 하지 않은 자
- 28인치보다 작은 사이즈의 TV 소유자
- Local TV 시청자
- mobile 기기를 통해 data service를 이용하는 자
- mobile 기기를 통해 audiovisual contents를 시청하는 자
- 가정에서 wi-fi를 사용하는 자
- multimedia 기술 및 통신에 관심이 없는 자
- 저소득 자 (연소득 15500파운드 이하)
- 도심 및 rural 지역 거주자

5) Freeview:: 무료 공중파 지상파 방송서비스, 기존 5개의 아날로그 공중파와 새로운 20개의 디지털 채널의 무료 제공

참석자들은 영국 사회 및 개인소비자적 관점에서 6개 서비스에 대해 중요도를 고려하여 순위 및 점수를 부여하였다.

- 각 서비스의 중요도 정도를 점수로 평가 (10점 만점)

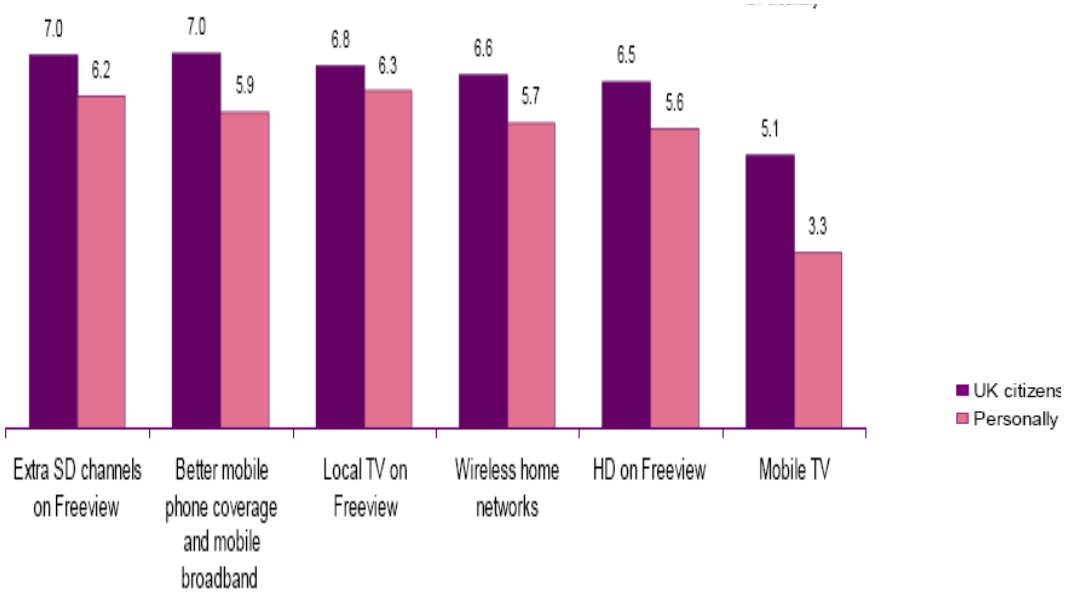


그림 2-6. 설문조사 결과 (10점 만점 점수 평가)

- 중요도에 따라 부여한 순위에서, 1, 2위로 선택된 비율

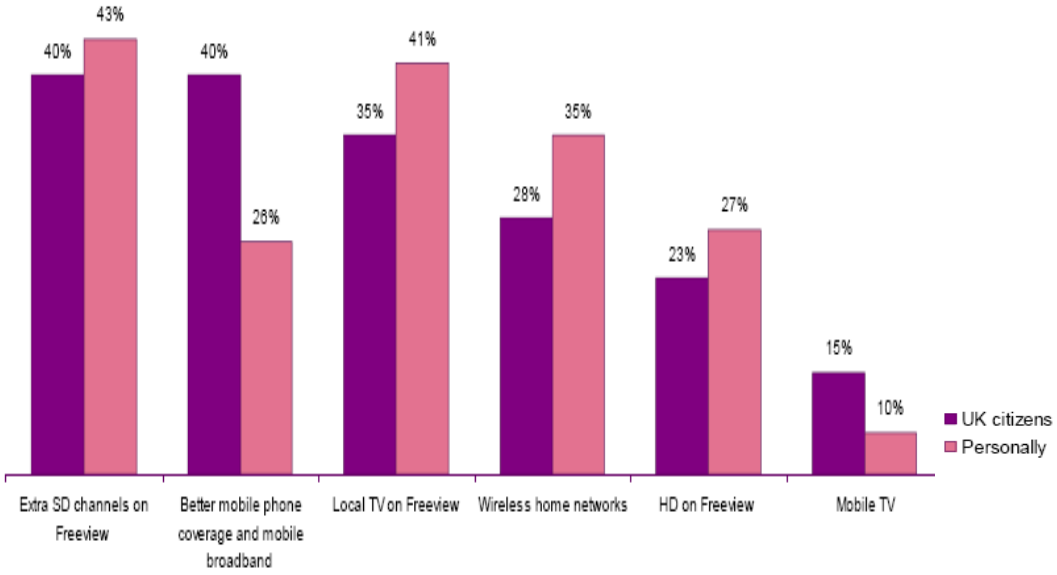


그림 2-7. 설문조사 결과 (중요도 1, 2 순위 비율)

- 모두가 이용하기 좋은 서비스 2개, 그렇지 않은 서비스 2개 선택

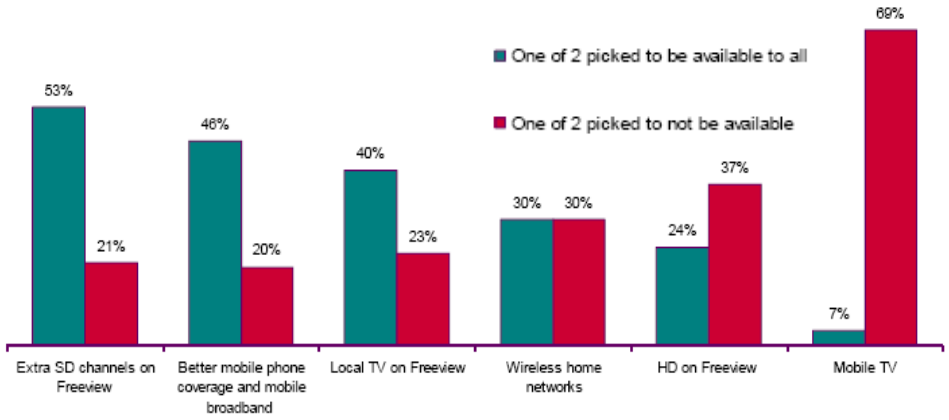


그림 2-8. 설문조사 결과 (선호/비선호 서비스 2개 선택)

qualitative research의 경우에는 London, South East, Manchester, Glasgow 거주하는 설문자들이 영국 시민을 대표할 수 있도록 나이, 성별, 사회적인 소속을 고려하여 조사 대상자를 구성하였고, 5차례의 워크샵을 통해 각 서비스에 대한 데모 시연 및 서비스가 영국 사회 및 소비자적 관점에서의 가치에 대한 토론, 서비스 시나리오에 대한 내용을 전달하였다. 이후에 참석자들은 영국 사회 및 소비자적 관점에서 6개 서비스에 대해 중요도를 고려하여 순위 및 점수를 부여하였다. 그 결과는 다음과 같다.

- 서비스의 데모, 토론, 시나리오 설명이 끝난 후 중요도 1, 2위 선택

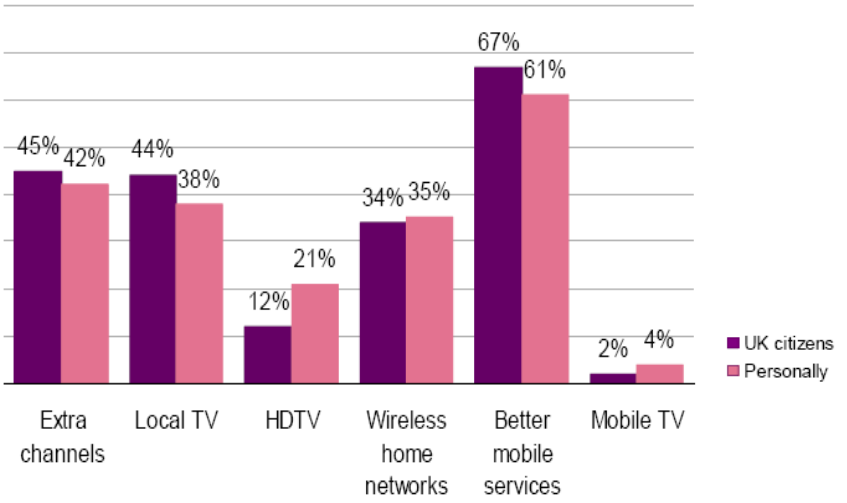


그림 2-9. 설문조사 결과 (설명 후 선호 1, 2위 서비스)

- 워크샵 각 단계에서의 중요 서비스 1, 2위에 선택된 비율

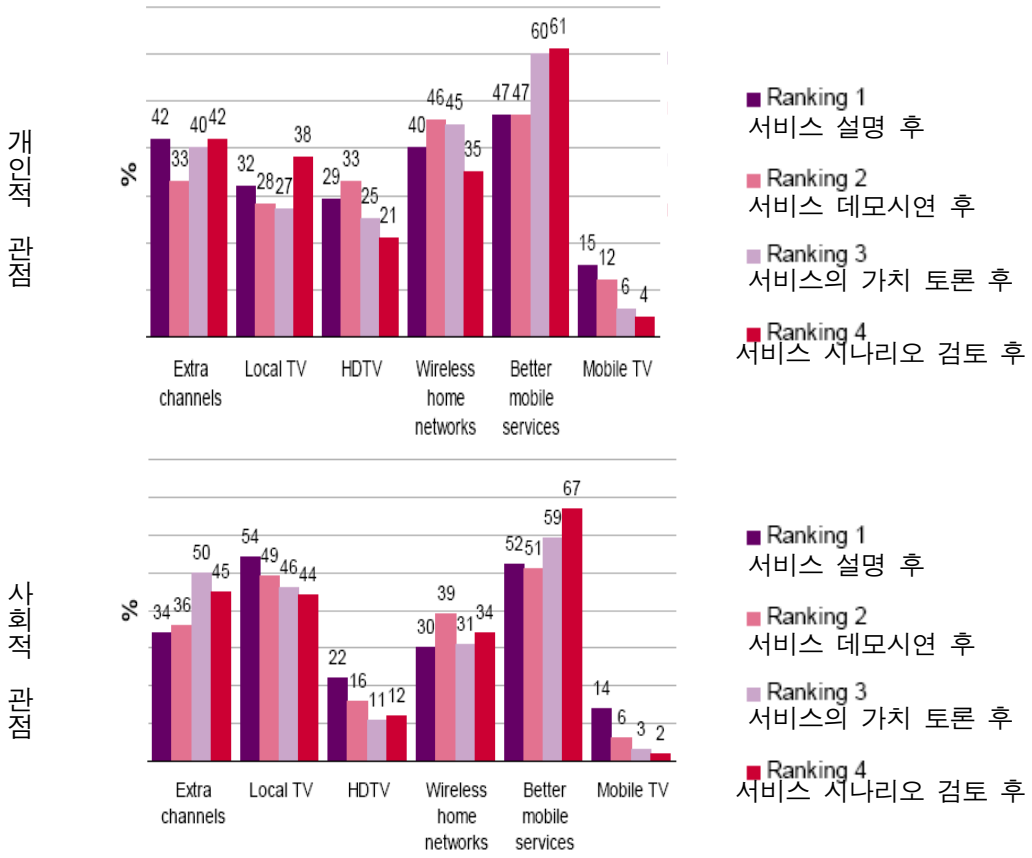


그림 2-10. 설문조사 결과

qualitative 및 quantitative research로 나누어 이루어진 시장 조사(market research)의 결과 특이 사항을 분석해보면 다음과 같다.

- o SD 추가 채널의 필요성은 모든 조사에서 높은 순위를 받았는데, HD-ready TV수신기를 갖고 있는 사람들도 SD 추가 채널이 더 필요하다는 응답이 많았다.
- o 향상된 이동전화 및 광대역 서비스에 대해서는 개인적인 관점에서는 우선순위가 낮았으나 사회적 관점에서는 추가 SD 채널과 함께 가장 높은 순위를 받았으며, 설명, 시연, 토론 및 서비스 시나리오 검토 등을 하면 할수록 개인적 및 사회적 관점 모두에서 중요하다는 입장을 표명하였다.
- o Local, HD 및 이동 TV의 경우는 설명, 시연, 토론 및 서비스 시나리오 검토 등을 하면 할수록, 사회적 관점에서 중요하다는 생각이 줄어들고 있음을 볼 수 있다.

시장 조사 결과에 대한 서비스별 구체적인 응답 결과를 정리해보면 다음과 같다.

- Extra SD channels

<table>
<tr><td colspan="2"><Quantitative research></td></tr>
<tr><td>사회적 관점</td><td>개인적 관점</td></tr>
<tr><td>- 6개 서비스 중 가장 높은 순위 (공동)
- 응답자 40%가 1, 2위로 중요한 서비스로 선택
- 거의 모든 sub-group에서 선호</td><td>- 응답자 43%가 1, 2위(top two)로 중요한 서비스로 선택
- HD-ready TV set 보유자에게 더 중요한 서비스로 인식됨
(HD-ready TV set 보유자 62% 선택)</td></tr>
<tr><td colspan="2"><Qualitative research></td></tr>
<tr><td colspan="2">- 누구나 이용하기 쉬운 서비스로 인식하고 있어서 대체적으로 긍정적인 반응
- 다른 서비스 대비, 사회적/개인적 관점 모두에서 가치가 가장 높은 서비스로 평가됨</td></tr>
</table>

- Local TV

<table>
<tr><td colspan="2"><Quantitative research></td></tr>
<tr><td>사회적 관점</td><td>개인적 관점</td></tr>
<tr><td>- 중요도 3위
- 응답자 35%가 1,2위 중요서비스로 선택
- local TV 시청자의 선호도가 높은 편</td><td>- 응답자 41%가 1, 2위 중요서비스로 선택
- 55세 이상 연장자 선호
- rural area 거주자의 선호도가 다소 높은 편</td></tr>
<tr><td colspan="2"><Qualitative research></td></tr>
<tr><td colspan="2">- 사회적인 가치가 높은 서비스로 평가됨
- Local TV 시청자 중 현재 Local TV의 프로그램 질에 만족 정도에 따라 여유주파수의 Local TV 사용에 대해 긍정적, 부정적인 의견이 나뉨</td></tr>
</table>

- HD channels

<Quantitative research>	
사회적 관점	개인적 관점
- 중요도 5위 - 응답자 23%가 1,2위 중요서비스로 선택 - HD-ready TV sets 보유자의 선호가 높은 편	- 사회적인 측면보다 개인적 관점에서 선호도가 더 강함 - 응답자 27%가 1,2위 중요서비스로 선택 - 중요도 4위 - 35~54세의 응답자 사이에서 선호도 높음 - HD-ready TV sets 보유자 선호가 높음
<Qualitative research>	
- 참석자 다수가 더 나은 화질을 위한 HDTV를 좋아하였지만, 다른 서비스와 비교하여 서비스의 사회적 가치에 대해서는 다소 회의적인 반응이었음	

- Improved mobile phone and mobile broadband service

<Quantitative research>	
사회적 관점	개인적 관점
- 6개 서비스 중 가장 높은 순위 (공동) - 응답자 40%가 1, 2위 중요한 서비스로 선택 - 45~54세대에서 65세 미만보다 선호함	- 중요도 5위 - 개인적인 관점에선 비교적 낮은 순위 - 응답자 26%가 1, 2위로 중요한 서비스로 선택
<Qualitative research>	
- 조사 처음부터 사회적인 관점에서 높은 순위를 부과하였고, 서비스의 가치 토론 후 급격하게 선호도 증가함 - 서비스 시나리오를 통해 집에서 가족들과 함께 할 수 있는 시간이 많아질 수 있다는 점이 설명되었지만 근무 시간이 길어질 것에 대한 우려도 있었음	

- Wireless home networks

<Quantitative research>	
사회적 관점	개인적 관점
- 중요도 4위 - 응답자 28%가 1, 2위 중요한 서비스로 선택	- 중요도 3위 - 응답자 35%가 1, 2위 중요한 서비스로 선택 - 현재 집에서 무선 광대역 서비스를 사용하고 있는 사람들의 선호도 높은 편 - 25세 미만에서는 중요도 1위로 선택됨
<Qualitative research>	
- 4차례 조사 모두에서 비교적 높은 순위를 유지했음	

- Mobile TV

<Quantitative research>	
사회적 관점	개인적 관점
- 6개 서비스 중 최하위 순위 - 응답자 15%가 1, 2위로 중요한 서비스로 선택	- 응답자 10%가 1, 2위(top two)로 중요한 서비스로 선택 - 45세 미만의 응답자가 선호
<Qualitative research>	
- 대부분 참가자들에게 개인적/사회적 관점에서 모두 낮은 가치로 여겨짐 - 소비자, 사회에 필수적인 서비스라기보다는 개인 기호로 보는 경향이 있음	

4. 일본

가. 배경 및 추진 과정

일본의 DTV 주파수 재검토는 2003년 7월 '전파정책비전'을 통하여 기존 주파수 할당에 대한 재검토 등 전파자원의 유효이용을 위한 시책을 전개하기 시작한 것으로부터 시작한다. 이어 2005년 10월 주파수 재편방침을 수립함

으로서 2011년 지상파 TV 방송의 디지털화를 시작으로 이동, 방송업무 등에 걸쳐 대규모 주파수 재편을 상정하였다. 2006년 3월 27일 정보통신심의회 자문 제2022호에서 '전파 유효이용을 위한 기술적 조건' 중 'VHF/UHF 대역에서 전파의 유효이용을 위한 기술적 조건'을 도출하고 'VHF/UHF 대 도입계획 및 예상되는 구체적인 시스템의 제안을 모집하였다. 이어 2006년 6월 6일 제안 모집 결과를 발표하고 'VHF/UHF 대 전파 유효이용정책에 관한 제안 모집'을 발표하여 2007년 5월 18일부터 동년 6월 11일까지 전파 유효이용방책위원회에서 의견 수렴을 실시하였다.

일본의 디지털 여유 주파수 대응 조직 구성은 아래 그림과 같다.

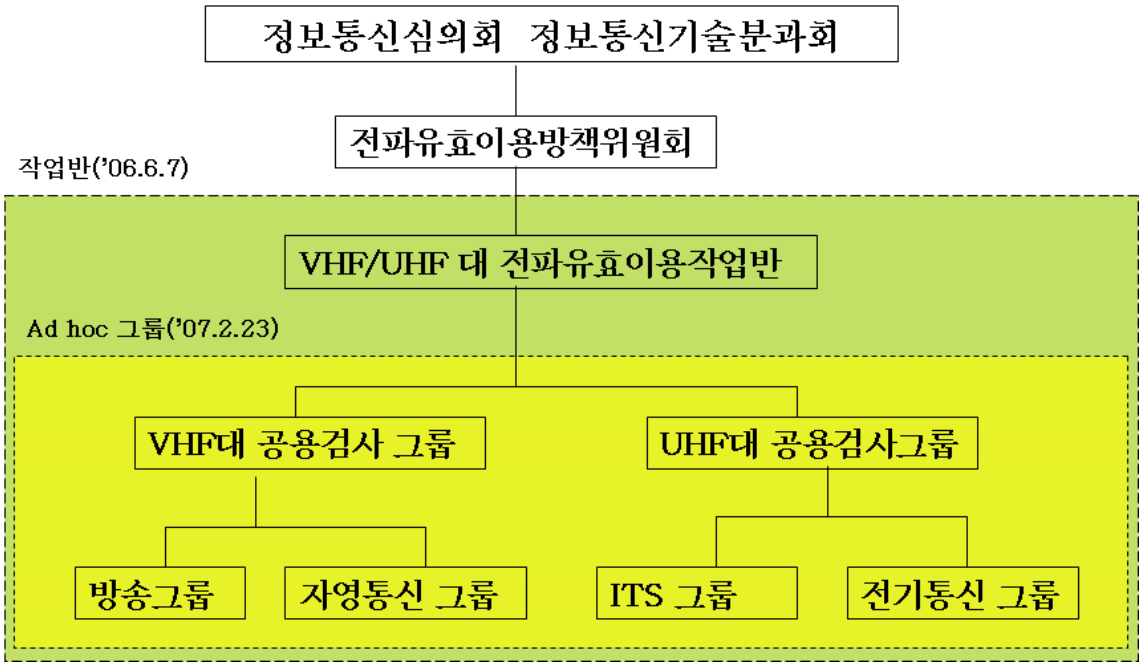


그림 2-11. 일본의 digital dividend 대응 조직 구성

나. 관련 검토 내용

디지털 여유 주파수 대응 조직은 중장기적인 전파이용 전망과 정부의 역할에 대한 고려, 주파수의 유효이용을 위한 기술 기준, 주파수 할당 계획의 일부 변경, 디지털 여유 주파수 대역에 도입할 시스템에 대한 제안 수렴 등이다.

먼저 중장기적인 전파이용 전망과 정부의 역할에 있어서 전파비전과 2007년 7월 30일 심의회 답신을 통하여 지상파 TV 방송은 디지털화를 통해 주파수의

효율적 이용이 가능하고, 아날로그 방송 종료 후(VHF 대 2011년 내, UHF 대 2012년 내) 일부 주파수를 신규 주파수 수요에 할당하며 이 중 UHF 대역은 이동분야에 적합한 주파수 대역이므로, 수요가 급격히 증가하는 이동통신 시스템에서 이용할 것으로 기대하고 VHF 대역은 디지털 음성방송과 이동통신에 관한 현재의 수요, 기술동향을 근거로 새로운 주파수 수요를 상세히 파악하고 할당 방침을 정할 것을 기대하고 있음을 밝혔다.

관련 기술기준에 있어서 '휴대전화용 등 주파수 유효이용 방안' 中 「800㎒ 이동업무 주파수의 유효이용을 위한 기술 조건」에서 주파수 분배 전체에서 810-855㎒(이동국송신), 855-900㎒(기지국송신)의 45㎒와 715-768 및 905-958㎒의 190㎒를 블럭하는 것이 적당하나 단 후자의 블록은 700㎒ 대를 사용하는 이동통신 시스템으로부터의 이미지 혼신 정도에 대한 검증 후에 이동국 송신, 기지국 송신 주파수를 결정하고, 사용주파수 폭 및 주파수 간격에 대해서는 2006년까지 방송용 주파수 개편에 따라 확정하는 것이 적절하다는 의견을 제시하였다.

2006년 3월 27일부터 4월 27일까지 실시한 VHF/UHF 대역 도입 예상 시스템 제안을 모집하였다. 그 결과 제안자의 수는 100에 달하였으며 그 구성과 수는 통신사업자(8), 방송사업자(17), 국・자치단체(4), 업계단체(20), 제조업체(21), 공익기업(2), 기타업체(16), 대학・연구기관(9), 개인(3) 이었다. 총 제안 건수는 149건으로서 주요 제안시스템은 자영통신시스템(69), ITS 관련 시스템(14), 전기통신시스템(11), 디지털 방송(44), 아날로그 방송(6), 기타(37)로 나타났다. 표2-8은 일본의 설문 조사 결과를 요약한 것이다.

주파수 할당 계획에 대한 활동으로서 2006년 7월 27일 총무성 고시 423호에서 지상파 디지털 TV 방송용 상한 주파수 변경과 관련된 주파수 할당 계획을 일부 변경하여 2011년 7월 24일까지 지상파 TV 방송을 디지털화하며 2012년 7월 25일 이후의 지상디지털 TV 방송용 주파수의 상한을 710㎒까지로 할 것인지, 722 ㎒ 까지로 할 것인지를 2006년 7월 24일까지 검토하고 2006년 7월 디지털화 추진상황을 근거로 디지털용 주파수 상한을 710 ㎒로 하고 710-722㎒ 대역의 사용 주건 검토와 관련된 주파수 할당 계획을 변경하며 710-722㎒ 대역에 대해서 2012년 7월 25일 이후 이동업무와 방송업무(TV 방송 제외) 사용 결정하겠음을 고시하였다.

표 2-8. Digital dividend 주파수 이용에 대한 일본의 설문 조사 결과

자영통신시스템	기지국-단말간	Rural 지역 광대역 무선 접속 시스템, 마이크로셀 기지국으로의 entrance 무선 시스템, 공용업무용 광대역 무선접속 시스템, 협대역 업무용 무선, 중속도 공공안전 재해 구조용 시스템, 센서 네트웍, 열차운전무선제어 시스템, 800㎒ 대 디지털 MCA 시스템의 주파수 이전 대응
	단말과 단말 간	공용업무용 광대역 무선 시스템, 주파수 공용형 고신뢰성 광대역 wireless 시스템, 자영 wireless 광대역 통신 시스템용 entrance 회선, 업무용 무선종합플랫홈과 업무용 무선에 적합한 망운영을 도입한 시스템, 지역 진흥 및 비즈니스 진흥을 위한 다용도 정보전달 무선 시스템, 방재, 재해예측, 및 방범용 데이터 무선 시스템, 디지털 라디오용 STL/TTL 장치, 라디오 방송용 음성 STL/TTL 장치, 업무용 음성소재 전달 및 모니터링 서비스
	화상전송	방범, 방재 및 관측용 NTSC 영사전송시스템, 화상을 포함한 데이터 통신 시스템, 공용업무용 영상전송 시스템, 방송업무용 영상전송시스템
디지털 방송	디지털라디오방송	디지털 라디오(지상 디지털 음성방송)
	멀티미디어방송	ISDB-TSB 이동체/휴대단말로의 멀티미디어 서비스, 소규모 영역 전용 채널, 미디어플로, DVB-H 준거방식 멀티미디어 라디오 방송, 이동체로의 대용량멀티미디어 서비스
아날로그 방송	FM 방송	초단파방송(아날로그) 주파수 대역 확대
ITS 관련 시스템	ITS	ITS 인프라 협조 안전운전지원 시스템
전기통신 시스템	TDD	Mobile WiMAX(802.16e-2005) 등의 광역 모바일 브로드밴드 IP 네트웍, TD-CDMA MBMS 시스템
	FDD	제3세대 이동통신 시스템 및 고도화 시스템

다. 일본의 아날로그 방송 주파수 대역 이용 계획

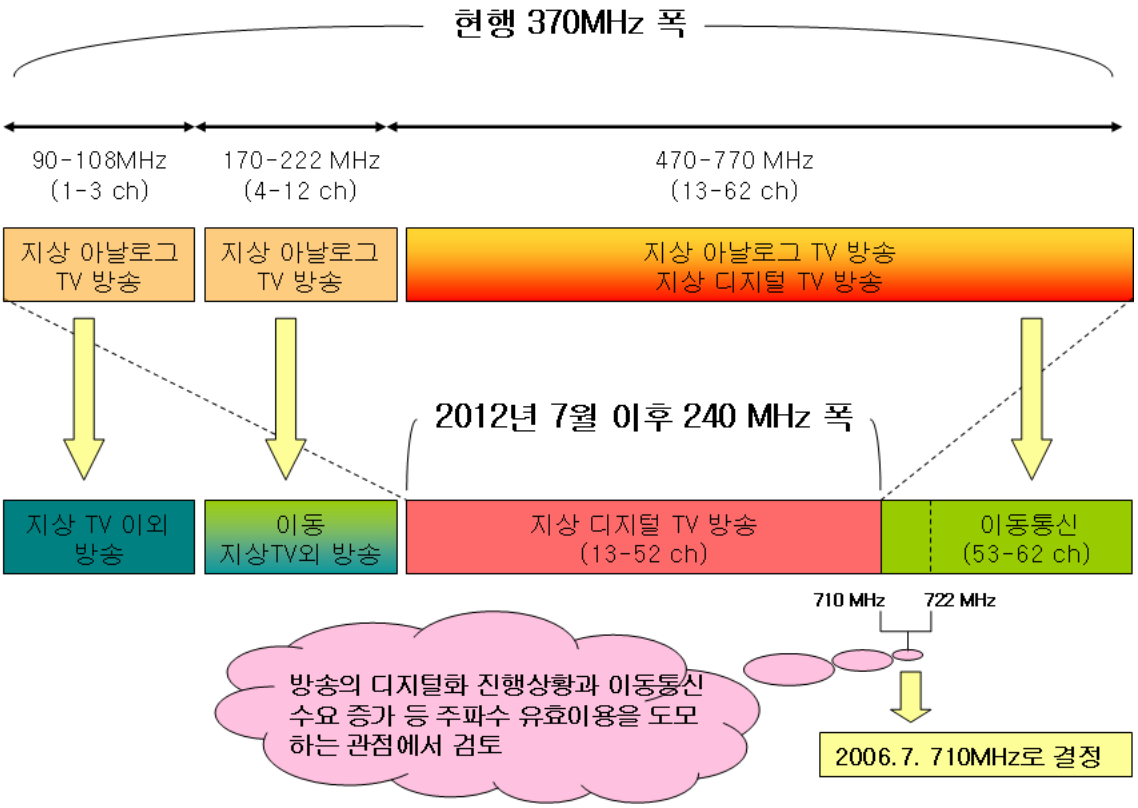


그림 2-12. 일본의 TV 방송 주파수 이용 계획

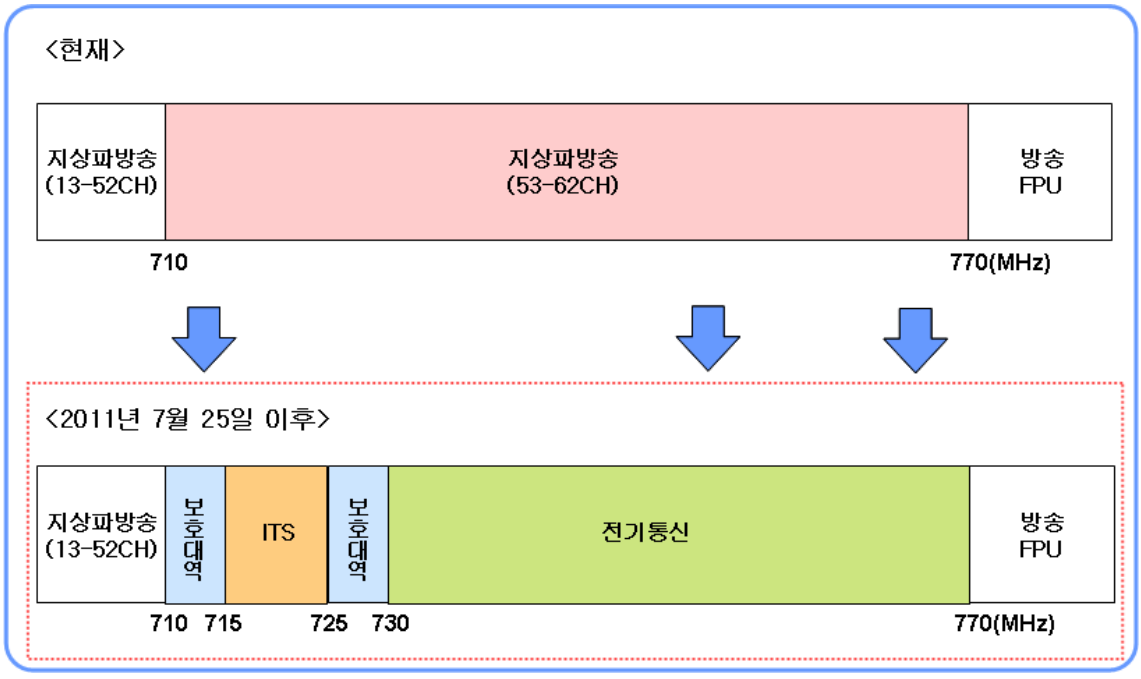


그림 2-13. 일본의 700 ㎒ 주파수 이용 계획

제 3 절 ITU의 Digital Dividend 활용에 대한 연구

1. 기술적 배경

과거 아날로그 기술에 기반을 둔 지상파 방송 업무는 인접 채널의 다른 방송의 고조파 성분이나 다른 무선 시스템에 의한 간섭 신호를 제거할 수 없으므로 매우 높은 신호 대 잡음 비를 요구한다. 또한 지상파 방송 업무는 그 특성상 하나의 고출력 송신국을 높은 산이나 건물에 설치하여 (단 AM 방송은 넓은 지표면이 있는 평지에 설치한다) 수 십 km에서 수 백 km의 거리를 커버하므로 아날로그 방송에선 한 국가 내 혹은 여러 국가들이 동일 지역 내에서 조밀하게 방송 채널들을 배치하여 사용하는 것은 거의 불가능하였다. 동일 권역의 방송 채널은 수 개 채널 이상의 간격을 두어 배치하는 것이 상식이었다. 또한 건물이나 산악 및 기타 지형적 요인으로 발생하는 음영지역에 대한 채널 배치도 고려되어야 하므로 공간적·시간적 기준으로는 지상파 방송 업무의 실제 주파수 이용도가 높지 않은 반면 주파수 스펙트럼 상으로 볼 때 분배된 주파수 대역의 여유가 많지 않은 상황이었다.

그러나 1980년대 이후 급격하게 발전한 디지털 기술을 지상파 방송 업무에 도입하면서 이러한 주파수 스펙트럼 이용의 혁명적 변화를 맞게 되었다. 기본적으로 디지털 신호가 요구하는 신호 대 잡음 비는 아날로그에 비해 우수하며 강력한 오류 정정 부호를 적용할 수 있으므로 상당한 수준의 잡음이 존재하여도 방송 서비스가 가능하다. 더욱이 OFDM과 같은 디지털 변조는 동일한 채널의 간섭도 일정 수준 허용하므로 하나의 채널로 전송망을 구축하는 이른바 SFN(Single Frequency Network)이 가능하다. 이 경우 주파수 재사용성은 1이 되므로 극단적으로 적용하면 아날로그 방송의 수 개 채널을 한 개로 줄이는데 기술적 제약이 없는 셈이다. ATSC(Advanced Television Systems Committee) 표준 같은 동일 채널 간섭을 허용하지 않는 디지털 변조 기술이라고 하여도 아날로그보다 간섭에 대한 내성이 우수하므로 채널 배치에 훨씬 여유를 가질 수 있다.

다만 기존 아날로그 방송 수신기를 한 번에 디지털 방송 수신기로 교체할 수가 없으므로 아날로그 방송 수신기의 숫자가 자연감소하고 디지털 방송

수신기의 숫자가 증가하여 일정 비율이 되는 기간까지 즉 아날로그와 디지털 방송이 공존하는 기간 동안은 상당히 채널의 이용도가 높을 수 있다. 그러나 결국 아날로그 방송은 종료될 것이며 디지털 방송으로 전환한 이후의 채널은 많은 여유를 가지게 될 것이다.

2. 지역적 상황

대륙 내에 지리적으로 여러 국가들의 영토가 조밀하게 인접한 유럽과 아프리카 국가들은 ITU 내에서의 지상파 방송 주파수 분배에 있어서도 2, 3 지역 보다 더 넓은 방송 주파수 분배를 하여 왔으며, 이와 더불어 여러 국가들이 주파수 자원을 효율적이고 충돌을 일으키지 않고 사용할 수 있도록 하기 위한 방송 주파수에 관한 지역 협약을 여러 차례 맺어 왔다. 그 대표적인 협약을 거론하면 다음과 같다.

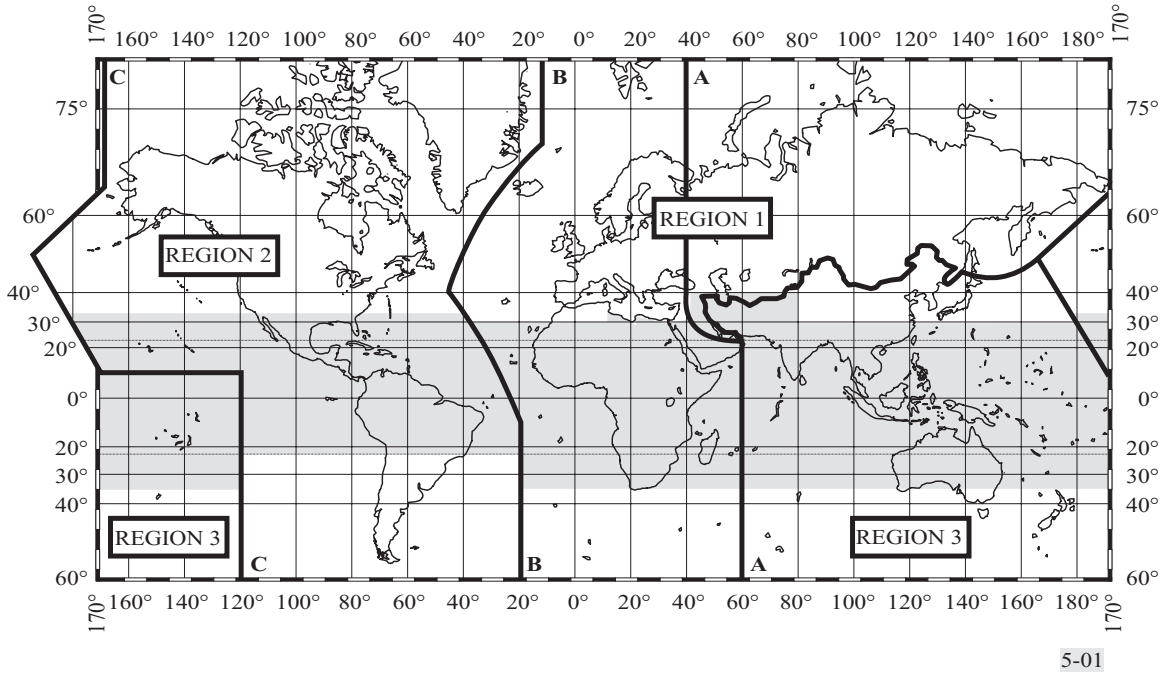


그림 2-14. ITU의 지역 구분

1961년 스웨덴 스톡홀름에서 유럽과 아프리카 일부(위도N30, 경도 E40 이상) 국가들은 라디오와 TV 주파수 (41~174 ㎒) 사용에 대한 협정(ST 61 협정)을 맺었다. 1975년 스위스 제네바에서 1 지역 단파(148.5 - 283.5 ㎑) 및 1, 3 지역

중파 (526.5 - 1606.5 ㎑) 사용에 대한 협정이, 같은 스위스 제네바에서 1984년과 1989년 각각 1지역 VHF-FM (87.5 ㎒ - 108 ㎒) 방송 주파수 할당에 대한 협정과 아프리카 + 아랍 지역(이란 포함) 국가들(ST 61 제외 국가들)의 41-68, 230-238, 246-254 ㎒ 대역 주파수 이용에 대한 협정이 있었다.

한편 1 지역(몽골 제외) 국가들과 3지역 중 유일하게 이란은 지상파 TV 방송의 디지털 전환 시 발생할 수 있는 주파수 스펙트럼 관리에 대한 문제를 해결하기 위한 협정을 2006년 스위스 제네바에서 맺었으며 이를 GE 06 (Geneva 2006)협정 혹은 RRC 06 (Regional Radiocommunication Conference 2006)협정이라고 부른다. ITU의 지역 구분에서 1지역은 유럽과 아프리카 대륙을 의미하며 이 두 대륙은 경제적·기술적 편차가 크므로 유럽이 서비스와 주파수 스펙트럼 개발에 앞서 나가고 아프리카가 후에 이를 따라오는 형태를 보이며 지상파 TV 방송의 디지털 전환에 있어서도 유럽 대륙의 도입 속도는 아프리카 국가들을 앞서가고 있다. 하지만 동 대역에서의 주파수 스펙트럼 문제에 있어서는 지상파 아날로그 TV 방송 업무가 기존 업무이며 디지털 TV 방송 및 이동업무 도입에 있어서 디지털 전환이 늦는 국가의 지상파 아날로그 TV 방송을 보호해야 하는 입장이다. 앞에서 언급한 바와 같이 국가들이 서로 인접한 유럽에서 주파수 문제를 양자 간 사안별로 풀기보다는 일반적인 계획 수립 방법과 조정 절차를 합의하여 마련하는 편이 효율적인데 GE 06은 이에 대한 내용을 수록하고 있다.

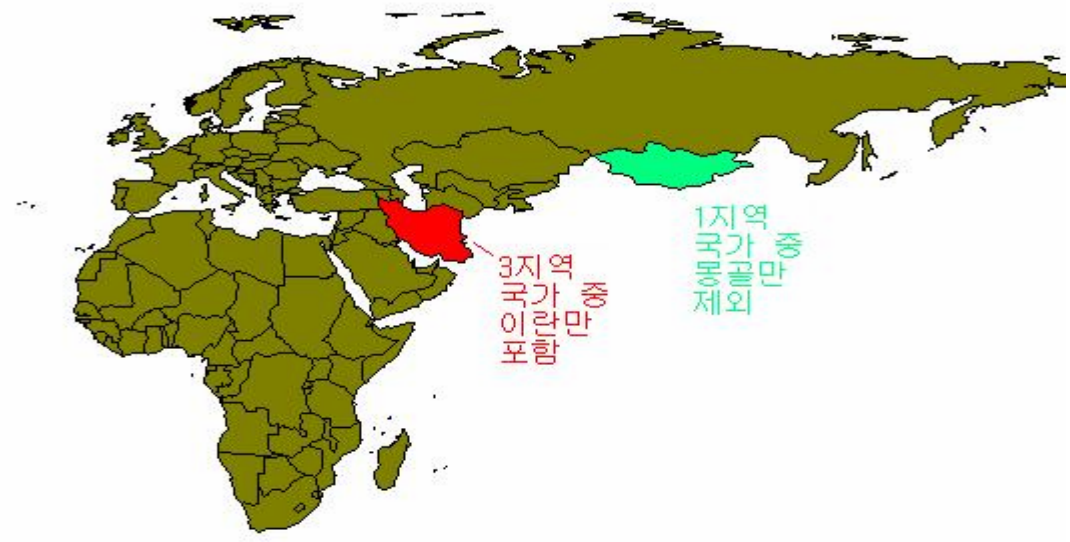


그림 2-15. GE06 협약 국가

이란은 3지역 국가로는 유일하게 GE 06에 참가하였는데 이란의 경우 자국 영토의 많은 부분이 1지역 국가들에 인접하여 있으므로 1지역 국가들이 참여하는 지역 주파수 협의에 계속 참가하고 있는 상황이었다. 이란은 GE 06으로 지상파 TV 방송 디지털 전환에 있어서 1지역 국가들과의 협력 절차는 마무리가 되었으므로 자신이 속한 3지역 국가들과 주파수 스펙트럼 문제 해결을 위한 협의 절차를 요구하고 있는 중이며 이를 ITU에서 결정하기를 희망하고 있다.

3. ITU의 논의 현황

가. JTG(Joint Task Group : 합동 작업반) 5-6 구성 및 연구 배경

WRC-07에서 방송 업무의 디지털화로 여유주파수 발생이 예상되는 790-862 ㎒ 대역을 1지역이 이동업무로 분배 후, IMT로 이용을 결정함에 따라, 1지역 및 1지역과 국경이 맞닿아 있는 3지역에서 이동업무(IMT)와 기존 업무 간의 간섭 및 공유 조건 필요성이 제기되어 이를 WRC-11 의제 1.17로 선정하였다. 의제 1.17의 연구를 위하여 이동연구반(SG5)과 방송연구반(SG6)의 합동 작업반인 JTG5-6을 구성하여 여러 쟁점에 대해 연구하고 있다. 앞에서 서술한 바와 같이 이미 1지역은 디지털 TV업무 관련 GE 06 협약이 있으므로 1 지역내 방송업무와 이동업무의 공유연구는 GE 06(또는 RRC-06)을 통하여 완료되었다. 다만 동 대역에서 이동업무와 방송이 아닌 다른 업무와의 공유가 필요하고 GE 06협정 내용의 준수의무가 있는 국가들과 그렇지 않은 3지역 국가들과의 업무 공유조건이 필요한 상태이다. 의제 1.17 관련 JTG 5-6의 연구 결과에 따라 우리나라를 포함한 3지역 국가들이 동 대역에서 IMT를 도입할 때 인접 국가와 조정 등 의무규정이 만들어 질 가능성도 배제할 수 없을 것으로 파악되고 있다.

나. 관련 결의(권고) 및 규정

790-862 ㎒ 주파수 대역이 1지역의 경우 방송 등이 1차 업무로 분배되어 있었으나 새로 이동업무가 1차 업무로 분배되었음을 고려하여 1차 업무 사이의 공유를 연구하고 그 결과를 WRC-11에 보고하도록 한 결의 749 (WRC-07)가 WRC-07에서 채택되었다.

다. 관련 주파수 분배 및 이용현황

ITU 및 우리나라의 지역별 주파수 분배 및 주석은 아래 표 2-9와 같다.

- WRC-07에서 1지역은 790-862 ㎒ 주파수 대역에서 새로 이동업무를 1차업무로 분배하고 IMT 사용 가능 대역으로 용도 지정(주석 5.316A[6], 5.316B[7] 및 5.317A[8])
- 3지역은 806-960 ㎒ 주파수 대역은 이미 IMT 사용 가능 대역이었으며 (구 주석 5.317A) WRC-07에서 국가별로 698-806 ㎒ 주파수 대역을 새로 IMT 사용 가능 대역으로 용도 지정(주석 5.317A 및 5.313A[9])

우리나라는 동 대역에 주파수공용이동전화(TRS : Trunked Radio System),

6) (주석) 5.316A : 추가분배 : 스페인, 프랑스, 가봉 및 몰타에서는 790~830 ㎒의 주파수대역을, 앙골라, 바레인, 베닌, 보츠와나, 콩고, 제 1지역의 프랑스령, 감비아, 가나, 기니, 쿠웨이트, 레소토, 레바논, 말라위, 모로코, 모리타니, 모잠비크, 나미비아, 니제르, 오만, 우간다, 폴란드, 카타르, 르완다, 세네갈, 수단, 남아프리카공화국, 스와질란드, 탄자니아, 차드, 토고, 예멘, 잠비아 및 짐바브웨에서는 790~862 ㎒의 주파수대역을, 그루지야에서는 806~862 ㎒의 주파수대역을, 리투아니아에서는 830~862 ㎒의 주파수대역을 항공이동을 제외한 이동업무에 1차 업무로 분배한다. 이 분배는 제 9.21호 및 GE06협정에 따라 제 5.312호에 명시된 국가들과의 동의를 전제로 한다. 단, 각 해당 주파수대역별로 동 주석에 언급된 국가들의 이동업무 무선국은 다른 국가들에서 운용중인 업무들의 무선국에 허용할 수 없는 간섭을 주하지 않아야 하고 보호도 요구하지 못한다. 리투아니아 및 폴란드에서 이 분배에 따라 이동업무로 주파수할당을 할 경우 러시아 및 벨로루시의 동의없이는 사용할 수 없다. 이 분배는 2015년 6월 16일까지 유효하다. (WRC-07)

7) (주석) 5.316B :제1지역에서 790~862 ㎒의 주파수대역을 항공이동을 제외한 이동업무에 1차 업무로 분배하는 것은 2015년 6월 17일부터 유효하며, 제 5.312호에 명시된 국가들의 항공무선항행업무와 제9.21호에 따른 동의를 전제로 한다. GE06 협정국가들이 이동업무 무선국으로 사용하는 것은 이 협정의 절차가 성공적으로 적용되었을 경우에 허용된다. 결의 224(WRC-07 개정)와 결의 749(WRC-07)를 적용하여야 한다. (WRC-07)

8) (주석) 5.317A : IMT-2000을 구현하고자 하는 주관청은 1차 업무로 이동업무에 분배된 제2지역의 698~960 ㎒의 주파수대역과 제1, 3지역의 790~960 ㎒의 주파수대역 내에서 그 사용을 지정한다. 결의 224(WRC-07 개정)와 결의 749(WRC-07)를 참조한다. 이 허용으로 기존에 분배된 업무의 사용을 제한하거나 전파 규칙상의 우선권을 주장하지 못한다. (WRC-07)

9) (주석) 5.313A : 방글라데시, 중국, 대한민국, 인도, 일본, 뉴질랜드, 파푸아뉴기니, 필리핀 및 싱가포르 중 IMT를 구현하고자 하는 주관청은 698~790 ㎒의 주파수대역 전체 또는 일부를 그 용도로 지정한다. 이러한 지정은 기존에 분배된 업무의 사용을 제한할 수 없고, 전파규칙 상 우선권이 없다. 중국에서는 이 주파수대역을 2015년 이후에 IMT 용도로 사용할 수 있다. (WRC-07)

디지털 TV 방송 임시 대역 그리고 셀룰러 이동통신 단말용 주파수로 지정하여 사용 중에 있으며 주파수 대역은 다음과 같다.

- TRS : 806～822 ㎒, 851～867 ㎒
- 디지털 TV 방송 임시 대역 : 752～806 ㎒
- 셀룰러 이동통신 단말 : 824～849 ㎒
- 보호대역 : 822～824 ㎒

표 2-9. 470 ~ 894 ㎒ 주파수 분배표

국제			한국	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
제 1 지 역	제 2 지 역	제 3 지 역	주파수대별 분배	용 도 등
470-790 방송 5.149 5.291A 5.294 5.296 5.300 5.302 5.304 5.306 5.311A 5.312	**470-512** 방송 고정 이동 5.292 5.293	**470-585** 고정 이동 방송 5.291 5.298	**470-698** 방송 5.306	TV방송용
	512-608 방송 5.297	**585-610** 고정 이동 방송 무선항행 5.149 5.305 5.306 5.307		
	608-614 전파천문 이동위성(항공이동 위성 제외)(지구대우주)	**610-890** 고정 이동 5.313A 5.317A 방송		
	614-698 방송 고정 이동 5.293 5.309 5.311A			
790-862 고정 방송 이동(항공이동 제외) 5.316B 5.317A 5.312 5.314 5.315 5.316 5.316A 5.319	**698-806** 방송 고정 이동 5.313B 5.317A 5.293 5.309 5.311A		**698-806** 방송 고정 이동 5.313A 5.317A	TV방송용 특정소출력(음성 및 음향 신호전송용) K37D 770 ㎒(실험국) K30 방송중계 K64J K85 도서통신 K83 K86
	806-890 고정 이동 5.317A 방송		**806-894** 이동 5.317A	주파수공용통신 K87 이동전화 K88
862-890 고정 이동(항공이동 제외) 5.317A 방송 5.322 5.319 5.323	 5.317 5.318	 5.149 5.305 5.306 5.307 5.311A 5.320		K87A

라. 참가 국가 및 단체의 입장

여유 주파수 대역을 계속 방송에 사용하려는 측과 IMT를 포함한 이동업무로 활용하려는 측이 대립하였으며 세부적인 내용은 다음과 같다.

- 이란 등 : 아시아 국가 중 유일하게 GE06에 참여한 이란은 아시아 국가가 동 대역을 이동업무로 사용 시 GE06 같은 조정절차를 도입할 것을 주장
- 프랑스, 독일, 스웨덴 등의 유럽 국가 : JTG 5-6에서 GE06에서 합의한 내용과 상이한 사항이 발생하지 않기를 희망
- 유럽방송연맹(EBU: European Broadcasting Union) 등 방송사업자 : 790-862 ㎒ 인접대역으로부터의 간섭 연구를 수행할 것을 제안하는 등 JTG 5-6을 통하여 방송업무를 GE06 이상으로 보호받는 결과를 도출하도록 노력하고 있음
- 에릭슨, 모토롤라, 퀄컴 등 이동통신사업자 : 새로 IMT 용도로 결정된 동 대역 이용에 불필요한 규제가 발생하지 않기를 희망
- 러시아 : 동 대역 일부를 방송업무 및 항공항행업무에 사용하고 있으며, 이동업무로부터 철저히 보호받기를 원함
- 호주, 뉴질랜드 : 동 대역에 이동업무를 도입할 예정이므로 JTG 5-6의 연구로 인해 아시아 지역에서 불필요한 국제적 규제가 발생하는 것을 우려. 호주의 경우 방송사업자와 이동통신사업자의 입장 정리가 아직 안된 상태임
- 2지역(미주 대륙) 국가 : 의제 1.17이 1, 3 지역에 대한 의제이므로 직접 관련은 없으나 이 결과가 IMT 공통 대역의 이용에 확대를 우려하여 연구결과에 많은 관심을 두고 있음

현재까지는 이동통신 사업자에 비해 방송 사업자의 단결된 대응이 JTG5-6 회의를 주도하고 있는 실정이다.

4. 우리나라의 입장 및 향후 대응 방안

가. 우리나라 기본입장 및 대응방향

790-862 ㎒ 대역은 우리나라에서 주로 이동업무(TRS, 셀룰러 단말국)로 사용되고 있으며, WRC-11 의제 1.17 관련 JTG 5-6의 연구 결과가 동 대역

에서의 우리나라를 포함하는 아시아 지역의 기존 이동업무 운용과 IMT 기술의 지속적 도입에 방해가 되지 않아야 한다는 입장이다.

이러한 입장을 반영하여 ITU-R JTG 5-6 2차 회의에 제출한 우리나라 기고 주요내용은 다음과 같다.

o 인접채널 공유연구 등 연구 범위에 대한 쟁점에 대하여

1지역(유럽 및 아프리카)의 790-862 ㎒ 대역 내에서 이웃국가간의 동일 채널 대역의 서로 다른 업무간 공유연구는 GE06협약을 통하여 수행된 바 있으며 아태지역국가들은 APG를 중심으로 검토 예정임과 790-862 ㎒ 대역에서 이웃국가의 인접 주파수 대역 공유는 동일 채널 대역 공유 연구에서 쉽게 도출될 수 있으므로 연구가 불필요함을 주장

o GE06의 방법론을 아태지역에 적용하는 쟁점에 대하여

아시아 지역은 TV 표준방식 및 채널 폭 등에 있어 1지역과 많은 차이가 있으며, 유럽과 달리 많은 아시아 지역 국가들이 아직 디지털 전환 계획을 수립하지 않은 상황이라 GE06과 별개로 아시아 지역 국가들의 협의가 필요함과 우리나라는 동 대역을 이동업무에서 쓰고 있으므로 방송 중심의 공유 연구결과인 GE06 적용에 신중한 입장임을 밝힘

나. 국내 정책, 산업 등과의 관련성

WRC 의제 1.17 및 JTG 5-6의 연구는 1, 3 지역(유럽, 아프리카, 아시아)의 이동업무와 타 기존 업무들 사이의 간섭 계산과 주파수 공유에 대한 것으로 1지역 국가들이 맺은 GE06과 같은 주파수 조정절차가 3지역에 부여된다면 아래와 같은 이유로 국내 정책의 변화나 국내 산업에 영향을 줄 것으로 예상하고 있다.

- 1지역과 3지역 국가 사이의 조정절차가 부여될 경우 가장 가까운 1지역 국가인 러시아가 방송 이외에 항공항행업무도 이용하므로 구체적인 간섭 분석이 필요
- 동 대역에서 이용되고 있는 우리나라의 기존 지상망 무선국들을 조속히 ITU에 등록시키고 이에 대한 보호를 주장할 필요가 있음

다. 국내외 기술 현황 및 전망

이동업무는 2세대에서 3세대 및 차세대 이동통신으로 계속 발전하고 있으며,

TV 방송 업무는 선진국을 중심으로 디지털 전환이 이루어지고 있고 이에 따른 여유 주파수 대역이 발생하고 있다. WRC-11 의제 1.17에 대한 JTG 5-6의 논의 결과에 따라 TV 방송의 디지털화로 발생한 여유 주파수 대역에 IMT를 비롯한 이동업무를 도입하는 속도 저하의 요인이 될 수 있다.

- 이동업무가 1차 업무로 지정되어 있으나 기본적으로 타 이동 서비스, 아날로그/디지털 TV 방송, 고정, 항공항행 등 다양한 특성의 기존 업무를 보호해야 한다는 입장을 강하게 내세우고 있으므로 광대역 서비스에 필요한 넓은 주파수 대역폭의 확보가 어려워질 수 있다.
- 기존업무 보호차원에서 볼 때 DTV야말로 새롭게 등장하는 서비스로 IMT-2000과 같은 이미 운용중인 이동업무 등 기존 업무를 보호할 필요가 있다.

제 4 절 IMT-2000 시스템의 불요발사 제한 및 IMT 추가 주파수의 채널배치 연구

1. IMT-2000 기지국 및 단말기의 불요발사(ITU-R 권고 M.1580/1581)

무선통신을 위해 전파를 사용할 경우 각종 필터를 사용하여 대역 바깥으로 에너지가 유출되는 것을 막기는 하지만 해당 업무에 분배된 주파수 대역 바깥으로 새어 나가는 에너지를 완전히 막을 수는 없다. 이와 같이 의도한 대역 바깥으로 발사되는 전파를 불요발사(unwanted emission)라고 한다. 불요발사는 인접 대역을 사용하는 업무에게 간섭이나 잡음으로 작용하므로 이에 대한 수준은 ITU-R과 각 국가에서 권고와 기술기준 등으로 엄격하게 관리하고 있다.

ITU-R 권고 M.1580/1581은 IMT-2000으로 승인된 6가지 표준에 대하여 동일 지역에서 인접 대역의 타 업무 혹은 인접 지역에서 동일 대역을 사용하는 타 업무 사이의 간섭 계산에 필요한 기지국/단말기의 불요발사 특성을 수록하고 있는 권고이다.

불요발사는 기생 발사, intermodulation distortion, 고조파 성분 등이 원인이며 불요발사를 제한하는 방법은 몇 가지가 있는데 그 중 대표적인 방법이 스펙트럼 마스크(spectrum mask, 발사 마스크(emission mask) 혹은 스펙트럼

발사 마스크(spectrum emission mask)라고도 하나 여기선 스펙트럼 마스크로 함)와 ACLR(Adjacent Channel Leakage Ratio)를 거론할 수 있다.

스펙트럼 마스크는 그림 2-16과 같이 보통 발사의 최대 전력이 나타나는 중심주파수의 전력과 비교하여 주어진 대역 바깥의 전력이 얼마나 감소해야 하는 지를 나타낸다. 즉 중심주파수를 fc, 그 전력의 최대값을 x dB라 하면 이를 기준으로 fc ± f 주파수에서 전력을 x - y dB로 나타내는 방법이다. (dB 척도에서의 상대적인 값으로 표현될 경우 x는 보통 0이며, 절대적인 전력일 경우 dBm(W)나 dBW로 표시된다.) 스펙트럼 마스크에서 y가 상수이면 직선으로 표시될 수 있으며 주파수 f의 함수를 이용하면 사선으로 표시될 수 있다.

무선통신 시스템에서 불요발사를 줄이기 위해 보통 필터를 사용하는데 스펙트럼 마스크는 필터의 특성에서 도출될 수 있으며 반대로 통신시스템 표준에서 스펙트럼 마스크가 주어졌을 때 그 통신시스템에 맞는 필터 설계를 할 수 있으므로 불요발사 제한 규격을 만들 때나 불요발사 제한 규격에 의한 시스템 구현을 할 때 서로 편리하다. 이런 편리성 때문에 거의 대다수의 통신 시스템이 불요발사 제한으로서 스펙트럼 마스크의 값을 제시하고 있다.

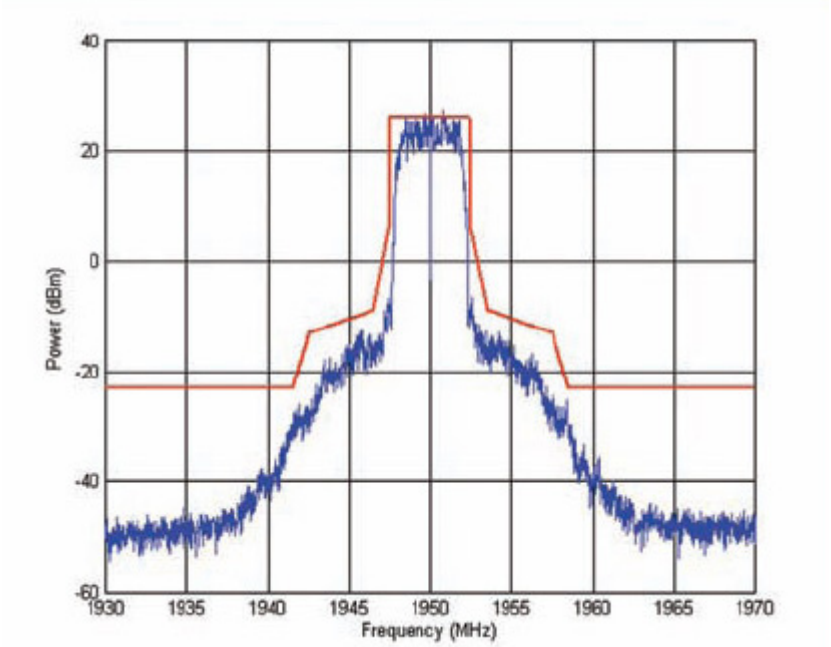


그림 2-16. 불요발사 마스크

스펙트럼 마스크가 대역 외의 절대 전력의 상한을 규정하였다면 ACLR은 그 정의에서 나타난 바와 같이 자신의 채널(자기 대역)의 전력과 인접 채널(타 대역)로 누설된(정확하게는 인접 채널의 특정 주파수에서의) 전력 레벨의 비를 나타낸 값이다. 특정 서비스의 ACLR과 인접 대역의 ACS(Adjacent Channel Selectivity)가 제시되면 ACIR(Adjacent Channel Interference Ratio)는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$ACIR = \frac{1}{\frac{1}{ACLR} + \frac{1}{ACS}}$$

RA-07에서 IMT-2000 기술로 승인된 Mobile WiMAX도 ITU-R 권고 M.1580/1581에 Mobile WiMAX의 기지국/단말기의 불요발사 특성을 추가하였다. Mobile WiMAX의 IMT-2000 표준화를 적극 추진하고 있던 WiMAX forum, IEEE, 인텔 등은 Mobile WiMAX의 스펙트럼 마스크를 ITU-R 권고 M.1580/1581에 포함하기 위하여 제출하였으나 공유연구에서 이용된 값과 차이가 있어서 일관성에 대한 논란이 지속적으로 제기되었다. 또한 원래 Mobile WiMAX 규격에 없는 ACLR 값에 대해선 ACLR의 정의에서 인접 채널 선택도 같은 불명확한 부분이 있고 인접채널과의 간섭계산에서 불필요하다는 입장을 표명하였다. 그러나 3GPP 진영을 비롯한 독일과 중국 등이 일관성 없이 제시된 ACLR 값의 문제점을 지적하며 Mobile WiMAX의 정확한 ACLR 값을 제시할 것과 ACLR이 없는 다른 IMT-2000 표준도 ITU-R 권고 M.1580/1581에 이를 포함할 것을 주장하고 있다. 계속된 논란은 차기 회의(2009년 2월)에서 최종 결정하기로 하였으며 WiMAX 포럼 측에서 적절한 ITU-R 권고 M.1580/1581에 ACLR 값을 제시해야 할 필요가 있다. WP5D 4차 회의에서 ITU-R 권고 M.1580/1581 최종 개정안에 포함될 내용으로 예상되는 사항들은 다음과 같다.

- 제안된 “ITU-R 권고 M.1580/1581에서 ACLR의 삭제 및 다른 문서(예, ITU-R 권고 M.1457 혹은 ITU-R 보고서 M.2039로부터 합쳐진 새로운 권고)에 포함 및 개별적인 공유연구 내부에 포함되어야 함.”에 대한 사항 (즉, ACLR의 삭제에 대한 적절성 및 대체성으로 요약됨.)

※ ITU-R 보고서 M.2039 : Characteristics of terrestrial IMT-2000

systems for frequency sharing/interference analyses

- 공유연구와 별도로 ACLR의 다른 용도가 있는지에 대한 여부
- 파라미터 ACLR의 정의
- 추가적으로 필요한 다른 파라미터의 여부 (test tolerance 등)
- ITU-R 권고 M.1580/1581 범위의 변경에 대한 제안

이 중 test tolerance는 불요발사 측정 시 불확도(uncertainty, 과거엔 오차로 번역되기도 하였으나 의도적이지 않고 줄일 수 없는 요인에 의한 편차라는 의미로 현재 '불확도'라는 단어를 사용)에 관련된 내용으로 ITU-R 권고 M.1580/1581에 포함하지 말자는 의견이 우세하기는 하나 결론은 다음 회의로 연기되었다.

한편 ITU-R 권고 M.1580/1581과 관련 ITU-R 권고 및 문서간의 관련성을 보기 쉽고 이해도를 높이기 위해 그림으로 도식화하는 작업이 수행되었고 그 결과물은 그림 2-17과 같다.

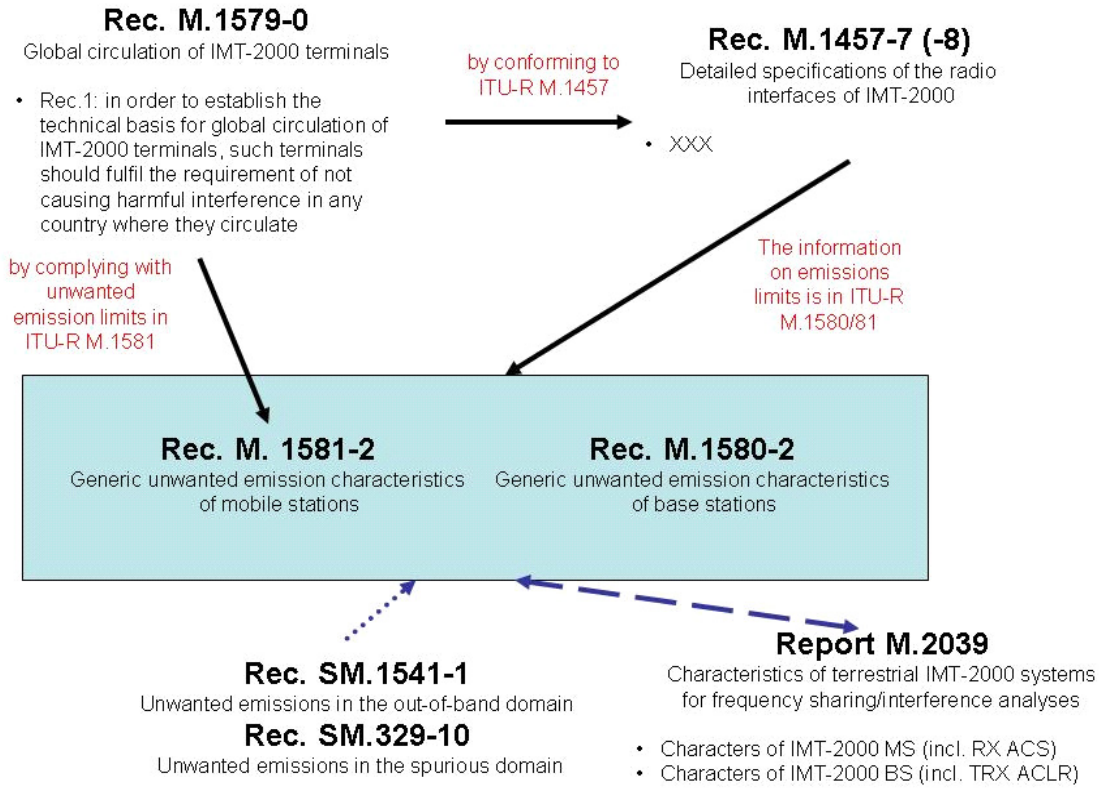


그림 2-17. ITU-R 권고 1580/1581관련 문서 간 연관성

2. IMT 추가 주파수 채널배치 연구 (ITU-R 권고 M.1036 개정)

IMT-2000 기술인 WiBro는 단말과 기지국의 송신 주파수(다시 말하여 상/하향 주파수)가 같고 시간을 분할하여 신호를 주고 받는 TDD 방식이고 3GPP LTE 같은 다른 표준들은 단말과 기지국의 송신 주파수가 일정 간격 떨어져 있으나 시간은 분할하지 않는 FDD 방식이 주를 이룬다. 하나의 IMT 대역을 TDD나 FDD 둘 중 하나의 방식으로 전부 사용할 경우 주파수 배치는 큰 문제가 되지 않는다. 그러나 각기 다른 IMT 기술을 도입하는 사업자들을 한 IMT 대역에 배치할 경우 간섭 문제를 발생시킬 수도 있으므로 이에 대한 고려가 필요하다. 단순히 단말/기지국 사이의 주파수 이격 대역에 TDD를 배치한 그림 2-18에서 보호 대역이 없는 주파수 배치는 간섭 특히 TDD 단말에 대한 수신 간섭이 불가피하므로 실현할 수 없다. 그러므로 여러 사업자가 상이한 IMT 표준을 도입할 경우에 적절한 주파수 배치에 대하여 앞으로도 활발한 논의가 있을 것으로 예상된다.

그림 2-18. IMT 채널 배치 (FDD/TDD 공존 쟁점)

WRC-07에서 IMT 주파수로 결정된 대역에 대한 frequency arrangement 작업(M.1036의 개정)을 2009년 완성을 목표로, 2008년 10월 서울회의에서부터 본격적인 논의를 시작하였다. IMT로 이용이 결정된 주파수 대역에서 세계 각국은 자국이 선호하는 주파수 배치를 제안하였는데, 이 중 눈에 띄는 점을 거론하면 다음과 같다.

기존 TV 방송 대역 등으로 사용되다가 IMT로 새로 결정된 대역에서 소위 reverse duplex를 도입하려는 유럽의 제안이다. FDD 방식에서 통상적으로 단말 송신(상향) 주파수를 낮은 쪽에 배치하고 기지국 송신(하향) 주파수를 높은 쪽에 배치하나 reverse duplex에서는 반대로 기지국 송신 주파수를

낮은 쪽에 배치하는 방식이다. TV 방송 등 기존 업무가 인접한 경우 이와 같은 배치가 기존 업무에 대한 간섭 우려를 감소시킬 수 있다고 하므로 우리나라도 이에 대한 검토를 해야 할 것이다.

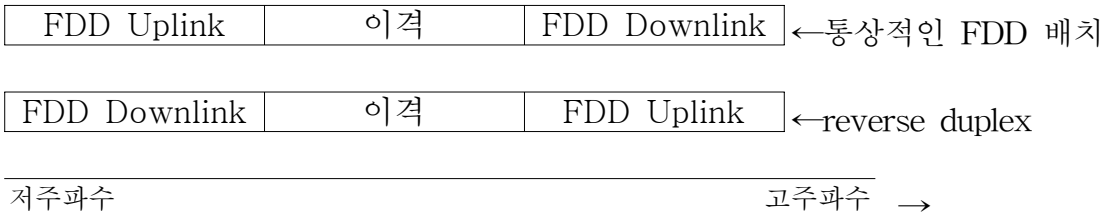


그림 2-19. Reverse duplex 채널 배치

채널 배치에 대한 쟁점이라고 할 수는 없으나 ITU-R 권고 M.1036의 작업계획을 APT내 AWF 및 ITU-R SG회의 작업일정을 고려하여 권고의 개정계획을 조정하는 작업이 우리나라의 기고문을 바탕으로 채택된 점도 참고할 만한 서울 회의 결과이다.

이 밖에 2.5 GHz 대역에서의 CDMA-DS와 Moblie WiMAX(OFDMA TDD WMAN)의 공존에 대한 연구를 correspondence 그룹을 통해 진행하여 4차 회의에서 완료 예정이고, JTG 5-6 연구 관련 790~862㎒ 대역 내 이동 시스템과 다른 업무의 공유연구를 위한 IMT 시스템 특성 (radio interface 및 frequency arrangement) 자료를 제출해 줄 것을 SDO에게 요청하는 등의 활동이 WP 5D의 스펙트럼 연구반에서 이루어졌다.

제 3 장 IMT-Advanced 기술표준화 동향

IMT-Advanced 시스템은 IMT-2000 이후와 IMT의 새로운 성능을 포함하는 이동시스템으로, 이동 및 고정 망에 의해 지원되는 진보된 이동서비스를 포함하여 광범위한 통신 서비스에 접속할 수 있도록 해준다.

IMT-Advanced 시스템은 다양한 사용자 환경에서 사용자와 서비스 요구에 따라 폭넓은 데이터 속도와 저속부터 고속까지의 이동성을 지원한다. 또 성능과 서비스 품질 면에서의 획기적인 개선을 통해 서비스와 플랫폼 범위 내에서 고품질의 멀티미디어 응용 서비스를 제공할 수 있다.

IMT-Advanced 핵심 요소는 다음과 같다.

- 효과적인 가격으로 폭넓은 서비스와 응용을 지원하는 유연성을 유지하는 고도의 보편적 기능성
- 다른 IMT 서비스, 고정망과의 호환성
- 다른 무선접속 시스템과 상호작용하는 능력
- 고품질 이동 서비스
- 전세계에서 사용할 수 있는 사용자 장치
- 전세계 로밍
- 진보된 서비스와 응용을 지원하는 최대 데이타 속도(저속에서 1Gbit/s, 고속에서 100Mbit/s를 목표로 함)

IMT-Advanced 시스템의 성능은 사용자 요구와 기술 발전에 따라 계속 향상되고 있다. 사용자 요구 동향에 대해서는 ITU-R 권고 M.1645에 기술되어 있으며, 실현될 서비스와 응용의 발전 특성, 발전하는 사용자 기대, 이동통신 서비스에 대한 수요 증가가 포함되어 있다. ITU-R 보고서 M.2072는 미래의 IMT-2000의 발전형태, IMT-Advanced와 다른 시스템에 대한 이동시장과 서비스의 진화를 예측하고 시장에 대해 세부적으로 분석하고, 2010년, 2015년, 2020년에 대한 예측을 제공하고 있다.

고정통신 네트웍을 근간으로 다양한 범위의 전기통신서비스에의 접속을 제공하는 IMT-2000 시스템은 사용자수의 증가, 고속의 데이터 전송, 고품질의 비디오와 게임 서비스 등 무선통신에 대한 수요가 증가함에 따라 계속 발전해 가고 있다. ITU-R 결의 56에서는 보다 향상되고(Enhanced) 발전된

(developed) IMT-2000까지 IMT-2000에 포함시키고, IMT-2000 이후 시스템을 지원하는 새로운 무선 인터페이스 기술과 관련된 시스템 및 시스템 성분 등을 IMT-Advanced라 정의하고 있으며, IMT-2000과 IMT-Advanced를 통칭하여 “IMT"로 부르기로 하였다. IMT-2000과 enhanced IMR-2000, 그리고 IMT-Advanced의 관계는 다음 그림 3-1에 잘 나타나 있다.

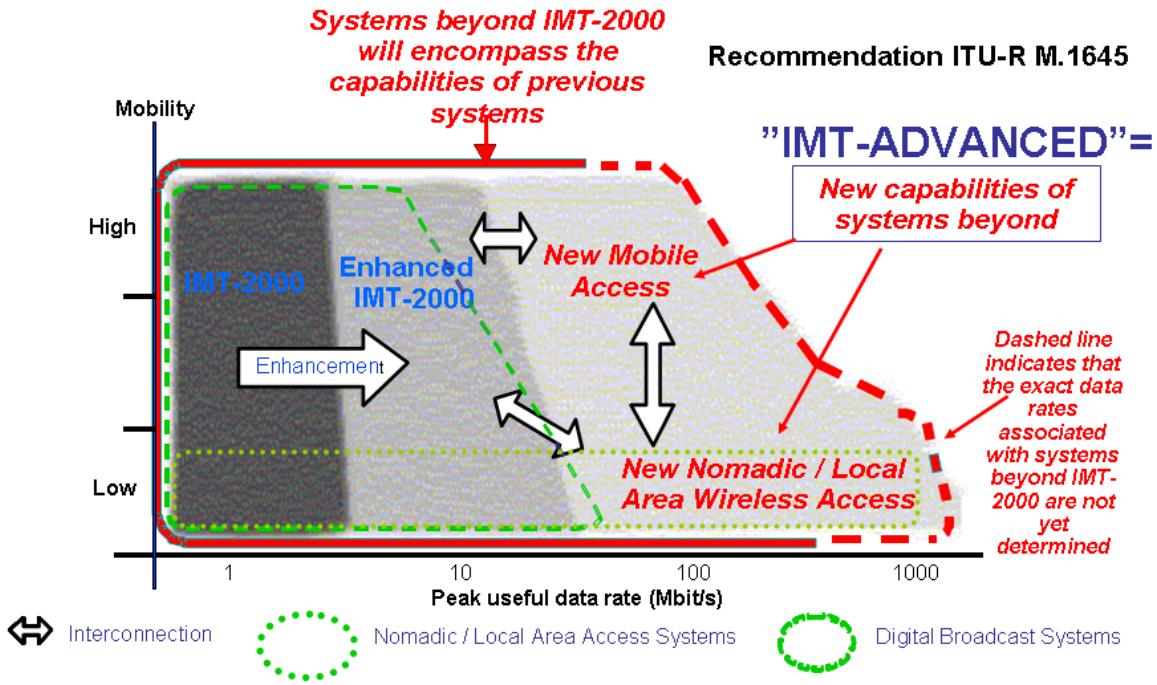


그림 3-1. IMT-2000과 enhanced IMT-2000, 그리고 IMT-Advanced의 관계

2008년에 진행된 IMT-Advanced 관련 국제 표준화 작업은 IMT-Advanced 무선 인터페이스 시스템의 표준화 일정과, 표준이 만족해야 할 최소 기술 조건, 평가 기준과 지침, 제안 양식 등의 확정을 목표로 진행되었고, 관련 보고서 작성을 완료하고 11월 ITU-R SG5에서의 승인으로 일단락되었다.

이 장에서는 2008년 완성된 IMT-Advanced 표준화 절차와 IMT-Advanced 표준이 만족해야할 최소 기술 조건, 평가 기준과 방법, 그리고 최근의 후보 기술 개발동향에 대해 소개한다.

제 1 절 IMT-Advanced 표준화 일정과 절차

IMT-Advanced 표준화를 추진하고 있는 ITU-R WP5D는 ITU-R 결의

57(IMT-Advanced 개발절차의 원칙)에 따라 2008년 IMT-Advanced 기술표준화를 위한 회람문서를 완성하여 회원국들에 회람하였다. ITU-R 결의 57은 무선 인터페이스 규격에 관한 권고를 포함한 IMT-Advanced 권고 및 보고서를 개발하는 절차에 사용되는 필수 기준과 원칙을 규정하고 있다. 회람문서의 목적은 IMT-Advanced 지상성분의 무선인터페이스 규격(RITs 또는 SRITs) 후보 기술을 제안할 것을 회원국에 요청하고, 후보기술에 대한 평가절차를 시작하여, 평가그룹의 구성 및 평가 보고서의 제출을 독려하기 위함이다.

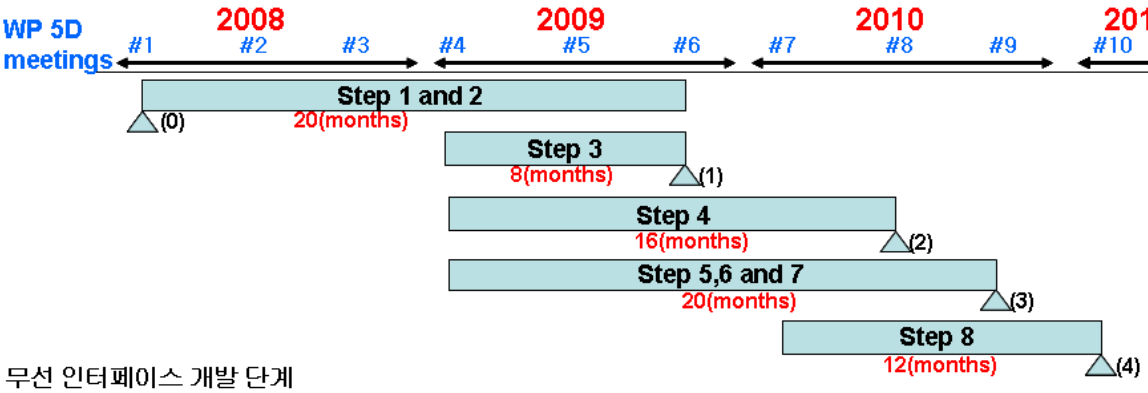
WRC-07 이전의 IMT-Advanced 표준화 일정에 의하면 2008년 1월 제1차 WP5D 회의 종료 후 표준화 일정, 평가 지침과 절차, 그리고 후보 기술들이 만족시켜야 하는 최소 요구사항(minimum requirements)들을 포함하여 후보 기술 제안을 요청하는 회람 문서를 배포할 계획이었다. 그러나 WP5D 1차 회의에서 기술적 성능 요건과 평가 기준 등에 대하여 다양한 의견과 입장이 제시되어 부분적으로 합의점을 도출하지 못하였기 때문에 우선 완성된 부분만을 회람문서로 배포하였다. 이 회람문서는 IMT-Advanced 후보 기술의 제출 및 평가 요청, RIT/SRIT[10]의 정의, 표준화 절차의 개요 등이 포함된 본문, IMT-Advanced 개념의 소개, 표준화 일정과 절차 소개, 관련 권고 목록으로 구성되었다. 서비스와 시스템 성능 조건, 후보기술 제안 양식과 지침, 평가 지침 등에 관한 내용들은 6월 제2차 WP5D 회의에서 최종 합의되어 8월에 addendum으로 배포되었다.

제1차 WP5D 회의 중 전체 회람문서가 완료되지 못할 것으로 전망되자, 우리나라가 전체 일정의 조정을 제안하였고 결과적으로 최종 권고 승인이 2011년 전파통신총회에 맞춰지게 되었다. 따라서 기술 개발에 더 내실을 기할 수 있을 뿐만 아니라 IMT-Advanced 표준을 모든 회원국이 모인 자리에서 승인하게 되는 효과도 얻을 수 있게 되었다.

그림 3-2에 IMT-Advanced 무선 인터페이스 권고 개발 일정이 정리되어 있다.

o Step 1 - 무선 인터페이스 기술 제안 및 평가 요청 회람 문서
- 2009년 3월 ITU-R 회람문서 5/LCCE/2의 발간부터 IMT-Advanced 무선 인페이스 규격 표준화 일정 시작(그림에서 (0) 지점).

10) RIT : Radio Interface Technology, SRIT : Set of RITs



무선 인터페이스 개발 단계

Step1 : 회람문서 배포
Step2 : 후보기술 개발
Step3 : 후보기술 제안서 제출/접수 및 접수공표
Step4 : 평가그룹에 의한 후보기술 평가
Step5 : 외부 평가활동 검토 및 조정 작업
Step6 : 최소 기술 조건 충족 평가
Step7 : 평가결과 고려, 합의 및 결정
Step8 : 무선 인터페이스 권고 개발

무선 인터페이스 기술 개발 절차의 중대시점

(0)	무선인터페이스 기술 제안 요청	2008. 03
(1)	후보기술(안) 제출 마감	2009. 10
(2)	평가보고서 ITU 제출 마감	2010. 06
(3)	WP 5D에서 IMT-Advanced 무선인터페이스 기술 framework 과 핵심 특성 결정	2011. 02
(4)	WP 5D에서 무선인터페이스 규격 권고 개발 완료	2011. 02

그림 3-2. IMT-Advanced 무선 인터페이스 권고 개발 일정

o Step 2 - 후보 기술 개발

- ITU-R 외부에서 IMT-Advanced 무선 인터페이스 후보기술을 개발.
- 후보기술들(RITs 및 SRITs)은 ITU-R 보고서 M.2133[REST]에 기술되어 있는 최소 기술 조건과 평가 기준을 만족해야 함
- 후보기술(RIT)은 적어도 하나의 테스트 환경에서의 최소 조건을 충족해야 하고 여러 후보기술들이 합쳐진 SRIT는 각각이 적어도 하나의 환경에서의 최소 조건을 만족하고 서로 보완이 되는 RITs들로 구성되어야 함

o Step 3 - 후보기술 제안의 제출 및 접수와 접수 사실 통고

- 후보기술의 제안자는 회원국, 섹터멤버, SG5의 associate 멤버, 결의 ITU-R 9-3에 규정된 외부 조직이 될 수 있음
- 후보기술의 제안은 ITU-R 보고서 M.2133[REST]에 제공되어 있는 양식을 포함해야 하고, 자체평가 또는 다른 평가그룹의 평가결과가 첨부되어야 함

- 각 제안은 현재 적용되는 최소기술조건과 평가 기준의 버전을 표시해야 하고 관련 조건을 참조해야 함
- 제안자와 IPR 소유자는 ITU의 IPR 정책을 준수함을 표시하여야 함
- ITU-R 사무국은 후보기술을 접수하고 그 사실을 알리고 WP5D 회의 입력문서로 처리하고, 평가를 위해 그 문서를 ITU 웹에 게시함
- 후보기술 제안은 2009년 제4차 WP5D 회의 시작, 제출 마감은 2009년 후반기로 예상되는 WP5D 6차 회의 개최 7일전 UTC 16:00(그림 3-2에서 (1) 지점)

o Strp 4 - 평가 그룹에 의한 후보기술 평가
- ITU-R 회원, 표준조직, 다른 외부 기관 등 2008년 말 이전에 ITU-R에 등록한 평가 그룹이 제출한 평가 보고서는 무선 인터페이스 규격을 기술할 권고를 개발하는 데 고려될 수 있음
- 평가기준과 테스트 모델이 포함된 평가 지침을 제공하는 ITU-R 보고서 M.2133[REST]에 따라 후보기술을 평가
- 필요에 따라 ITU-R 보고서 M.2133를 보완하는 추가적인 평가방법이 개별적인 평가그룹에 의해 개발될 수 있으며, 그 평가 방법은 모든 평가 그룹과 공유해야 하고 ITU전파통신국(BR)에 그 사실을 알려야 함
- 평가 결과의 비교와 일관성을 도모하고, 평가 결과의 상이함에 대한 약정을 개발하는 BR을 지원하며, 초기의 합의 과정을 진행하기 위해 평가 그룹 간의 조정작업을 권장함
- 평가 결과는 ITU-R SG5 counsellor에 보고되어 WP5D 회의의 입력문서로 처리되고 웹에 게시함
- 2010년 중반, WP5D 8차 회의 완료(그림에서 (2) 지점)

o Step 5 - 외부 평가 활동 검토 및 조정
- WP5D는 여러 평가 그룹 간 조정의 중앙에서 평가 활동의 진행 상황을 모니터하고 합의 과정에서의 문제나 요구에 대해 적절한 대응을 수행함

o Step 6 - 최소 기술 조건 충족 평가
- WP5D는 제출된 후보기술이 필요한 요구 사항을 만족하는지를 검토하고 인정된 후보기술에 대한 다음 단계 진행

o Step 7 - 평가 결과에 대한 검토, 합의 및 결정
- WP5D에서 Step 6의 검토 절차를 만족한 후보기술들의 평가 결과에 대해 고려
- Global Harmonization과 세계 산업계의 지지 잠재력을 갖기 위한 합의 과정(Consensus building) 진행
- RITs들을 그룹화 또는 수정함으로써 IMT-Advanced의 목적을 보다 더 충족하는 새로운 SRITs를 구성할 수 있음
- 최소 테스트 환경에서 필요조건을 만족하는 RITs와 SRITs는 ITU-R의 결과물로서 Step 8에서 만들어지는 IMT-Advanced 권고에 수용됨
- 2010년 말까지 진행

o Step 8 - 무선 인터페이스 권고(안) 개발
- 로밍을 포함하여 범세계적 운용과 장비 호환성을 충분히 갖춘 IMT-Advanced 지상성분 무선 인터페이스 권고를 개발
- ITU-R 내부의 작업을 보완하기 위하여 ITU-R 결의 9-2의 원칙에 따라 적절한 외부 기관과 협력
- 2011년 초 WP5D 10차 회의에서 권고(안) 개발

o Step 9 - 권고의 적용
- 추가적인 표준 개발, 장비 디자인과 개발, 시험, 필드 시험, 형식승인, 상용 서비스로 이끌 IMT-Advanced 인프라 제작과 구축, 로밍 합의 등과 같은 관련 상용 측면의 개발 등 ITU-R 외부 활동

그림 3-3은 각 단계별로 ITU-R과 ITU-R 외부에서 진행되는 IMT-Advanced 지상성분 무선 인터페이스 개발 절차를 나타낸 것이다. ITU-R은 평가 결과의 비교와 합치를 위하여 그룹 간의 조정을 권장하고 있으며, 조정 과정의 focal point로서 모든 평가 과정에 대한 모니터링을 한다.

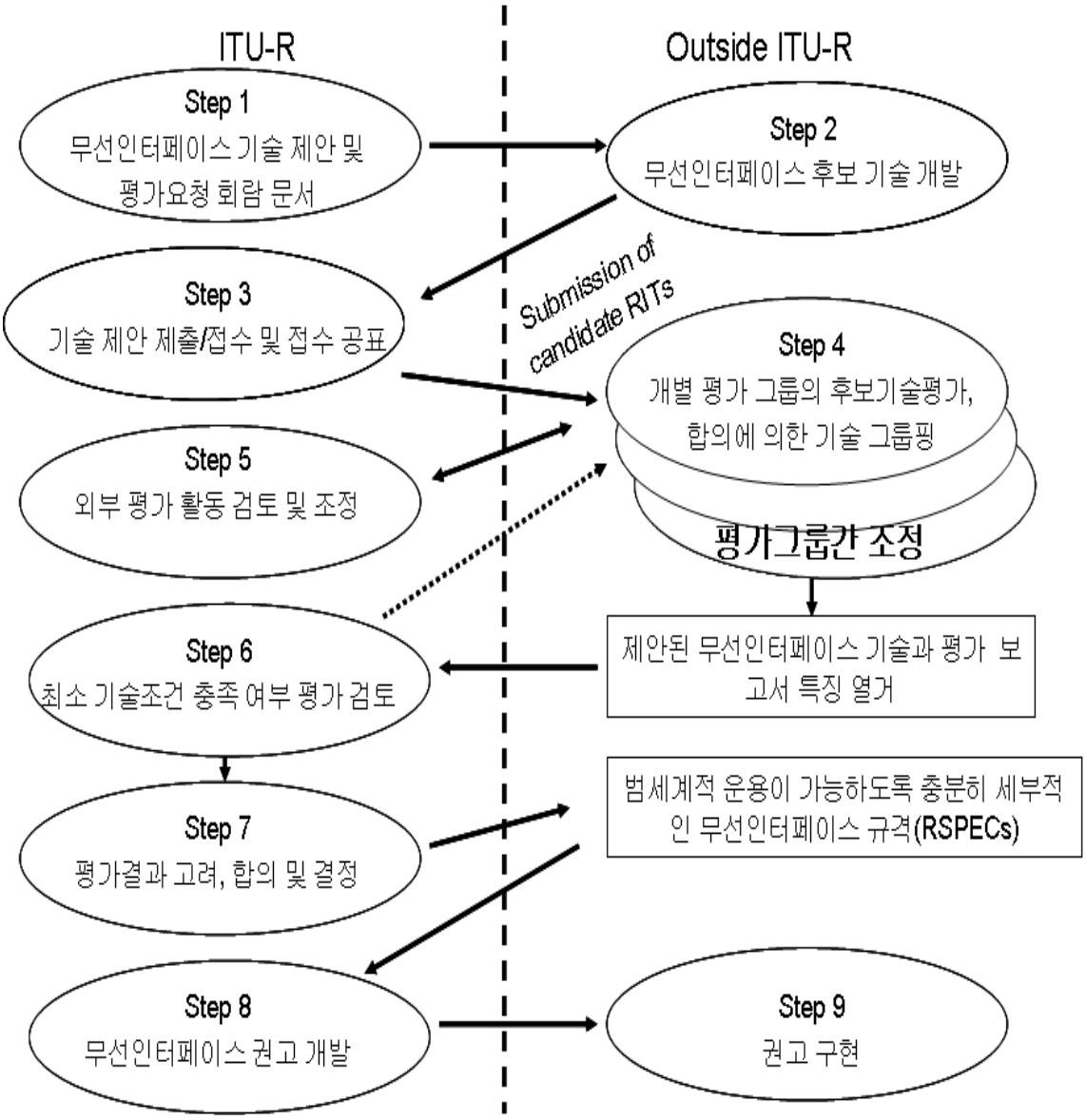


그림 3-3. IMT-Advanced 지상성분 무선 인터페이스 개발 절차

제 2 절 최소기술 요구사항

최소 기술 요구사항과 관련해서는 2007년 5월 WP8F Kyoto 회의 이후, Correspondence Activity(2007년 11월7일)를 통해 논의를 진행한 결과로 평가에 활용되는 8개 항목을 결정하고, 2008년 1차 및 2차 WP5D 회의를 통해 IMT-Advanced 기술이 만족해야 하는 최소 값들을 결정하였다.

제1차 WP5D 회의에서 다소 높은 목표치를 제안하여 기존 3G 시장을 당분간 유지하고자 하는 스웨덴(에릭슨), 핀란드(노키아), 일본 등과 새로운 이동통신시장의 경쟁을 조기에 끌어내고자 다소 낮은 값을 제안하는 미국(인텔, IEEE), 우리나라(삼성) 등이 첨예하게 대립하였지만, 이후의 사전 회의를 통해 어느 정도 의견을 좁혔다. 이를 바탕으로 제2차 회의에서 합의를 이루게 되었는데, 대부분 각 기관에서 제시하는 최고 및 최저치의 중간 값으로 합의되면서 전반적으로 최소 기술 요구 사항은 당초 논의된 내용보다 다소 낮아진 값에서 결정되었다. 이번에 합의된 최소 기술 요구사항은 표 3-1과 같다.

표 3-1. IMT-Advanced 최소 기술요구 사항 값

항목		요구사항 수치			
환경		실내	마이크로 셀	매크로 셀	고속 환경
셀 스펙트럼 효율 (bps/Hz/Cell)	다운링크(4x2 MIMO)	3	2.6	2.2	1.1
	업링크(2x4 MIMO)	2.25	1.8	1.4	0.7
최대 전송 효율 (bps/Hz)	다운링크(4x4 MIMO)	15			
	업링크(2x4 MIMO)	6.75			
채널 대역폭 (MHz)		Scalable로 40MHz 최대 대역폭(Multi-carrier 허용)			
셀 경계 사용자 전송 효율 (bps/Hz)	다운링크(4x2 MIMO)	0.1	0.075	0.06	0.04
	업링크(2x4 MIMO)	0.07	0.05	0.03	0.015
전송 지연(ms)	제어 영역	100			
	사용자 영역	10			
핸드오버 지연* (ms)	동일 주파수	27.5			
	다른 주파수/ 동일 주파수 밴드	40			
	다른 주파수/ 다른 주파수 밴드	60			
이동 시, 링크 기준 주파수 효율 (bps/Hz)**		1.0 (3km/h)	0.75 (30km/h)	0.55 (120km/h)	0.25 (350km/h)
VoIP 사용자***(명/MHz/셀)		50	40	40	30

* Core network 지연 및 다운링크 Synchronization, 업링크 접속 지연 제외
** BER < 10^{-3}, SINR=3dB기준
*** AMR Codec 사용 기준

1. 셀 스펙트럼 효율(Cell spectral efficiency)

전송효율(Cell spectral efficiency, η)는 모든 사용자의 총 데이터 처리량(정확하게 수신된 비트 수, 즉 일정 시간동안 Layer 3로 전달된 서비스 데이터 단위(Service data units, SDUs)에 포함된 비트 수)로, bit/s/Hz/cell로 표시된다. 이 때 채널대역폭은 업링크/다운링크 비를 고려해 적절하게 정규화된 운용 대역폭인 effective 대역폭에 주파수 재활용 factor를 곱한 것이다. 결정된 전송효율 값은 하향 4×2, 상향 2×4인 안테나 배열을 가정했을 때 정의된 값들이다.

2. 최대전송효율(Peak spectral efficiency)

최대전송속도는 모든 가능한 전파자원이 해당 링크 방향으로 사용될 때(물리계층 동기, 기준신호 또는 파일럿, 가드밴드와 가드 시간에 사용되는 전파자원은 제외) 하나의 이동국에 할당될 수 있는 error-free 조건을 가정하여 수신된 데이터 비트로 이론적으로 가장 높은 데이터 속도이다.

결정된 최대전송속도 값은 하향 4×4, 상향 2×4인 안테나 배열을 가정했을 때 정의된 값들이다.

3. 채널대역폭

Scalable 대역폭은 후보 RIT가 다른 대역폭으로도 운용될 수 있는 성능으로, 하나 또는 여러 RF carrier에 의해 지원될 수 있다. RIT는 40 MHz까지의 scalable 대역폭을 지원해야 한다.

제안자들은 ITU-R 권고 M.1645에 명시된 연구목표와 보다 넓은 대역(예, 100MHz까지)에서의 운용을 지원할 수 있을 만큼 확장을 고려할 것이 권장되고 있다.

4. 셀 경계 사용자 스펙트럼 효율(Cell edge user spectral efficiency)

일반적인 사용자 데이터 처리량(normalized user throughput)은 일정 시간동안 사용자에게 정확하게 수신된 비트 수를 채널 대역폭으로 나눈, 평균 사용자 데이터 처리량으로 정의하고, bit/s/Hz로 측정된다. 이 때 채널대역

폭은 업링크/다운링크 비를 고려해 적절하게 일반화된 운용 대역폭인 effective 대역폭에 주파수 재활용 factor를 곱한 것이다. 셀 경계 사용자 전송효율은 일반화된 사용자 데이터 처리량의 누적분포함수(Cumulative distribution function, CDF)의 5% 지점으로 정의된다. 이 값들은 하향 4×2, 상향 2×4인 안테나 배열을 가정했을 때 정의된 것이다

5. 전송지연(Latency)

o 제어 영역 전송지연(Control plane latency)

제어영역 전송지연은 idle에서 활성화 상태로 바뀌는 것과 같이 다른 연결 모드로의 전이 시간으로 측정된다. 사용자 영역이 만들어지는 과정에서 idle 상태에서 활성화 상태로 전환되는데 100ms 이하의 전이 시간이 되어야 한다.

o 사용자 영역 전송지연(User plane latency)

일반적인 전송 지연으로 알려진 사용자 영역 전송지연은 사용자 단말/기지국의 IP 계층에서 가능한 SDU 패킷과 기지국/사용자 단말의 IP 계층에서 이 패킷의 성능(protocol data unit, PDU) 간의 단방향 전송 시간으로 정의된다.

사용자 영역 패킷 지연은 활성화 상태의 사용자 단말을 가정했을 때 관련 프로토콜과 제어 신호에 의해 발생되는 지연을 포함한다. IMT-Advanced 시스템은 상·하향 링크 양쪽 모두에서의 작은 IP 패킷에 대해 단일 사용자 단일 데이터 스트림과 같은 unloaded 조건에서 사용자 영역 전송지연이 10ms보다 작아야 한다.

6. 이동성(Mobility)

사용자 이동 속도는 정지(0 km/h), 보행(0 ~ 10 km), 차량(10~120 km/h), 고속차량(120~350 km/h)으로 정의한다.

각 테스트 환경 별 이동성 분류는 다음과 같다.

표 3-2. 테스트 환경 별 이동성 분류

	테스트 환경			
	실내(Indoor)	마이크로셀룰라	base coverage urban	고속
이동성 분류	정지, 보행	정지, 보행, 차량(30km이하)	정지, 보행, 차량	고속 차량, 차량

이동시 링크 기준 주파수 효율(traffic channel link date rate)은 사용자가 각각의 테스트 환경에서 이동성 단계의 최대 속도로 움직이고 있을 때 업링크에서 대역폭에 의해 정규화하여 얻어진다. 이 값들은 하향 4×2, 상향 2×4인 안테나 배열을 가정했을 때 정의된 것이다

7. 핸드오버

핸드오버 차단 시간은 사용자 단말이 다른 기지국과 사용자 영역 패킷을 교환하지 못하는 시간 동안으로 정의된다. 핸드오버 차단 시간에는 후보기술에 적용 가능한 무선 접속 네트웍 절차, 전파자원 제어 시그날링 프로토콜 또는 사용자 장치와 무선 접속 네트웍 사이에서 다른 메시지 교환 등에 필요한 시간이 포함된다. 핸드오버 차단시간을 결정하는 목적을 위해 코어 네트웍과의 상호작용이 제로 시간에 발생한다고 가정한다.

8. VoIP 사용자

VoIP 사용자수는 98% 이하의 VoIP 패킷이 50ms 범위안의 단방향 무선접속 지연 이내로 사용자에게 성공적으로 전달되었을 때 음성 outage를 경험한 사용자가 2%이하인 50% activity factor에 12.2 kbit/s 코덱을 가정하여 얻어진다.

VoIP 사용자수는 양 링크 방향에 대해 계산된 최소 사용자 수를 각 링크 방향에서 유효한 대역폭으로 나눈 것이다. 이 값들은 하향 4×2, 상향 2×4인 안테나 배열을 가정했을 때 정의된 값들이다.

제 3 절 후보기술 평가방법

평가 방법에서는 최소 기술 요구사항을 평가하기 위한 방법으로 Simulation(Cell

spectral efficiency, Cell edge spectral efficiency, Mobility, VoIP), Analytical (Peak spectral efficiency, Latency, Intra/Inter frequency handover), Inspection(Bandwidth, Inter system handover) 등의 3가지 방법을 이용하기로 합의하고 평가를 위한 시험환경과 이를 구현하는 망구축 시나리오를 표 3-3과 같이 합의하였다.

표 3-3. IMT-Advanced 시스템 평가를 위한 망구축 시나리오

Test environment	Base coverage urban	Microcellular	Indoor	High speed
Deployment scenario	Urban macro-cell scenario (optional : Suburban macro-cell scenario)	Urban micro-cell scenario	Indoor hotspot scenario	Rural macro-cell scenario

평가방법에서 가장 중요한 이슈는 상기 네 가지 시험 환경 가운데 몇 개 이상의 조건을 만족하여야 IMT-Advanced 시스템으로 인정할 것인가 하는 것이었는데 3가지 환경으로 합의됨으로써 1~2개의 환경만을 만족하여 이동성이 제한된 IMT-Advanced 서비스가 나오지 않을까 하는 우려는 없앨 수 있게 되었다.

ITU-R WP5D의 후보기술 평가방법을 수록하고 있는 공식 문서는 ITU-R 보고서 M.2135 "Guidelines for evaluation of radio interface technologies for IMT-Advanced(IMT-Advanced 무선 접속 기술 평가 지침)"와 ITU-R 보고서 M.2133 "Requirements, evaluation criteria and submission templates for the development of IMT-Advanced(IMT-Advanced 개발에 대한 요구조건, 평가 기준 및 제출 양식)"이다. 이 절에서는 ITU-R 보고서 M.2135에 규정되어 있는 평가 기준과 지침에 대해 소개한다.

1. IMT-Advanced 무선접속기술 평가 지침

가. 범위

제안된 IMT-Advanced 무선 접속 기술들(RITs : Radio Interface Technologies) 이나 RITs의 집합들(SRITs : Sets of RITs)을 평가하는데 사용되어질 절차와 (기술, 스펙트럼 및 서비스) 기준 둘 다에 대한 지침을 제공한다. 이들 시험 환경들은 보다 엄격한 무선 운용 환경에 가깝게 모의실험이 되도록 선택되었다. 이 평가 절차는 후보 RIT/SRITs의 전체 성능이 기술적인

기반에서 공정하고 동등하게 평가될 수 있도록 설계되었다. 이를 통해 전체 IMT-Advanced 목표가 달성되었는지를 보증한다.

이 지침은 제안자, 후보 RIT/SRITs의 개발자 및 평가 그룹들에게 무선 성능에 영향을 주는 후보 RIT/SRITs와 시스템 측면을 평가하기 위한 공통 방법론과 평가 설정을 제공한다.

이 지침은 새로운 기술을 포함할 수 있도록 자유도를 허용한다. IMT-Advanced를 위한 후보 RIT/SRITs의 실제 선택에 대한 부분은 이 지침의 범위 밖이다.

후보 RIT/SRITs는 이 평가 지침에 기반을 두어 평가되어야 한다. 필요하다면, 평가 지침을 보충하기 위하여 독립적인 평가 그룹에 의해 추가 평가 방법이 개발될 수도 있다. 이러한 추가 방법론은 평가 그룹 사이에 공유되어야 하며 ITU-R에 의한 평가 결과로 고려된 정보로서 사무국에 보내어져야 한다.

나. 평가 지침에 대한 서술

IMT-Advanced는 사용자, 제조업체, 어플리케이션 개발자, 망 사업자 그리고 서비스와 콘텐츠 제공자 등을 포함한 다양한 관점에서 고려될 수 있다. 그러므로 IMT-Advanced를 위한 기술은 다양한 도입 시나리오에 적용될 수 있고 넓은 환경 범위, 상이한 서비스 능력 그리고 기술 선택사양을 지원할 수 있어야 한다. 따라서 모든 상황을 포함하는 각 변형들을 고려하는 것은 가능하지 않지만, ITU-R 결의 57에 정의된 절차 및 ITU-R 보고서 M.2134에 정의된 요구사항과 부합하는 IMT-Advanced의 대표적인 전형들을 정리하였다.

IMT-Advanced에 대한 RIT를 평가할 때 다음 원칙들이 준수되어야 한다.

- 제안의 평가는 모의실험, 분석적 및 검사 절차를 통하여야만 한다
- 평가는 제출된 기술 제안을 기반으로 수행되어야 한다. 그리고 이 지침에 정의된 평가 지침을 따르고 평가 방법론을 사용하고 설정을 채택하여야 한다.
- 모의실험(simulation)을 통한 평가는 시스템 수준의 모의실험과 링크 수준의 모의실험 둘 다를 포함한다. 평가 그룹은 평가를 위해 자신들의 모의실험 도구를 사용할 수 있다.
- 분석적(analytical) 절차의 경우 평가는 제안자에 의해 제공된 기술 정보를

사용한 계산에 기반을 두어야 한다.

- 검사(inspection)를 통한 평가의 경우 평가는 제안에 있는 문구에 기반을 두어야 한다.

다음은 평가를 수행하는 그룹의 작업에 대한 선택사항이다.

- 자기평가(self-evaluation)는 기술 제안의 (완전한 호환성 평가양식을 제공하는) 완전한 평가이어야 한다.
- 외부 평가 그룹은 IMT-Advanced의 최소 요구 조건과 기술 적합성을 평가하기 위하여 하나 또는 수 개의 기술 제안의 완전하거나 부분적인 평가를 수행할 수 있다.
- 수 개의 기술 제안을 포함하는 평가가 장려된다.

다. 평가의 특성

아래 표 3-4는 평가를 위해 선택된 기술 특성들을 정리한 것이다.

표 3-4. 평가를 위해 선택된 기술 특성

평가를 위한 특성	방법	평가 방법 / 설정 (ITU-R 보고서 M.2135)	ITU-R 보고서 M.2134와 M.2133의 관련 항목
셀 스펙트럼 효율	모의실험 (시스템 수준)	§ 7.1.1, 표 8-2, 8-4, 8-5	M.2134, § 4.1
최대 스펙트럼 효율	분석적	§ 7.3.1, 표 8-3	M.2134, § 4.2
대역폭	검사	§ 7.4.1	M.2134, § 4.3
셀 경계 사용자 스펙트럼 효율	모의실험 (시스템 수준)	§ 7.1.2, 표 8-2, 8-4, 8-5	M.2134, § 4.4
Control plane 지연	분석적	§ 7.1.2, 표 8-2	M.2134, § 4.5.1
User plane 지연	분석적	§ 7.1.3, 표 8-2	M.2134, § 4.5.2
이동성	모의실험 (시스템과 link 수준)	§ 7.2, 표 8-2, 8-7	M.2134, § 4.6
셀 내와 셀 간 주파수 핸드오버 간섭 시간	분석적	§ 7.3.4, 표 8-2	M.2134, § 4.7
시스템 간 핸드오버	검사	§ 7.4.3	M.2134, § 4.7
VoIP 용량	모의실험 (시스템 수준)	§ 7.1.3, 표 8-2, 8-4, 8-6	M.2134, § 4.8
IMT 대역에서 도입 가능성	검사	§ 7.4.2	M.2133, § 2.2
채널 대역폭 확장성	검사	§ 7.4.1	M.2134, § 4.3
광범위한 서비스의 지원	검사	§ 7.4.4	M.2133, § 2.1

라. 평가 방법론

평가 방법론은 다음 요소들을 포함해야 한다.

- 후보 RITs/SRITs는 컴퓨터 모의실험, 분석적 접근 및 제안의 검사를 포함한 재생산 가능한 방법을 사용하여 평가되어야 한다.
- 후보 RITs/SRITs의 기술 평가는 요구되는 실험 조건에 대한 각각의 평가 기준에 대하여 이루어져야 한다.
- 후보 RITs/SRITs는 기술 서술 양식을 사용하여 제출되어진 기술 서술에 기반을 두어야 한다.

각 제안에 대한 평가 결과를 잘 비교할 수 있기 위해 다음 해결책과 가능성이 고려되어야 한다.

- 평가 그룹에 의한 통일된 방법론, 소프트웨어 및 데이터 세트의 사용.
- 각 평가 그룹이 하나의 모의실험 도구를 사용하는 여러 제안의 평가가 장려된다.
- 문제 지향적 작업 방법

(1) 시스템 모의실험 절차

시스템 모의실험은 ITU-R 보고서 M.2135의 § 8.3에 정의된 망 구성에 기반을 두어야 한다. 시스템 모의실험으로 평가하는 특성은 다음과 같다. (앞에서 평가의 특성에 제시한 표가 지시한 기술 자료를 참고한다.)

(가) 셀 스펙트럼 효율

(나) 셀 경계 사용자 스펙트럼 효율

(다) VoIP 용량

(2) 이동성 요구조건에 대한 평가 방법론

평가자는 이동성 요구조건을 평가하기 위해 다음의 단계를 수행해야 한다.

1단계 : 시스템 모의실험을 수행한다. 이 모의실험에서 uplink C/I 값에 대한 전체 통계 수치를 수집하고 누적분포함수 (CDF : cumulative distribution function)를 만든다.

2단계 : 시험 환경에 대한 CDF를 사용한다.

3단계 : NLoS(Non-Line of Sight) 및 LoS(Line of Sight) 채널 조건 둘 다에 대해 선택한 시험 환경에서 새로운 uplink link level 모의실험을 실행한다.

4단계 : 링크 스펙트럼 효율 값을 비교한다.
5단계 : 스펙트럼 효율 값이 임계치보다 크거나 같다면 제안은 이동성 요구조건을 만족한다.

(3) 분석적 접근

다음의 특성들은 분석적 접근으로 평가한다. (앞에서 평가의 특성에 제시한 표가 지시한 기술 자료를 참고한다.)

(가) 최대 스펙트럼 효율 계산
(나) Control plane 지연 계산
(다) User plane 지연 계산
(라) 셀 내와 셀 간 주파수 핸드오버 간섭 시간

(4) 검사

검사로 평가하는 특성은 다음과 같다. (앞에서 평가의 특성에 제시한 표가 지시한 기술 자료를 참고한다.)

(가) 대역폭과 채널 대역폭 확장성
(나) IMT 대역에서 도입
(다) 시스템 간 핸드오버
(라) 광범위한 서비스의 지원

마. 시험 환경 및 평가 설정

미리 정의된 시험 환경은 기술 제안에 대한 요구조건의 환경을 명시하기 위해 사용된다.

(1) 시험 환경

후보 RITs/SRITs의 평가는 다음 시험 환경의 선택된 시나리오에서 수행되어야 한다.

- 실내 : 실내 환경은 고정이나 보행 사용자에 기반을 둔 사무실 및/또는 hotspot에서의 고립된 셀을 목표로 한다.
- Micro-cellular : 사용자 밀도가 높은 도시 micro-cellular 환경은 보행자부터 저속 차량 사용자에 초점을 맞춘다.

- Base coverage urban : 도시 macro-cellular 환경은 보행자부터 고속 차량 사용자에 대한 연속적인 coverage가 목표이다.
- 고속 : 고속 차량이나 철도의 macro cell 환경.

(2) 평가 절차를 위한 도입 시나리오

각 시험 환경에 사용되는 도입 시나리오가 아래 표 3-5에 제시되어 있다.

표 3-5. 시험 환경 별 도입 시나리오

시험 환경	실내	Microcellular	Base coverage urban	고속
도입 시나리오	실내 hotspot 시나리오	도시 micro-cell 시나리오	도시 micro-cell 시나리오	시골 macro-cell 시나리오

이외에 도시 근교 macro-cell 시나리오가 있으나 선택 사항이다.

(3) 망 구성

시골/고속에서 base coverage urban과 microcell 경우 지형적인 세세함은 고려하지 않는다. 기지국은 아래 그림 3-4와 같이 기지국마다 3개의 cell을 갖는 기본 육각형 구성에서 정규적인 격자에 위치해 있다. 모의실험은 각 3개 cell을 가지는 19개 사이트를 포함하여 시행된다. 사용자는 전 영역에 골고루 균일하게 분포되어 있다.

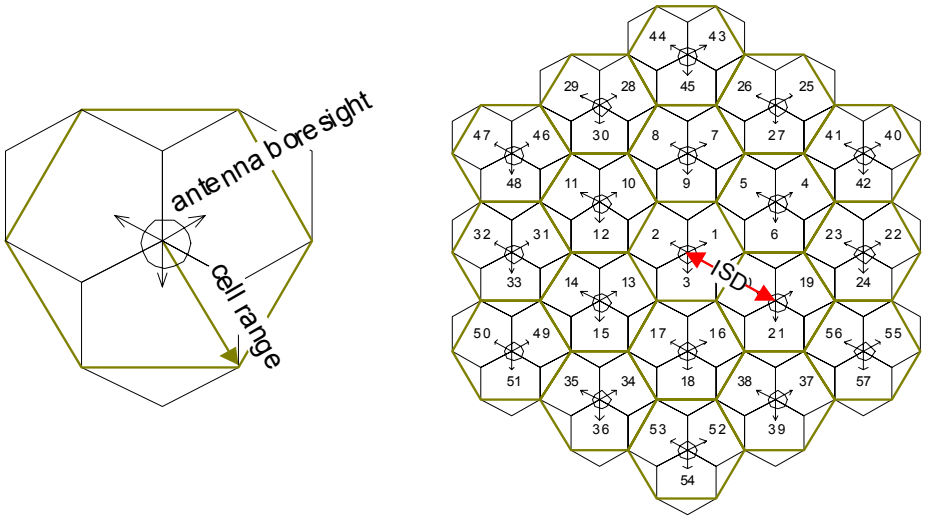


그림 3-4. 중계기가 없는 base coverage urban cell 구성의 도해

모의실험에 사용되는 링크에서 채널 대역폭의 양은 표에서 “모의실험 대역폭”으로 정의된 스펙트럼 대역폭의 합으로 정의되고 통상적인 주파수 재사용 설계일 때(3 cell과 7 cell 주파수 재사용)의 주파수 재사용 인자가 고려된다. Cell 스펙트럼 효율, cell 경계 사용자 스펙트럼 효율 및 VoIP 용량은 각 링크에 사용된 채널 대역폭의 양을 고려하여 계산된다.

건물의 한 층으로 구성된 실내 hotspot 시나리오가 그림 3-5에 제시되어 있다. 층의 높이는 6 m이다. 층은 15 × 15 m의 16개 방과 120 × 120 m의 긴 복도를 포함한다. 2개국이 건물의 왼쪽 측면을 기준으로 각각 복도 중앙의 30 m와 90 m 지점에 위치하여 있다.

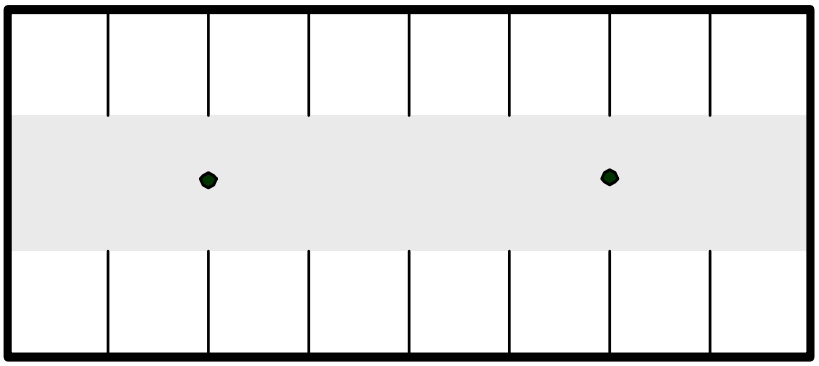


그림 3-5. 실내 hotspot 환경의 도해 (한 층)

(4) 평가 설정

여기에서는 후보 RITs/SRITs의 분석적 및 모의실험 설정에 적용되어야 하는 기본 설정 파라미터를 정의한다.

파라미터(그리고 ITU-R 보고서 M.2135의 부록 1의 전파 채널 모델)는 후보 RITs/SRITs의 일관성 있는 평가 목적 및 이들 모의실험에 사용된 시험 환경을 명시하기 위해서 만 이용된다.

표 3-6에 있는 설정 파라미터는 평가 그룹이 후보 RITs/SRITs의 평가에 있어서 cell 스펙트럼 효율, cell 외각 사용자 스펙트럼 효율, control plane 지연, user plane 지연, 이동성, handover 간섭 시간 및 VoIP 용량의 특성을 평가하는데 적용되어야 한다.

표 3-6. 기본 평가 설정 파라미터

평가 절차에서 도입 시나리오	실내 hotspot	도시 micro-cell	도시 macro-cell	시골 macro-cell	근교 macro-cell
기지국 안테나 높이	천정에 부착된 6 m	옥상 아래 10 m	옥상 위 25 m	옥상 위 35 m	옥상 위 35 m
BS 안테나 소자의 수	최대 8 수신 최대 8 송신	최대 8 수신 최대 8 송신	최대 8 수신 최대 8 송신	최대 8 수신 최대 8 송신	최대 8 수신 최대 8 송신
BS 송신 전력 합	24 dBm(40 MHz) 21 dBm(20 MHz)	41 dBm(10 MHz) 44 dBm(20 MHz)	46 dBm(10 MHz) 49 dBm(20 MHz)	46 dBm(10 MHz) 49 dBm(20 MHz)	46 dBm(10 MHz) 49 dBm(20 MHz)
사용자 단말 전력 범주	21 dBm	24 dBm	24 dBm	24 dBm	24 dBm
사용자 단말 안테나 시스템	최대 2 수신 최대 2 송신	최대 2 수신 최대 2 송신	최대 2 수신 최대 2 송신	최대 2 수신 최대 2 송신	최대 2 수신 최대 2 송신
사용자 단말과 서비스 cell 사이의 최소 거리	≥ 3 m	≥ 10 m	≥ 25 m	≥ 35 m	≥ 35 m
평가를 위한 (IMT 대역의 대표) 반송파 주파수	3.4 GHz	2.5 GHz	2 GHz	800 MHz	2 GHz
실외에서 건물 실내로 투과 손실	–	권고 M.2135 부록 1 표A1-2 참조	–	–	20 dB
실외에서 차량으로 투과 손실	–	–	9 dB (log-normal 분포, σ = 5 dB)	9 dB (log-normal 분포, σ = 5 dB)	9 dB (log-normal 분포, σ = 5 dB)

평가 그룹이 후보 RITs/SRITs의 평가에서 최대 스펙트럼 효율을 평가하기 위한 분석적 평가에서 평가 설정 파라미터가 표 3-7에 제시되어 있다.

표 3-7. 최대 스펙트럼 효율의 분석적 평가에서 평가 설정 파라미터

평가 절차에서 도입 시나리오	실내 hotspot	도시 micro-cell	도시 macro-cell	시골 macro-cell	근교 macro-cell
BS 안테나 소자의 수	최대 8 수신 최대 8 송신	최대 8 수신 최대 8 송신	최대 8 수신 최대 8 송신	최대 8 수신 최대 8 송신	최대 8 수신 최대 8 송신
사용자 단말 안테나 시스템	최대 2 수신 최대 2 송신	최대 2 수신 최대 2 송신	최대 2 수신 최대 2 송신	최대 2 수신 최대 2 송신	최대 2 수신 최대 2 송신

시스템 모의실험과 link 수준 모의실험의 2가지 종류의 모의실험이 있고 모의실험 평가에서 평가 설정 파라미터는 각각 표 3-8, 3-9, 3-10, 3-11에 제시되어 있다.

표 3-8. 시스템 모의실험에 대한 추가 파라미터

평가 절차에서 도입 시나리오	실내 hotspot	도시 micro-cell	도시 macro-cell	시골 macro-cell	근교 macro-cell
구성	실내 한 층	육각형 격자	육각형 격자	육각형 격자	육각형 격자
기지국간 거리	60 m	200 m	500 m	1,732 m	1,299 m
채널 모델	실내 hotspot 모델(InH)	도시 micro 모델 (UMi)	도시 macro 모델 (UMa)	시골 macro 모델 (RMa)	근교 macro 모델 (SMa)
사용자 분포	영역 내 무작위 및 균일하게 분포	영역 내 무작위 및 균일하게 분포. 사용자 50% 실외(보행자) 및 사용자 50% 실내	영역 내 무작위 및 균일하게 분포. 사용자 100% 차량탑승 실외	영역 내 무작위 및 균일하게 분포. 사용자 100% 고속이동 실외	영역 내 무작위 및 균일하게 분포. 사용자 50% 실외(보행자) 및 사용자 50% 실내
사용자 이동성 모델	고정과 무작위 및 균일하게 분포된 방향인 동일 속도의 사용자 단말	고정과 무작위 및 균일하게 분포된 방향인 동일 속도의 사용자 단말	고정과 무작위 및 균일하게 분포된 방향인 동일 속도의 사용자 단말	고정과 무작위 및 균일하게 분포된 방향인 동일 속도의 사용자 단말	고정과 무작위 및 균일하게 분포된 방향인 동일 속도의 사용자 단말
대상 사용자 단말 속도	3 ㎞/h	3 ㎞/h	30 ㎞/h	120 ㎞/h	실내 단말 : 3 ㎞/h, 실외 단말 : 90 ㎞/h
기지국간 간섭 모델링	명시적 모델이어야 함	명시적 모델이어야 함	명시적 모델이어야 함	명시적 모델이어야 함	명시적 모델이어야 함
기지국 noise figure	5 dB	5 dB	5 dB	5 dB	5 dB
사용자 단말 noise figure	7 dB	7 dB	7 dB	7 dB	7 dB
기지국 안테나 이득 (주 방향)	0 dBi	17 dBi	17 dBi	17 dBi	17 dBi
사용자 단말 안테나 이득	0 dBi	0 dBi	0 dBi	0 dBi	0 dBi
열 잡음 수준	−174 dBm/Hz	−174 dBm/Hz	−174 dBm/Hz	−174 dBm/Hz	−174 dBm/Hz

표 3-9. 셀 스펙트럼 효율 및 셀 경계 사용자 스펙트럼 효율 평가에서 추가 파라미터

평가 절차에서 도입 시나리오	실내 hotspot	도시 micro-cell	도시 macro-cell	시골 macro-cell	근교 macro-cell
평가대상 서비스 프로파일	최대 buffer best effort	최대 buffer best effort	최대 buffer best effort	최대 buffer best effort	최대 buffer best effort
모의실험 대역폭	20 + 20 ㎒ (FDD) 또는 40 ㎒ (TDD)	10 + 10 ㎒ (FDD) 또는 20 ㎒ (TDD)	10 + 10 ㎒ (FDD) 또는 20 ㎒ (TDD)	10 + 10 ㎒ (FDD) 또는 20 ㎒ (TDD)	10 + 10 ㎒ (FDD) 또는 20 ㎒ (TDD)
cell 당 사용자 수	10	10	10	10	10

표 3-10. VoIP 용량 평가에 대한 추가 파라미터

평가 절차에서 도입 시나리오	실내 hotspot	도시 micro-cell	도시 macro-cell	시골 macro-cell	근교 macro-cell
평가대상 서비스 프로파일	VoIP	VoIP	VoIP	VoIP	VoIP
모의실험 대역폭	5 + 5 ㎒ (FDD), 10 ㎒ (TDD)	5 + 5 ㎒ (FDD), 10 ㎒ (TDD)	5 + 5 ㎒ (FDD), 10 ㎒ (TDD)	5 + 5 ㎒ (FDD), 10 ㎒ (TDD)	5 + 5 ㎒ (FDD), 10 ㎒ (TDD)
하나의 drop에 대한 모의실험 시간 간격	20 s	20 s	20 s	20 s	20 s

표 3-11. (이동성 요구조건에 대한) link 수준 모의실험에서 추가 파라미터

평가 절차에서 도입 시나리오	실내 hotspot	도시 micro-cell	도시 macro-cell	시골 macro-cell	근교 macro-cell
평가대상 서비스 프로파일	최대 buffer best effort	최대 buffer best effort	최대 buffer best effort	최대 buffer best effort	최대 buffer best effort
채널 모델	실내 hotspot 모델(InH)	도시 micro 모델 (UMi)	도시 macro 모델 (UMa)	시골 macro 모델 (RMa)	근교 macro 모델 (SMa)
모의실험 대역폭	10 ㎒	10 ㎒	10 ㎒	10 ㎒	10 ㎒
모의실험에서 사용자 수	1	1	1	1	1

(5) 안테나 특성

여기선 육각형 격자 구성인 도입 시나리오에서 평가에 적용되어야 할 기지국과 사용자 단말국의 안테나 패턴, 이득, 부엽 레벨, 안테나 배향 등과 같은 안테나 특성을 명시한다.

(가) 기지국 안테나

- 기지국 안테나 패턴

각 기지국 섹터에서 안테나 수평 패턴은 다음과 같이 명시된다.

$$A(\theta) = -\min\left[12\left(\frac{\theta}{\theta_{3\,dB}}\right)^2, A_m\right]$$

여기서 A(Θ)는 Θ 방향, -180° ≤ Θ ≤ 180°에서 상대적 안테나 이득 (dB)이고 min[.]은 최소 함수를 나타내며, Θ_{3dB}는 3 dB 빔폭이고 (여기서 Θ_{3dB}=70° 해당), A_m = 20 dB는 최대 감쇠이다. 아래 그림 3-5는 시스템 수준 모의실험에서 사용되는 3 섹터 cell에서 기지국 안테나 패턴을 보여주고 있다.

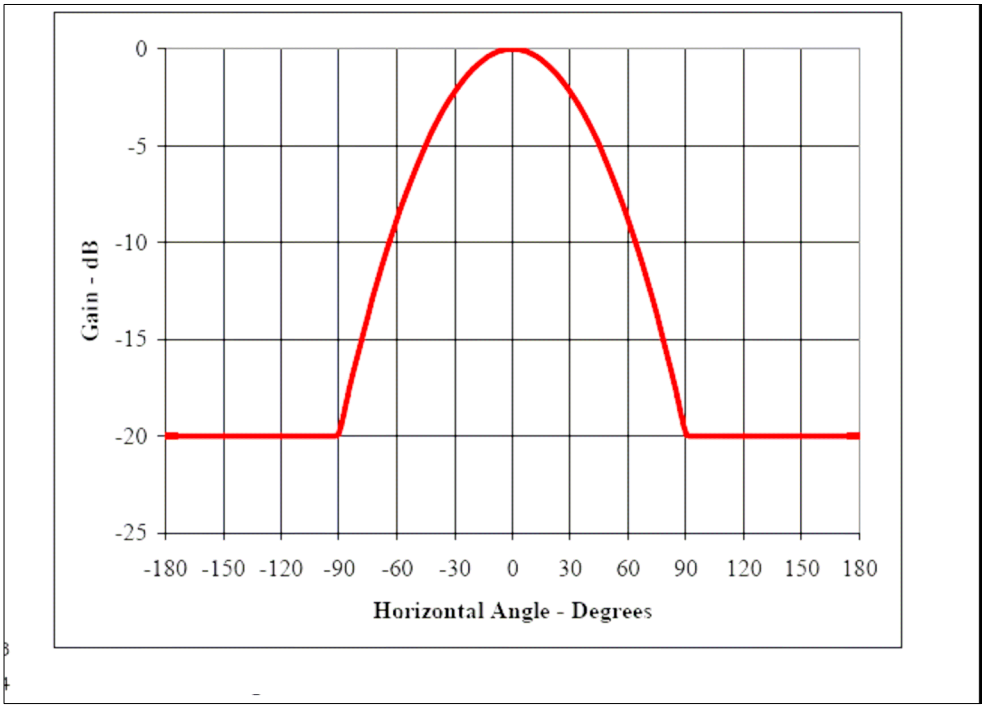


그림 3-6. 3 섹터 cell에서 안테나 패턴

필요하다면 모의실험에서 고각에 대해 유사한 안테나 패턴이 사용될 수 있다. 이 경우 안테나 패턴은 다음과 같이 주어진다.

$$A_e(\phi) = -\min\left[12\left(\frac{\phi-\phi_{\text{tilt}}}{\phi_{3\text{dB}}}\right)^2, A_m\right]$$

여기서 $A_e(\phi)$는 고각 방향, $-90° \leq \phi \leq 90°$에서 상대적 안테나 이득 (dB)이고 ϕ_{3dB} · ϕ_{tilt}는 고각의 3 dB 값이고 (여기서 따로 언급이 없으면 $\phi_{3dB}=15°$로 가정), ϕ_{tilt}는 도입 시나리오 당 제안자에 의해 제공되어야 하는 기울기 각이다.

기본 축에서 벗어난 각에서의 결합 안테나 패턴은 다음과 같이 계산된다.

$$-\min\left[-\left(A(\theta)+A_e(\phi)\right), A_m\right]$$

- 기지국 안테나 배향(orientation)

안테나 방위는 안테나 주엽의 중앙과 정동인 방향의 선 사이의 각도로 주어진다. 방위각은 시계방향으로 증가한다. 아래 그림 3-7은 모의실험에 대해 제안된 안테나 방위 배향이 있는 육각형 cell과 그 세 섹터를 보여준다. 안테나 주엽의 중앙 방향이 육각형의 측면을 향하고 있다.

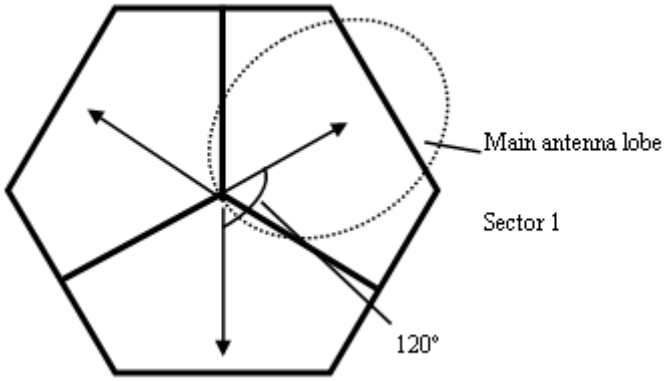


그림 3-7. 안테나 방위 배향의 도해

(나) 단말국 안테나

단말국 안테나는 무지향성 안테나로 가정된다.

바. 채널 모델 접근

채널 모델은 상이한 환경에서 무선 전송에 대한 전파 조건의 현실적인 모델을 고려하는 IMT-Advanced 후보 무선 접속 기술(RITs)의 평가에 필요하다.

채널 모델은 IMT-Advanced 평가의 모든 요구되는 시험 환경과 시나리오를 커버하는 것이 필요하다.

현실적인 시스템 성능은 단일 link 모의실험에 의해 평가될 수 없다. 단일 link의 성능조차 향상된 무선 자원 관리 (RRM : Radio Resource Management) 알고리즘의 영향으로 인해 다른 link에 좌우된다. 시스템 수준 평가를 위한 다중-link 모델이 지형정보에 기반을 둔 통계적인 채널 모델의 모임에서 개발되어져 왔다.

IMT-Advanced 후보 RITs의 평가를 위한 IMT-Advanced 채널 모델은 아래 그림에서 제시된 주 모듈과 확장 모듈로 구성되어 있다. 주 모듈의 구조는 3GPP/3GPP2 SCM 모델과 같은 접근방법을 적용하는 WINNER II 채널 모델에 기반을 둔다. 상이한 평가 시나리오 역시 아래 그림 3-8에 병행하여 제시되어 있다.

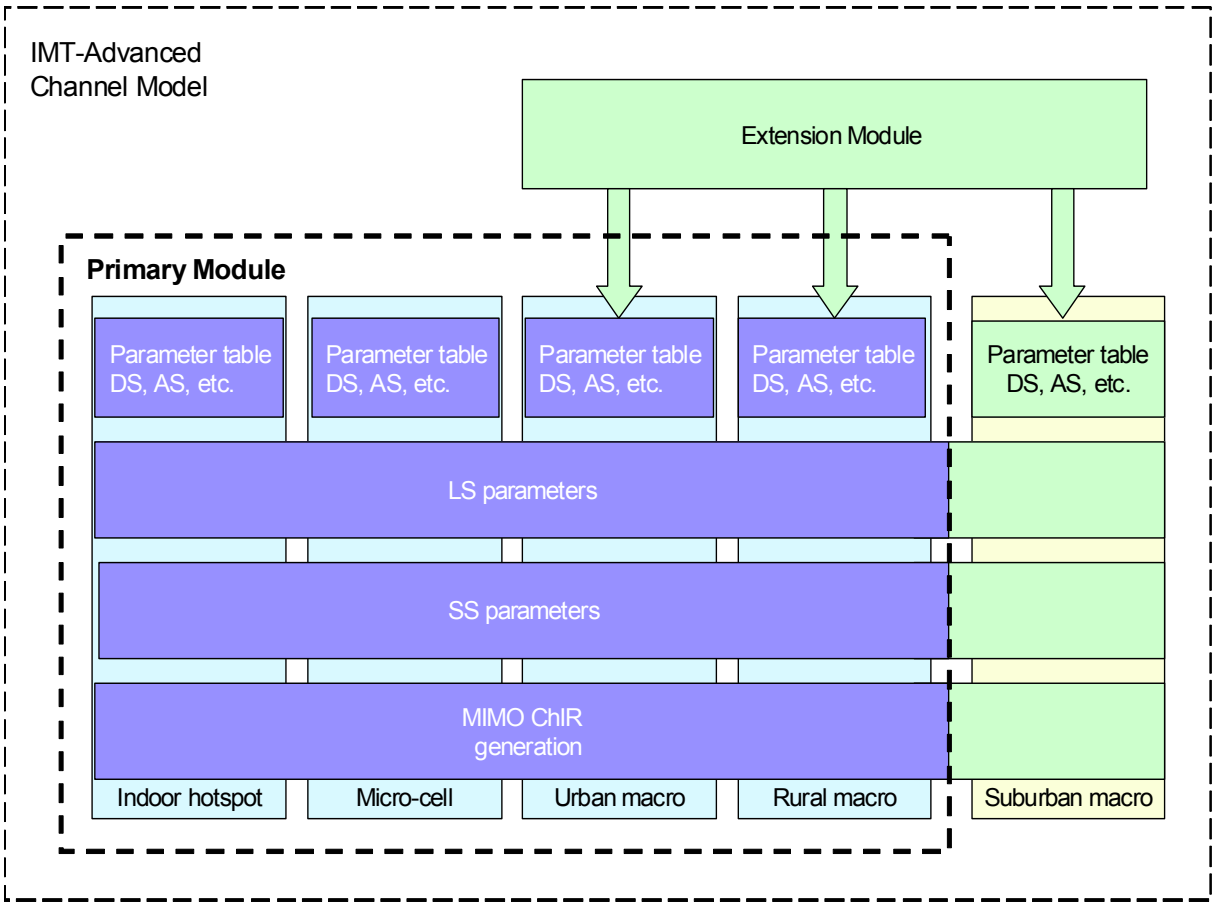


그림 3-8. IMT-Advanced 채널 모델

IMT-Advanced 후보 RITs의 평가를 위해 선택된 시나리오는 실내 hotspot, 도시 micro-cell, 도시 macro-cell 및 시골 macro-cell이다. 주 모듈은 평가를 위한 파라미터 표와 채널 모델 정의를 커버한다. IMT-Advanced 채널 모델은 주 모듈의 4개 시나리오에서 후보 RITs를 평가하기 위한 ITU-R 보고서 M.2135 부록 표 A1-7에서의 파라미터를 포함하고 있다.

실내 hotspot, 도시 micro-cell, 도시 macro-cell 및 시골 macro-cell에 대한 RITs의 평가에서 의무 채널 모델 파라미터는 그림 5와 ITU-R 보고서 M.2135 부록 표 A1-7에 제시되어 있는 주 모듈에 포함되어 있으며, 확장 모듈로부터 생성되지 않는다.

ITU-R IMT-Advanced 채널 모듈은 지형정보에 기반을 둔 통계적 모델이다. 이는 또한 양 방향성 채널 모델로 불릴 수 있다. 이는 산란체의 위치를 명백히 명시하지 않으나 잘 알려진 공간 채널 모델(SCM : Spatial Channel Model)과 같이 광선의 방향은 고려하지 않는다. 무선 채널의 지형정보에 기반을 둔 모델링은 전파 파라미터와 안테나의 분리를 가능하게 한다.

개별 snapshot에 대한 채널 파라미터는 채널 측정으로부터 도출된 통계적 분포에 기반을 두어 통계적으로 결정된다. 안테나 구성과 방사 패턴은 모델의 사용자에 의해 올바르게 정의될 수 있다. 채널 구현은 지연, 전력, AoA(Angle-of-Arrival) 및 AoD(Angle-of-Departure) 같은 명시된 소규모의 파라미터들을 적용한 광선(평면파 : plane wave)의 합산에 의한 지형적 원칙의 적용으로부터 생성되어진다. 치환법은 안테나 소자와 시간적 fading 사이의 상관관계를 도출한다.

수개의 광선은 cluster를 형성한다. cluster는 지연 또는/그리고 각 영역에서 볼 때 공간상에서 확산되는 전파 경로를 가진다고 간주된다. link 양 단에서 안테나 배열과 전파 경로 같은 MIMO 채널의 요소가 아래 그림 3-9에 제시되어 있다. 일반적은 MIMO 채널 모델은 실내, 도시 및 시골 같은 모든 시나리오에 적용 가능하다.

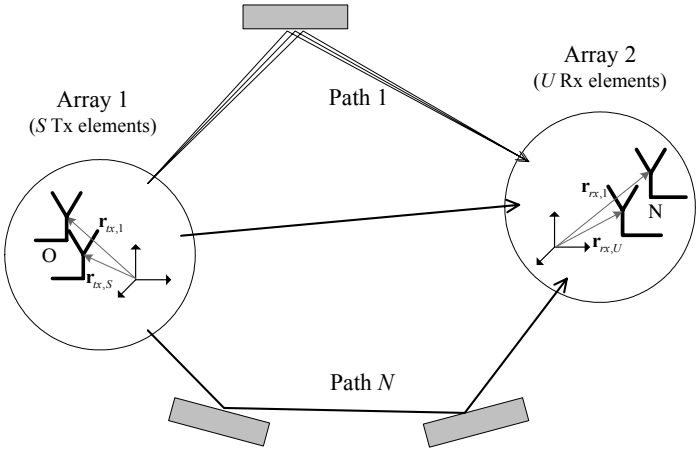


그림 3-9. MIMO 채널

U x *S* MIMO 채널의 시변 impulse response 매트릭스는 다음과 같다.

$$\mathbf{H}(t;\tau)=\sum_{n=1}^{N}\mathbf{H}_n(t;\tau)$$

여기서

t : 시간

τ : 지연

N : 경로의 수

n : 경로 index

송신기(Tx)와 수신기(Rx) 각각에 대한 안테나 배열 response 매트릭스 F_{tx}와 F_{rx} 그리고 cluster n에 대한 이중 편파 전파 채널 response 매트릭스 h_n는 다음과 같이 구성된다.

$$\mathbf{H}_n(t;\tau)=\iint\mathbf{F}_{rx}(\varphi)\mathbf{h}_n(t;\tau,\phi,\varphi)\mathbf{F}_{tx}^{T}(\phi)\,\mathrm{d}\phi\mathrm{d}\varphi$$

Cluster n에 대해 Tx 안테나 소자 s로부터 Rx 소자 u로의 채널은 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned}H_{u,s,n}(t;\tau)=\sum_{m=1}^{M}&\begin{bmatrix}F_{rx,u,V}(\varphi_{n,m})\\F_{rx,u,H}(\varphi_{n,m})\end{bmatrix}^{T}\begin{bmatrix}\alpha_{n,m,VV}&\alpha_{n,m,VH}\\\alpha_{n,m,HV}&\alpha_{n,m,HH}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}F_{tx,s,V}(\phi_{n,m})\\F_{tx,s,H}(\phi_{n,m})\end{bmatrix}\\&\times\exp\left(j2\pi\lambda_0^{-1}(\overline{\varphi}_{n,m}\cdot\overline{r}_{rx,u})\right)\exp\left(j2\pi\lambda_0^{-1}(\overline{\phi}_{n,m}\cdot\overline{r}_{tx,s})\right)\\&\times\exp\left(j2\pi\upsilon_{n,m}t\right)\delta(\tau-\tau_{n,m})\end{aligned}$$

여기서

$F_{rx,u,V}$와 $F_{rx,u,H}$: 안테나 소자의 수직과 수평 편파 u 필드 패턴

$a_{n,m,VV}$와 $a_{n,m,VH}$: 광선 n, m 각각의 수평에서 수평 및 수직에서 수평 편파의 복소수 이득

λ_0 : 반송파 주파수의 파장

$\overline{\phi}_{n,m}$: AoD 단위 벡터

$\overline{\psi}_{n,m}$: AoA 단위 벡터

$\overline{r}_{tx,s}$와 $\overline{r}_{rx,u}$: 소자 s와 u 각각의 위치 벡터

$v_{n,m}$: 광선 n, m의 도플러 주파수 성분

무선 채널이 다이내믹하게 모델화된다면, 위에 언급된 모든 소규모의 파라미터들은 시변이므로 시간 t의 함수이다.

주 모듈은 일반적 모델로 불리는 수학적 구조, 파라미터의 집합 및 경로 손실 모델을 커버한다. 군집된 지연선(CDL : Clustered Delay Line) 모델로 불리는 고정 파라미터가 있어 변동성이 축소된 모델 역시 정의되어 있다. CDL 모델은 link 수준이나 시스템 수준에서 후보 RITs의 평가에 사용될 수 없으나 교정의 목적으로는 사용될 수 있다.

(1) 일반적 채널 모델 (의무적)

일반적 채널 모델은 양방향 지형정보를 기반으로 한 확률적 모델이다. SCM 모델에서 도입된 그런 의미에선 시스템 수준 모델이다. 상이한 파라미터 집합에 의해 하나의 수학적 구조에서도 모든 정의된 시나리오 및 임의의 안테나 설정에 대한 단일 또는 다중 무선 link를 구현에서 전파 환경 구현의 수는 무한이라고 할 수 있다. 일반적 채널 모델은 둘 혹은 셋 수준의 무작위성을 가진 통계적 모델이다. 첫 째 shadow fading, 지연 및 angular spread 같은 큰 규모(LS : Large-Scale) 파라미터는 표로 만들어진 분포 함수로부터 무작위로 그려진다. 다음은 지연, 전력 및 DoA같은 작은 규모(SS : Small-Scale) 파라미터는 표로 만들어진 분포 함수와 무작위한 LS 파라미터에 따라 모작위로 그려진다. 이 단계에서 지형적인 설정은 고정되고 산란체의 무작위 초기 위상이 유일한 자유 변수이다. 상이한 초기 위상을 (무작위로) 선택함에 따라 무한한 상이한 모델의 구현이 생성될 수 있다. 초기 위상도 고정되면 더 이상 무작위성은 남지 않는다.

아래 그림 3-10은 채널 모델 생성에 대한 개요를 보여준다. 첫 단계는 2단으로 구성된다. 첫째 전파 시나리오가 선택된다. 다음 망 구성과 안테나 설정이 결정된다. 다음 단계에서 큰 규모와 작은 규모의 파라미터들이 정해진다.

3단계에서 channel impulse responses(ChIRs)가 계산된다.

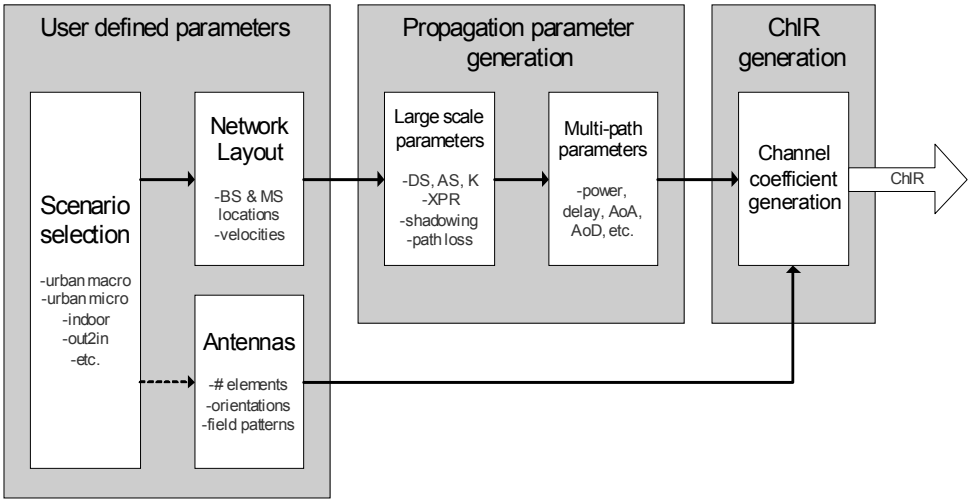


그림 3-10. 채널 모델 생성 절차

일반적 모델은 drop 개념에 기반을 두고 있다. 일반적 모델을 사용할 때, 시스템 작동의 모의실험은 “drop”의 연속으로서 수행되어진다. 여기서 “drop”은 어떤 시간 구간에서 한 번의 모의실험으로 정의된다. Drop (또는 snapshot 또는 채널 조각)은 광선의 위상을 바꿈으로서 야기되는 fast fading을 제외하곤 일정하게 유지되는 채널의 무작위적 특성이 있는 모의실험 실체이다. 하나의 drop 동안 일정한 특성은 예를 들면 전력, 지연 및 광선의 방향 등이다. 모의실험에서 drop의 수와 길이는 평가 요구조건과 도입 시나리오에 따라 적합하게 선택되어야 한다. 일반적 모델은 통계적으로 대표적인 결과를 얻기 위해 사용자가 몇 번의 drop을 모의실험할 수 있도록 한다. 연속적인 drop은 독립적이다.

(2) CDL 모델 (교정을 위함)

일반적 모델은 많은 상이한 모의실험에 적용하고 큰 규모와 작은 규모 파라미터의 수개의 조합에 의해 많은 수의 시나리오를 커버하기 위함이다. 일반적 모델은 가장 적합한 모델이고 후보 RITs의 모든 평가에 사용된다. 하지만 교정의 목적으로서 CDL 모델도 사용될 수 있다.

CDL 모델은 tapped delay line (TDL) 모델의 공간적 확장이다. TDL 모델은 보통 전력, 지연 및 도플러 스펙트럼 정보를 탭에 포함한다. CDL 모델은 전력, 지연 및 각 정보를 정의한다. 배열 특성 및 단말 이동과 조합

하여 전력과 각 정보가 정의되기 때문에 도플러는 명백하게 정의되지 않는다.

아래와 같은 다른 대안이 고려될 수 있기는 해도 CDL 접근방식은 광선의 위상을 제외하고 모든 파라미터를 고정한다.

- 광선의 주 방향을 변화시킬 수 있음
- 기준 안테나 지형정보의 집합과 안테나 패턴을 제안할 수 있음
- 상호상관-행렬 기반 모델과의 관련성이 도입될 수 있음

제 4 절 성능조건, 평가기준 및 제출 양식

IMT-Advanced는 사용자, 제조업체, 응용 분야 개발자, 네트웍 사업자 그리고 서비스 및 콘텐츠 제공자를 포함한 다양한 견지에서 고려될 수 있다. 따라서 IMT-Advanced 기술은 다양한 구현 시나리오, 다른 서비스 성능, 기술적 선택 사항 등에 적용될 수 있다. 따라서 모든 상황을 포함하는 다양성을 모두 고려하는 것은 불가능하다. 그렇지만 ITU-R의 작업은 ITU-R 결의 57(IMT-Advanced 개발 과정의 원칙)에 정의된 원칙에 따라 IMT-Advanced 구현 시나리오들을 대표하는 개념을 결정해야 한다.

여기 기술된 조건들은 여러 제안된 기술들이 IMT-Advanced의 목적과, IMT-Advanced 로서 ITU-R에서 채택될 수 있기 위해 성취해야 하는 특정 수준의 성능을 만족한다는 것을 확인하기 위한 것이다. 이 조건들은 후보기술들이 가져야 할 성능이나 능력의 모든 범위를 제한하거나, IMT-Advanced 기술이 ITU-R의 권고와 보고서에 나타나 있는 것과는 다른 운용 조건하에서 어떻게 구현되어야 하는가를 기술하는 것이 아니다.

IMT-Advanced 무선 인터페이스 후보기술들이 충족해야 하는 최소 기술 조건은 ITU-R 보고서 M.2134로, 평가 지침은 ITU-R 보고서 M.2135로 정리되었고, 그 외 제안과 권고 및 보고서의 개발에 필요한 사항들과 평가 기준, 후보기술 제안 양식 등은 ITU-R 보고서 M.2134로 정리되었다. 이 절에서는 ITU-R 보고서 M.2134에 기술되어 있는 다음의 내용을 정리하였다.

- o IMT-Advanced 후보기술을 위한 서비스, 스펙트럼 및 기술 성능 조건
- o 후보기술 평가 기준과 절차를 포함한 평가 지침
- o 후보기술 제안 양식

가. 서비스

IMT가 지원해야 할 서비스와 응용 분야에서의 고차원적인 필요조건들에 대해서는 ITU-R 권고 M.1822 - IMT가 지원하는 서비스의 Framework -에 잘 기술되어 있다. 여기에는 IMT의 서비스 파라미터와 서비스 분류, IMT가 지원해야 하는 서비스 예가 포함되어 있다.

구체적인 서비스 set는 필요하지 않지만, 이동통신 사용자에서 IMT가 제공하는 다양한 범위의 통신 서비스는 ITU-R 권고 M.1822의 서비스 분류와 ITU-R 보고서 M.2135의 7.4.4에 기술된 '다양한 서비스 지원' 조항을 만족해야 한다.

나. 스펙트럼

WARC-92, WRC-2000 그리고 WRC-2007에서 다음과 같은 IMT 및 IMT-2000 주파수가 지정되었다.

주파수 대역	관련 RR 조항	지정시기
450 - 470 MHz	No. 5.286AA	WRC-2007
698 - 806 MHz 806 - 960 MHz	No. 5,317A	WRC~2007 WRC-2000
1710 - 1885 MHz 1885 - 2025 MHz	No. 5.384A	WARC-92 WRC-2000
2100 - 2200 MHz	No. 5.388	WARC-92
2300 - 2400 MHz	No. 5.384A	WRC-2007
2500 - 2690 MHz	No. 5.384A	WRC-2000
3400 - 3600 MHz	No. 5.430, 5.432A, 5.432B, 5.433A	WRC-2007

WARC-92와 WRC-2000에서 IMT 용으로 지정된 주파수에 대한 채널 배치 계획은 이미 ITU-R 권고 M.1036에 기술되어 있고, WRC-2007에서 지정된 주파수 대역에 대해서는 현재 ITU-R에서 진행되고 있다.

주관청들은 상기의 주파수 대역 중 가능한 스펙트럼을 사용하여 IMT를 구현하기 위해 노력할 것이다.

다. 기술 성능

ITU-R 보고서 M.2134에 IMT-Advanced 무선 인터페이스 후보기술을 위한 기술 성능과 관련된 조건들과 각각의 조건들마다 그 조건이 필요한 이유, 그리고 각 항목과 결정된 값의 정당성이 기술되어 있다.

라. IMT-Advanced 평가

(1) 가이드라인, 평가기준과 방법

ITU-R 보고서 M.2135는 테스트 환경 수와 구현 시나리오 수에 대해 후보기술들의 평가하는데 사용하는 절차와 기준(기술, 스펙트럼, 서비스)을 제공한다. 평가 절차는 후보기술의 모든 성능이 공평하고 모순없이 기술적인 근거에 의해 평가되도록 설계되어 있다.

(2) 만족해야 하는 테스트 환경 수

ITU-R 보고서 M.2135에서 규정하고 있는 4개 테스트 환경 중 3개 환경에서 결의 ITU-R 57의 결의조항 6 e)와 f)의 요구조건을 만족하는 기술들은 ITU-R의 결과물 형태로 표준으로서 될 것이다.

마. IMT-Advanced 제출 지침과 세부 양식

(1) 제출의 완성도

IMT-Advanced 표준화 절차의 Step 3에서의 후보기술 제출은 다음의 세 부분으로 구성된다.

(가) 각 후보 기술들은 주어진 양식에 완성하여, 제안자들이 평가에 적절하다고 생각하는 추가적인 자료와 함께 제출되어야 한다. 각 제안은 현재 적용되는 IMT-Advanced 최소 기술 조건과 평기 기준의 버전을 표시하고 관련 조건들의 참조를 표시하여야 한다. 특히 후보기술군(SRIT)은 합쳐진 SRIT와 각각의 후보 RIT의 대한 자료를 양식에 맞추어 제공하여야 한다.

(나) ITU-R에 후보 RIT 또는 SRIT를 제안하는 주체는 자체평가 또는 다른 평가 조직이 수행한 초기 평가에 대한 제안자의 확인을 해당 양식에 맞추어 함께 제출해야 하고, 이를 갖추지 않은 제안은 완성된 것으로 고려하지 않는다. 자체평가 또는 다른 평가 조직이 수행한 초기 평가에 대한

제안자의 확인은 해당 양식에 따라 IMT-Advanced 표준화 절차 Step 4의 평가 과정에 대해 설정된 같은 지침과 기준을 사용하여 수행된 평가이여야 한다. 특히 후보 SRIT에 대해서는 합쳐진 SRIT와 각각의 후보 RIT의 대한 자체 평가 자료와 요청된 초기 평가 자료가 제공되어야 한다.

(다) 제안자와 IPR 보유자는 ITU-T/ITU-R/ISO/IEC 공통 특허정책으로서, ITU-R 결의 1의 Annex 1에 기술된 ITU의 IPR 정책을 준수함을 표시하여야 한다.

(2) 제출 안내 및 양식

(가) 제출 안내

제안은 후보 기술들(RITs 또는 SRITs)에 대해 요구되는 필수 자료와 자발적으로 보충한 추가 자료를 양식에 맞추어 전자적으로 또는 ITU-R의 다른 방법으로 제출되어야 한다.

(나) 제출 양식

후보 기술 제출 양식은 RIT/SRIT 설명 양식(description template)과 적합성 평가 양식(compliance template) 두 가지로 나뉜다. 각 세트는

- 정보에 대한 공통의 근거를 제공하기 위한 RIT/SRIT 설명양식과 적합성 평가설명 양식에 맞추어 작성되어야 한다.
- 또 자발적으로 추가한 정보 자료를 포함할 수 있다. 이는 제안자가 제안에 대한 이해를 돕는데 적절하다고 생각하는 추가자료로서, 제안자가 원하는 형태가 될 수 있다.

(다) RIT/SRIT 설명 양식(description template)

설명양식은 후보기술들의 특성을 설명하기 위한 양식으로, 각 테스트 환경에서의 정보가 따로따로 제공되고, 테스트 환경에 영향을 받는 기술적인 파라미터에 대한 여러 가지 답변이 포함된 하나의 제출물이다.

이 양식에 포함된 항목들은 IMT-Advanced의 최소 요구조건을 의미하지 않고, 평가에 도움이 되는 추가 정보가 포함될 수 있다. 또 제안에 적절하지 않은 항목에 대해서는 N/A(Not applicable)로 표시되어야 한다.

Item	Item to be described
4.2.3.2.1	**Test environment(s)**
4.2.3.2.1.1	What test environments (described in Report ITU-R M.2135) does this technology description template address?
4.2.3.2.2	**Radio interface functional aspects**
4.2.3.2.2.1	*Multiple access schemes* Which access scheme(s) does the proposal use: TDMA, FDMA, CDMA, OFDMA, IDMA, SDMA, hybrid, or another? Describe in detail the multiple access schemes employed with their main parameters.
4.2.3.2.2.2	*Modulation scheme*
4.2.3.2.2.2.1	What is the baseband modulation scheme? If both data modulation and spreading modulation are required, describe in detail. Describe the modulation scheme employed for data and control information. What is the symbol rate after modulation?
4.2.3.2.2.2.2	*PAPR* What is the RF peak to average power ratio after baseband filtering (dB)? Describe the PAPR (peak-to-average power ratio) reduction algorithms if they are used in the proposed RIT.
4.2.3.2.2.3	*Error control coding scheme and interleaving*
4.2.3.2.2.3.1	Provide details of error control coding scheme for both downlink and uplink? For example, - FEC or other schemes? - Unequal error protection? Explain the decoding mechanism employed.
4.2.3.2.2.3.2	Describe the bit interleaving scheme for both uplink and downlink.
4.2.3.2.3	**Describe channel tracking capabilities (e.g.channel tracking algorithm, pilot symbol configuration, etc.) to accommodate rapidly changing delay spread profile.**
4.2.3.2.4	**Physical channel structure and multiplexing**
4.2.3.2.4.1	What is the physical channel bit rate (Mbit/s) for supported bandwidths? i.e., the product of the modulation symbol rate (in symbols per second), bits per modulation symbol, and the number of streams supported by the antenna system.
4.2.3.2.4.2	*Layer 1 and Layer 2 overhead estimation.* Describe how the RIT accounts for all layer 1 (PHY) and layer 2 (MAC) overhead and provide an accurate estimate that includes static and dynamic overheads.
4.2.3.2.4.3	*Variable bit rate capabilities:* Describe how the proposal supports different applications and services with various bit rate requirements.
4.2.3.2.4.4	*Variable payload capabilities:* Describe how the RIT supports IP-based application layer protocols/services (e.g., VoIP, video-streaming, interactive gaming, etc.) with variable-size payloads.
4.2.3.2.4.5	*Signalling transmission scheme:* Describe how transmission schemes are different for signalling/control from that of user data.
4.2.3.2.5	**Mobility management (Handover)**
4.2.3.2.5.1	Describe the handover mechanisms and procedures which are associated with o Inter-System handover o Intra-System handover

	- Intra-frequency and Inter-frequency - Within the RIT or between RITs within one SRIT (if applicable) Characterize the type of handover strategy or strategies (for example, MS or BS assisted handover, type of handover measurements).
4.2.3.2.5.2	What are the handover interruption times for: - Within the RIT (intra- and inter-frequency) - Between various RITs within a SRIT - Between the RIT and another IMT system.
4.2.3.2.6	**Radio resource management**
4.2.3.2.6.1	Describe the radio resource management, support of, - centralised and/or distributed RRM - dynamic and flexible radio resource management - efficient load balancing.
4.2.3.2.6.2	*Inter-RIT interworking* Describe the functional blocks and mechanisms for interworking (such as a network architecture model) between heterogeneous RITs within a SRIT, if supported.
4.2.3.2.6.3	*Connection/session management* The mechanisms for connection/session management over the air-interface should be described. For example: - the support of multiple protocol states with fast and dynamic transitions. - The signalling schemes for allocating and releasing resources.
4.2.3.2.7	**Frame structure**
4.2.3.2.7.1	Describe the frame structure for downlink and uplink by providing sufficient information such as: - frame length, - the number of time slots per frame, - the number and position of switch points per frame for TDD - guard time or the number of guard bits, - user payload information per time slot, - control channel structure and multiplexing, - power control bit rate.
4.2.3.2.8	**Spectrum capabilities and duplex technologies** NOTE 1 Parameters for both downlink and uplink should be described separately, if necessary.
4.2.3.2.8.1	*Spectrum sharing and flexible spectrum use* Does the RIT/SRIT support flexible spectrum use and/or spectrum sharing for the bands for IMT? Provide details.
4.2.3.2.8.2	*Channel bandwidth scalability* Describe how the proposal supports channel bandwidth scalability, including the supported bandwidths. Describe whether the proposed RIT supports extensions for scalable bandwidths wider than 40 MHz. Consider, for example: - The scalability of operating bandwidths. - The scalability using single and/or multiple RF carriers. Describe multiple contiguous (or non-contiguous) band aggregation capabilities, if any. Consider for example the aggregation of multiple channels to support higher user bit rates.
4.2.3.2.8.3	What are the frequency bands supported by the RIT? Please list.

4.2.3.2.8.4	What is the minimum amount of spectrum required to deploy a contiguous network, including guardbands (MHz)?
4.2.3.2.8.5	What are the minimum and maximum transmission bandwidth (MHz) measured at the 3 dB down points?
4.2.3.2.8.6	What duplexing scheme(s) is (are) described in this template? (e.g. TDD, FDD or half-duplex FDD). Describe details such as: - What is the minimum (up/down) frequency separation in case of full- and half-duplex FDD? - What is therequirement of transmit/receive isolation in case of full- an half-duplex FDD? Does the RIT require a duplexer in either the mobile stationor BS? - What isthe minimum (up/down) time separation in case of TDD? - Whether the DL/UL Ratio variable for TDD? What is the DL/UL ratio supported? If the DL/UL ratio for TDD is variable, what would be the coexistence criteria for adjacent cells?
4.2.3.2.9	**Support of advanced antenna capabilities**
4.2.3.2.9.1	Fully describe the multi-antenna systems supported in the MS, BS, or both that can be used and/or must be used; characterize their impacts on systems performance; e.g., does the RIT have the capability for the use of: - spatial multiplexing techniques, - space-time coding (STC) techniques, - beam-forming techniques (e.g., adaptive or switched).
4.2.3.2.9.2	How many antennas are supported by the BS and MS for transmission and reception? Specify if correlated or uncorrelated antennas in copolar or cross-polar configurations are used. What is the antenna spacing (in wavelengths)?
4.2.3.2.9.3	Provide details on the antenna configuration that is used in the self-evaluation.
4.2.3.2.9.4	If spatial multiplexing (MIMO) is supported, does the proposal support (provide details if supported) - Single codeword (SCW) and/or multi-codeword (MCW) - Open and/or closed loop MIMO - Cooperative MIMO - Single-user MIMO and/or multi-user MIMO.
4.2.3.2.9.5	*Other antenna technologies* Does the RIT/SRIT support other antenna technologies, for example: - remote antennas, - distributed antennas. If so, please describe.
4.2.3.2.9.6	Provide the antenna tilt angle used in the self-evaluation.
4.2.3.2.10	**Link adaptation and power control**
4.2.3.2.10.1	Describe link adaptation techniques employed by RIT/SRIT, including: - the supported modulation and coding schemes, - the supporting channel quality measurements, the reporting of these measurements, their frequency and granularity. Provide details of any adaptive modulation and coding schemes, including: - Hybrid ARQ or other retransmission mechanisms? - Algorithms for adaptive modulation and coding, which are used in the

	self-evaluation. - Other schemes?
4.2.3.2.10.2	Provide details of any power control scheme included in the proposal, for example: - Power control step size (dB) - Power control cycles per second - Power control dynamic range (dB) - Minimum transmit power level with power control - Associated signalling and control messages.
4.2.3.2.11	**Power classes**
4.2.3.2.11.1	*Mobile station emitted power*
4.2.3.2.11.1.1	What is the radiated antenna power measured at the antenna (dBm)?
4.2.3.2.11.1.2	What is the maximum peak power transmitted while in active or busy state?
4.2.3.2.11.1.3	What is the time averaged power transmitted while in active or busy state? Provide a detailedexplanation used to calculate this time average power.
4.2.3.2.11.2	Base station emitted power
4.2.3.2.11.2.1	What is the base station transmit power per RF carrier?
4.2.3.2.11.2.2	What is the maximum peak transmitted power per RF carrier radiated from antenna?
4.2.3.2.11.2.3	What is the average transmitted power per RF carrier radiated from antenna?
4.2.3.2.12	**Scheduler, QoS support and management, data services**
4.2.3.2.12.1	QoS support - What QoS classes are supported? - How QoS classes associated with each service flow can be negotiated. - QoS attributes, for example: · data rate (ranging from the lowest supported data rate to maximum data rate supported by the MAC/PHY); · control plane and user plane latency (delivery delay); · packet error rate (after all corrections provided by the MAC/PHY layers), and delay variation (jitter). - Is QoS supported when handing off between radio access networks? Please describe. - How users may utilize several applications with differing QoS requirements at the same time.
4.2.3.2.12.2	Scheduling mechanisms - Exemplify scheduling algorithm(s) that may be used for full buffer and VoIP traffic in the technology proposal for evaluation purposes. Describe any measurements and/or reporting required for scheduling.
4.2.3.2.13	**Radio interface architecture and protocol stack**
4.2.3.2.13.1	Describe details of the radio interface architecture and protocol stack such as, - Logical channels - Control channels - Traffic channels Transport channels and/or physical channels.
4.2.3.2.13.2	What is the bit rate required for transmitting feedback information?
4.2.3.2.13.3	*Channel access:* Describe in details how RIT/SRIT accomplishes initial channel access, (e.g. contention or non-contention based).
4.2.3.2.14	**Cell selection**

4.2.3.2.14.1	Describe in detail how the RIT/SRIT accomplishes cell selection to determine the serving cell for the users.
4.2.3.2.15	**Location determination mechanisms**
4.2.3.2.15.1	Describe any location determination mechanisms that may be used, e.g., to support location based services.
4.2.3.2.16	**Priority access mechanisms**
4.2.3.2.16.1	Describe techniques employed to support prioritization of access to radio or network resources for specific services or specific users (e.g., to allow access by emergency services).
4.2.3.2.17	**Unicast, multicast and broadcast**
4.2.3.2.17.1	Describe how the RIT enables: - broadcast capabilities, - multicast capabilities, - unicast capabilities, - using both dedicated carriers and/or shared carriers. Please describe how all three capabilities can exist simultaneously.
4.2.3.2.17.2	Describe whether the proposal is capable of providing multiple user services simultaneously to any user with appropriate channel capacity assignments?
4.2.3.2.17.3	Provide details of the codec used for VoIP capacity in the self evaluation. Does the RIT support multiple voice and/or video codecs? Provide details.
4.2.3.2.17.4	If a codec is used that differs from the one specified in Annex 2 of Report ITUR M.2135, specify the voice quality (e.g., PSQM, PESQ, CCR, E-Model, MOS) for the corresponding VoIP capacity in the self-evaluation.
4.2.3.2.18	**Privacy, authorization, encryption, authentication and legal intercept schemes**
4.2.3.2.18.1	Any privacy, authorization, encryption, authentication andlegal intercept schemes that are enabled in the radio interface technology should be described. Describe whether any synchronisation is needed for privacy and encryptions mechanisms used in the RIT. Describe how the RIT may be protected against attacks, for example: - man in the middle, - replay, - denial of service.
4.2.3.2.19	**Frequency planning**
4.2.3.2.19.1	How does the RIT support adding new cells or new RF carriers? Provide details.
4.2.3.2.20	**Interference mitigation within radio interface**
4.2.3.2.20.1	Does the proposal support Interference mitigation? If so, describe the corresponding mechanism.
4.2.3.2.20.2	What is the signalling, if any, which can be used for intercell interference mitigation?
4.2.3.2.20.3	*Link level interference mitigation* Describe the feature or features used to mitigate intersymbol interference.
4.2.3.2.20.4	Describe the approach taken to cope with multipath propagation effects (e.g.equalizer, rake receiver, cyclic prefix, etc.).
4.2.3.2.20.5	*Diversity techniques* Describe the diversity techniques supported in the MS and at the BS, including micro diversity and macro diversity, characterizing the type of diversity used, for example: - Time diversity : repetition, Rake-receiver, etc. - Space diversity : multiple sectors, , etc.

	- Frequency diversity : frequency hopping (FH), wideband transmission, etc. - Code diversity : multiple PN codes, multiple FH code, etc. - Multi-user diversity : proportional fairness (PF), etc. - Other schemes. Characterize the diversity combining algorithm for example, switched diversity, maximal ratio combining, equal gain combining. Provide information on the receiver/transmitter RF configurations, for example: · number of RF receivers · number of RF transmitters.
4.2.3.2.21	**Synchronization requirements**
4.2.3.2.21.1	*Describe RIT's timing requirements, e.g.* - Is BS-to-BS synchronization required? Provide precise information, the type of synchronization, i.e., synchronization of carrier frequency, bit clock, spreading code or frame, and their accuracy. - Is BS-to-network synchronization required? State short-term frequency and timing accuracy of BS transmit signal.
4.2.3.2.21.2	Describe the synchronization mechanisms used in the proposal, including synchronization between a user terminal and a site.
4.2.3.2.22	**Link budget template** Proponents should complete the link budget template in § 4.2.3.3 to this description template for the environments supported in the RIT.
4.2.3.2.23	**Other items**
4.2.3.2.23.1	*Coverage extension schemes* Describe the capability to support/ coverage extension schemes, such as relays or repeaters.
4.2.3.2.23.2	*Self-organisation* Describe any self-organizing aspects that are enabled by the RIT/SRIT.
4.2.3.2.23.3	Describe the frequency reuse schemes (including reuse factor andpattern) for the assessment of cell spectrum efficiency, cell edge user spectral efficiency and VoIP capacity.
4.2.3.2.23.4	Is the RIT an evolution of an existing IMT-2000 technology? Provide details.
4.2.3.2.23.5	Does the proposal satisfy a specific spectrum mask? Provide details. (This information is not intended to be used for sharing studies.)
4.2.3.2.23.6	Describe any MS power saving mechanisms used in the RIT.
4.2.3.2.23.7	Simulation process issues Describe the methodology used in the analytical approach. Proponent should provide information on the width of confidence intervals of user and system performance metrics of corresponding mean values, and evaluation groups are encouraged to provide this information as requested in §7.1 of Report ITU-R M.2135.
4.2.3.2.24	**Other information** Please provide any additional information that the proponent believes may be useful to the evaluation process.

(라) 설명 양식 - link budget 양식

후보기술 제안자들은 해당 테스트 환경 각각에 대해 다음의 양식에 따른 link budget 정보를 제공하여야 한다. 다음의 link budget 양식은 ITU-R 보고서 M.2135 §8에 정의된 5개 배치 시나리오에 대한 표이다.

하나의 구현 시나리오에 대해 많은 파라미터 값들이 표에 주어질 수도 있고, ITU-R 보고서 M.2135 §8 규정에 제약을 줄 수도 있다. 지침이 없는 파라미터 입력값은 제안자가 제공해야 한다.

Link budget template for indoor test environment(indoor hotspot deployment scenario)

항 목	Downlink	Uplink
System configuration		
Carrier frequency(GHz)	3.4	3.4
BS antenna heights(m)	6	6
UT antenna heights(m)		
Cell area reliability(%)(Please specify how it is calculated)		
Transmission bit rate for control channel (bit/s)		
Transmission bit rate for data channel (bit/s)		
Target packet error rate for the required SNR in item (19a) for control channel		
Target packet error rate for the required SNR in item (19b) for control channel		
Spectral efficiency(2) (bit/s/Hz)		
Pathloss model(3) (select from LoS or NLoS)		
Mobile speed (km/h)	3	3
Feeder loss(dB)	0	0
Transmitter		
(1) Number of transmit antennas(The number shall be within the indicated range in Table 6 Report ITU-R M.2135)		
(2) Maximal transmit power per antenna (dBm)		
(3) Total transmit power = function of (1) and (2)(dBm) (The value shall not exceed the indicated value in Table 6 of Report ITU-R M.2135)		
(4) Transmitter antenna gain (dBi)	0	0
(5) Transmitter array gain(depends on transmitter array configurations and technologies such as adaptive beam forming, CDD (cyclic delay diversity), etc.) (dB)		
(6) Control channel power boosting gain (dB)		
(7) Data channel power loss due to pilot/control boosting (dB)		
(8) Cable, connector, combiner, body losses, etc. (enumerate sources)(dB) (feeder loss must be included for and only for downlink)		
(9a) Control channel EIRP = (3) + (4) + (5) + (6) - (8) dBm		
(9b) Data channel EIRP = (3) + (4) + (5) - (7) - (8) dBm		
Receiver		
(10) Number of receiver antennas (The number shall be within the indicated range in Table 6 of Report ITU-R M.2135		
(11) Receiver antenna gain (dBi)	0	0
(12) Cable, connector, combiner, body losses, etc. (enumerate sources) (dB) (feeder loss must be included for and only for uplink)		
(13) Receiver noise figure(dB)	7	5
(14) Thermal noise density (dBm/Hz)	-174	-174
(15) Receiver interference density (dBm/Hz)		
(16) Total noise plus interference density		

= 10 log (10^(((13) + (14))/10) + 10^((15)/10)) dBm/Hz		
(17) Occupied channel bandwidth (for meeting the requirements of the traffic type) (Hz)		
(18) Effective noise power = (16) + 10 log((17)) dBm		
(19a) Required SNR for the control channel (dB)		
(19b) Required SNR for the data channel (dB)		
(20) Receiver implementation margin (dB)		
(21a) H-ARQ gain for control channel (dB)		
(21b) H-ARQ gain for data channel (dB)		
(22a) Receiver sensitivity for control channel = (18) + (19a) + (20) - (21a) dBm		
(22b) Receiver sensitivity for data channel = (18) + (19b) + (20) - (21b) dBm		
(23a) Hardware link budget for control channel = (9a) + (11) - (22a) dB		
(23b) Hardware link budget for data channel = (9b) + (11) - (22b) dB		
Calculation of available pathloss		
(24) Lognormal shadow fading std deviation (dB)		
(25) Shadow fading margin (function of the cell area reliability and (24)) (dB)		
(26) BS selection/macro-diversity gain(dB)		
(27) Penetration margin (dB)		
(28) Other gains (dB) (if any please specify)		
(29a) Available path loss for control channel = (23a) - (25) + (26) (27) + (28) - (12) dB		
(29b) Available path loss for data channel = (25) + (26) (27) + (28) - (12) dB		
Range/coverage efficiency calculation		
(30a) Maximum range for control channel (based on (29a) and according to the system configuration section of the link budget) (m)		
(30b) Maximum range for data channel (based on (29b) and according to the system configuration section of the link budget) rdnjf		
(31a) Coverage Area for control channel = (π (30a)^2) (m^2/site)		
(31b) Coverage Area for data channel = (π (30b)^2) (m^2/site)		

Link budget template for microcellular test environment(urban micro-cell deployment scenario)

항 목	Downlink	Uplink
System configuration		
Carrier frequency(GHz)	2.5	2.5
BS antenna heights(m)	10	10
⋮		
Mobile speed (km/h)	3	3
Feeder loss(dB)	2	2
Transmitter		
.		

⋮		
(4) Transmitter antenna gain (dBi)	17	0
⋮		
Receiver		
⋮		
(11) Receiver antenna gain (dBi)	0	17
(13) Receiver noise figure(dB)	7	5
(14) Thermal noise density (dBm/Hz)	-174	-174
⋮		

Link budget template for base coverage urban test environment(urban macro-cell deployment scenario)

항 목	Downlink	Uplink
System configuration		
Carrier frequency(GHz)	2.0	2.0
BS antenna heights(m)	25	25
⋮		
Mobile speed (km/h)	30	30
Feeder loss(dB)	2	2
Transmitter		
⋮		
(4) Transmitter antenna gain (dBi)	17	0
⋮		
Receiver		
⋮		
(11) Receiver antenna gain (dBi)	0	17
(13) Receiver noise figure(dB)	7	5
(14) Thermal noise density (dBm/Hz)	-174	-174
⋮		

Link budget template for high speed test environment(rural macro-cell deployment scenario)

항 목	Downlink	Uplink
System configuration		

Carrier frequency(GHz)	0.8	0.8
BS antenna heights(m)	35	35
⋮		
Mobile speed (km/h)	120	120
Feeder loss(dB)	2	2
Transmitter		
⋮		
(4) Transmitter antenna gain (dBi)	17	0
⋮		
Receiver		
⋮		
(11) Receiver antenna gain (dBi)	0	17
(13) Receiver noise figure(dB)	7	5
(14) Thermal noise density (dBm/Hz)	-174	-174
⋮		

Link budget template for base coverage suburban test environment(suburban macro-cell deployment scenario)

항 목	Downlink	Uplink
System configuration		
Carrier frequency(GHz)	2.0	2.0
BS antenna heights(m)	35	35
⋮		
Mobile speed (km/h)	3 or 90	3 or 90
Feeder loss(dB)	2	2
Transmitter		
⋮		
(4) Transmitter antenna gain (dBi)	17	0
⋮		
Receiver		
⋮		
(11) Receiver antenna gain (dBi)	0	17
(13) Receiver noise figure(dB)	7	5
(14) Thermal noise density (dBm/Hz)	-174	-174
⋮		

(1) Cell area reliability is defined as the percentage of the cell area over which coverage can

be guaranteed. Itobtained from the cell edge reliability, shadow fading standard deviation and the path loss exponent. The latter two values are used to calculate a fade margin. Macro diversity gain may be considered explicitly and improve the system margin or implicitly by reducing the fade margin.

(2) The spectral efficiency of the chosen modulation scheme.

(3) The pathloss models are summarized in Table 9 of Report ITU-R M.2135

(마) 적합성 평가 양식(Compliance template)

이 양식은 후보기술이 IMT-Advanced 필요 조건을 충족하는가를 평가하기 위한 양식으로 서비스, 스펙트럼, 기술성능에 대한 각각의 양식으로 구성된다.

o 서비스 적합성 평가 양식

	Service related minimum capabilities within the RIT/SRIT	**Evaluator's comments**
4.2.4.1.1	**Support of a wide range of services** Does the proposal support a wide range of services?: If bullets 4.2.4.1.1.1 - 4.2.4.1.1.3 are marked as "yes" then 4.2.4.1.1 is a "yes". YES / NO	
4.2.4.1.1.1	**Ability to support basic conversational service class** Is the proposal able to support basic conversational service class?: YES / NO	
4.2.4.1.1.2	**Support of rich conversational service class** Is the proposal able to support rich conversational service class?: YES / NO	
4.2.4.1.1.3	**Support of conversational low delay service class** Is the proposal able to support conversational low-delay service class?: YES / NO	

o 스펙트럼 적합성 평가 양식

	Spectrum capability requirements
4.2.4.2.1	**Spectrum bands** Is the proposal able to utilize at least one band identified for IMT?: YES / NO Specify in which band(s) the candidate RIT or candidate SRIT can be deployed.

o 기술성능 적합성 평가 양식

Minimum technical requirements item (4.2.4.3.x), units, and Report ITU-R M.2134 section reference(1)	**Category**		**Required value**	**Value(2),(3)**	**Require-ment met?**	**Comments**
4.2.4.3.1 Cell spectral efficiency(bit/s/Hz/cell)(4.1)	Indoor	Downlink	3		Yes No	
		Uplink	2.25		Yes No	
	Microcellula	Downlink	2.6		Yes No	
		Uplink	1.8		Yes No	
	Base coverage urban	Downlink	2.2		Yes No	
		Uplink	1.4		Yes No	
	high speed	Downlink	1.1		Yes No	
		Uplink	0.7		Yes No	
4.2.4.3.2 Peak spectral efficiency (bit/s/Hz)(4.2	Not applicabl	Downlink	15		Yes No	
		Uplink	6.75		Yes No	
4.2.4.3.3 Bandwidth(4.3	Not applicabl	Up to and including(MHz	40		Yes No	
		Scalabilit	Support of at least three band-width values(4		Yes No	
4.2.4.3.4 Cell edge user spectral efficiency (bit/s/Hz)*(4.4*	Indoor	Downlink	0.1		Yes No	
		Uplink	0.07		Yes No	
	Microcellula	Downlink	0.075		Yes No	
		Uplink	0.05		Yes No	
	Base coverage urban	Downlink	0.06		Yes No	
		Uplink	0.03		Yes No	
	high speed	Downlink	0.04		Yes No	
		Uplink	0.015		Yes No	
4.2.4.3.5 Control plane latency(ms)*(4.5.1*	Not applicable	Not applicabl	Less than 100 m		Yes No	
4.2.4.3.6 User plane latency(ms)*(4.5.2*	Not applicable	Not applicabl	Less than 10 m		Yes No	
4.2.4.3.7 Mobility classes*(4.6*	Indoor	Uplink	Stationary, pedestria		Yes No	
	Microcellula	Uplink	Stationary, pedestrian,		Yes No	

			vehicular up to 30 km/			
	Base coverage urban	Uplink	Stationary, pedestrian, vehicula		Yes No	
	high speed	Uplink	High speed vehicular, vehicula		Yes No	
4.2.4.3.8 MobilityTraffic channel link data rates (bit/s/Hz)*(4.6*	Indoor	Uplink	1.0		Yes No	
	Microcellula	Uplink	0.75		Yes No	
	Base coverage urban	Uplink	0.55		Yes No	
	high speed	Uplink	0.25		Yes No	
4.2.4.3.9 Intra-frequency hand-over interruption time(ms)*(4.7)*	Not applicable	Not applicable	27.5		Yes No	
4.2.4.3.10 Inter-frequency handover interruption time within a spectrum band (ms)*(4.7)*	Not applicable	Not applicable	40		Yes No	
4.2.4.3.11 Inter-frequency handover interruption time between spectrum bands (ms)*(4.7)*	Not applicable	Not applicable	60		Yes No	
4.2.4.3.12Inter-system handover*(4.7)*	Not applicable	Not applicable	Not applicable		Yes No	
4.2.4.3.13 Number of supported VoIP users (active users/ sector/MHz)*(4.8)*	Indoor	As defined in Report ITU-R M.2134	50		Yes No	
	Microcellula	As defined in Report ITU-R M.2134	40		Yes No	
	Base coverage urban	As defined in Report ITU-R M.2134	40		Yes No	
	high speed	As defined in Report ITU-R M.2134	30		Yes No	

(1) As defined in Report ITU-R M.2134.

(2) According to the evaluation methodology specified in Report ITU-R M.2135.

(3) Mandatory when "no" is checked, optional when "yes" is checked.

(4) Refer to Report ITU-R M.2135, § 7.4.1

제 5 절 후보기술 개발동향

3GPP에서 개발하고 있는 LTE(Long Term Evolution)의 차세대기술인 LTE Advanced와 IEEE에서 개발한 모바일 와이맥스(Mobile WiMAX) 계열의 차세대 와이브로가 IMT-Advanced 표준으로 제안될 것이 확실시 되고 있으므로 이들의 표준 개발 동향을 살펴보고자 한다.

1. 3GPP

3GPP (3rd Generation Partnership Project)는 비동기식 3세대 이동통신 기술규격 개발 협의체로 WCDMA, HSDPA 등의 규격을 제정하였으며, 현재 LTE 및 LTE Advanced 표준을 개발 중이다.

3GPP LTE는 미래 요구 사항을 극복하고 UMTS(Universal Mobile Telecommunication Service) 휴대전화 단말기 표준을 향상시킨, 3GPP에서 추진하고 있는 enhanced IMT-2000 시스템이다. 3GPP LTE는 현 이동통신망에서 진화하는 기술로 전 세계 무선 기술 표준화 단체 중 하나인 3GPP가 지난 2004년부터 본격적인 연구에 착수하였다. 현재 에릭슨, 퀄컴, NTT 도코모 등 세계적으로 명성을 얻고 있는 통신 업체들이 작업에 참여하고 있으며 2010년경이면 상용화가 가능할 것으로 예상한다. 이 기술에서 주파수 대역폭 사용은 1.25에서 20 ㎒ 까지 변화 가능하며 효율적으로 사용하기 위한 변조/다중 접속 및 다중화 기법으로 OFDM, MIMO, 스마트 안테나 기술을 적용할 것으로 예상된다.

3GPP LTE 기술 규격 및 지향하는 특징은 다음과 같다.

- o 하향 link 최대 전송속도 100 Mbps, 상향 link 50 Mbps (20 ㎒ 대역폭 기준)
- o 채널 대역폭 : 1.25 ~ 20 ㎒ 가변
- o 다중 접속/변조 방식 : 하향 link는 OFDMA, QPSK/16QAM/64QAM, 상향 link는 SC-FDMA, QPSK/16QAM
- o channel coding : convolutional code, turbo code
- o 주파수 효율 : 하향 link 5 bps/㎐, 상향 link 2.5 bps/㎐

o 셀 경계에서 전송 효율 향상
o 저속에 최적화되어 있으나 최대 350 ㎞/h의 고속 이동국 지원 가능
o 동시에 수용할 수 있는 가입자 수 : 200 가입자 이상
o 셀 coverage (서비스 영역) 크기 : 최적 5 ㎞, 최대 100 ㎞
o 낮은 전송 지연 (5 ㎳ latency), 패킷 데이터 전송 기반, 우수한 가격 경쟁력

이와 더불어 LTE Advanced의 요구 조건은 다음과 같이 정의되어 있다.

표 3-12. LTE-Advanced 요구사항(잠정)

항목	내용
Spectrum	Aggregation of LTE spectrum, Non contiguous as well as contiguous Scalable up to 100MHz
Target for Peak data rate	Peak data rate Uplink: [Greater than 500Mbps] Downlink: [up to] 1Gbps
Target for spectrum efficiency	Peak Uplink: [15] b/Hz/s Downlink: [30] b/Hz/s Average Uplink: [2] b/Hz/s Downlink: [3.2] b/Hz/s Cell edge Uplink: [0.05] b/Hz/s Downlink: [0.1] b/Hz/s
Inter-RAT interworking	At least same performance as LTE Rel. 8
Intra-RAT handover	Same or better than LTE Rel. 8
Delay	control plane delay <100ms (unloaded) user plane delay < [5ms/10ms]
VoIP capacity	[300] concurrent VoIP @ 5MHz

3GPP LTE에서 제공되는 서비스는 패킷 기반의 서비스로서 VoIP, video streaming, web browsing, FTP(File Transfer Protocol) 등의 모든 서비스가 인터넷 기반으로 이루어져 무선으로 음성, 영상 및 데이터를 한꺼번에 처리

할 수 있는 이른바 triple play service가 가능해진다. 3GPP LTE를 발전시킨 3GPP LTE Advanced는 ITU-R이 규정하는 4세대 서비스 속도인 이동 중 100 Mbps, 정지나 저속 이동 중에는 1 Gbps를 구현할 수 있을 것으로 예상된다. 이는 현재 상용화된 WCDMA의 50배, 유선 서비스인 초고속인터넷 VDSL(Very high speed Digital Subscriber Line)의 2배에 해당하는 것으로 HDTV(High Definition Television)급 대용량 멀티미디어 콘텐츠 구현이 가능하다. 다시 말하면 CD 1장(약 700 Mbytes)에 해당하는 영화 1편을 다운로드 하는 시간이 56초 밖에 안 걸린다. 3GPP LTE의 가장 큰 특징은 기존 3G 서비스인 WCDMA 서비스와 하위 연동이 가능하다는 점이다. 즉 3GPP LTE 기술을 선택할 경우 기존 3G 망과 4G 망의 연동이 가능하므로 3G를 제공하고 있는 기존 이동통신사업자들에게 매력적일 수 있으며 휴대전화 하나로 모든 미디어와 통신 속도를 제공할 수 있으리라 기대된다.

향후 3GPP의 LTE-Advanced 표준화 활동 일정은 다음과 같이 예상된다. (그림 3-11 참조)

o 2008년 10월, 3GPP 초기 버전 제안서를 ITU-R에 제출 → 2009년 중반, 3GPP 제안서의 최종 버전 제출 → 2010년 말, 최초의 완성도 높은 규격 작성 완료 및 ITU-R에 제출

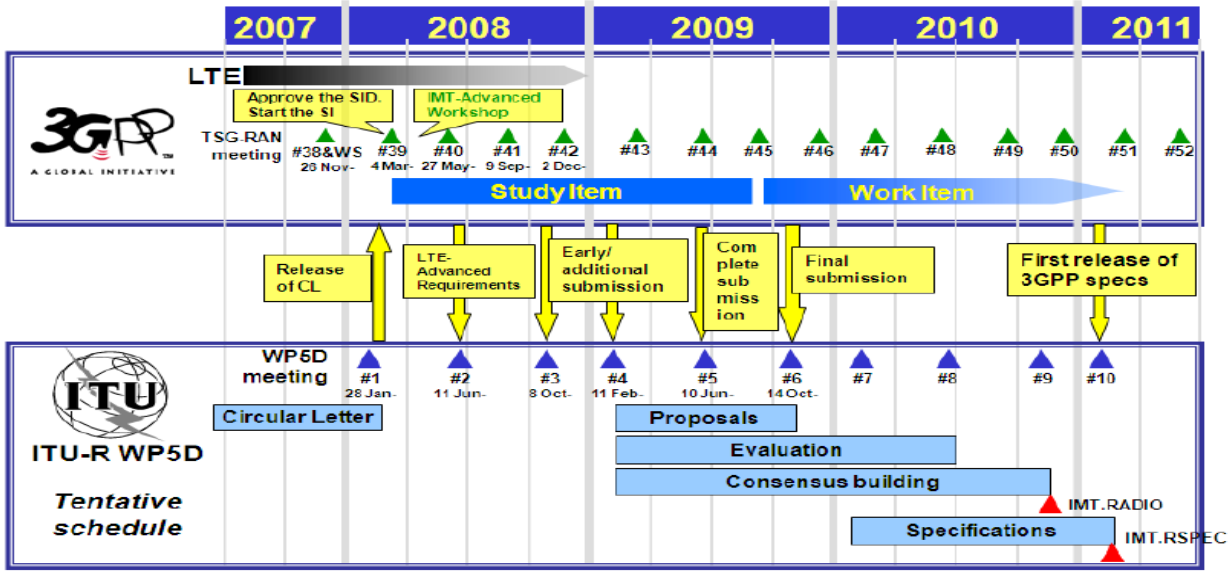


그림 3-11. 3GPP LTE-Advanced 표준화 추진 일정

2. IEEE

WiBro 기술은 2000년대 초에 미국 IEEE에서 표준화한 802.16 MAN 기술로부터 시작한다. 초기 802.16 규격은 유선 가입자망을 대체하기 위한 목적으로 개발되어 고정 통신만이 가능했다. 이후 2003년부터 우리나라가 802.16 규격의 개발에 적극 참여하면서 이동 무선 인터넷이라는 새로운 시장을 창출하는 기술로서 각광받게 되었다. 표 3-13은 802.16 기술을 상호 비교한 것이다.

표 3-13. 802.16 기술 비교

	802.16	802.16a-2004	802.16e-2005 (WiBro)	802.16m(진행중) (차세대 WiBro)
최대 전송속도	134 Mbps (28 ㎒ BW)	70 Mbps (20 ㎒ BW)	15 Mbps (5 ㎒ BW)	mobile: 100Mbps Fixed : 1 Gbps (20 ㎒ BW 이상)
적용 주파수 대역	10 ~ 66 ㎓	2 ~ 11 ㎓	IMT대역 (2.3, 2.5, 3.3, 3.4~3.8 ㎓ 등)	IMT 대역
채널 크기	20/25/28 ㎒	1.25~28㎒가변	1.25~20㎒가변	20㎒ 이상 가변
전송 환경	LOS	Non-LOS	Non-LOS	Non-LOS
이동성	Fixed	Nearly Fixed	Nomadic, Vehicular	Nomadic, Vehicular
표준화 시기	2001. 12	2004. 6	2005. 12	진행중
비고	-	-	IMT-2000 기술 채택	IMT-Advanced 후보기술

WiBro의 국내와 국제 표준화 추진 상황을 시기 별로 살펴보면 다음 그림과 같다.

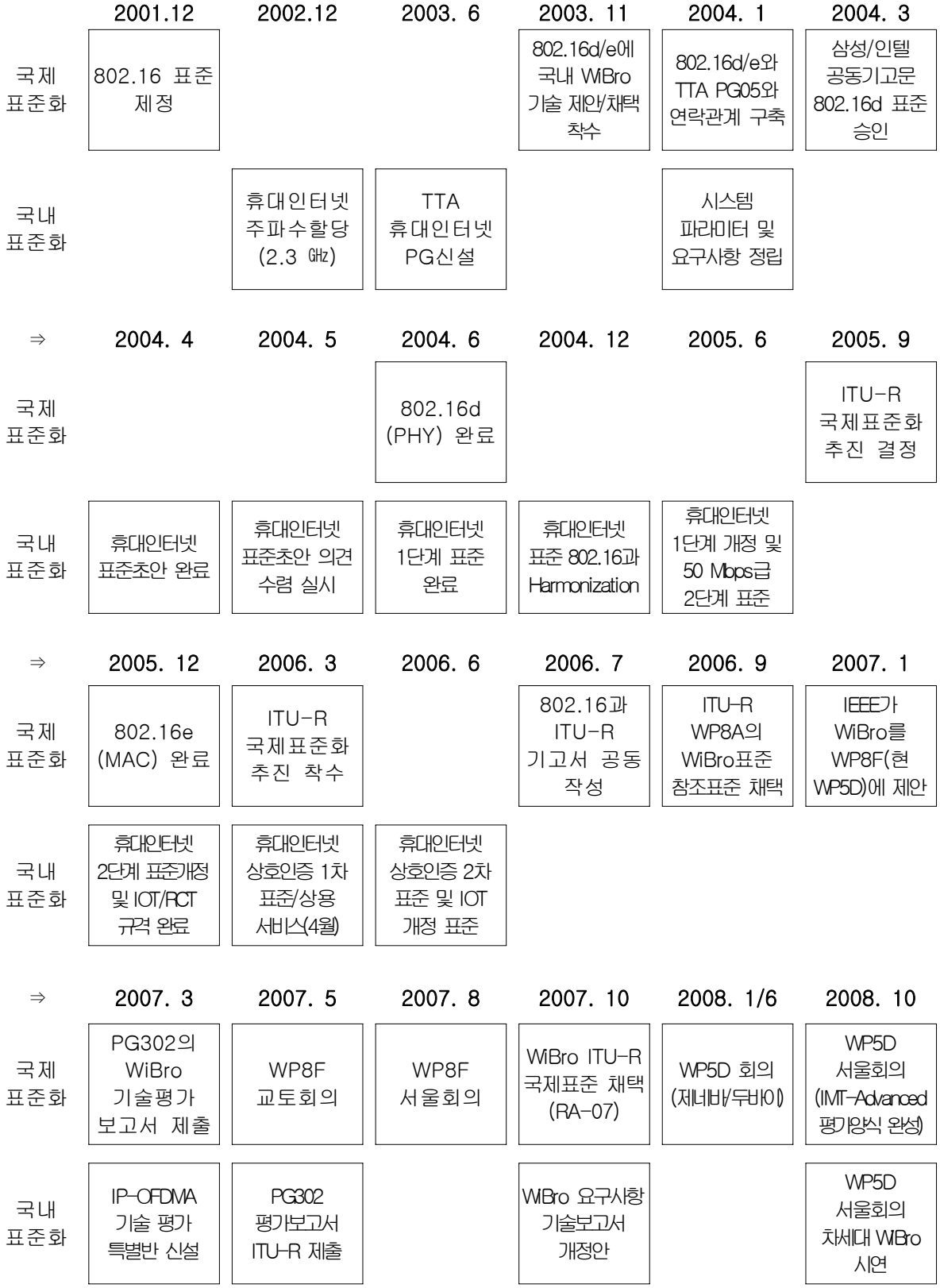


그림 3-12. WiBro 국내외 표준화 추진 연혁

IEEE의 802.16의 모델이 고정 광대역 서비스에서 이동 광대역 서비스로 변화하는데 우리나라의 표준화 기관과 기업이 적극 참여를 하였으며, WiBro가 RA-07에서 IMT-2000 표준으로 인정받는데 우리나라가 결정적인 기여를 하였다.

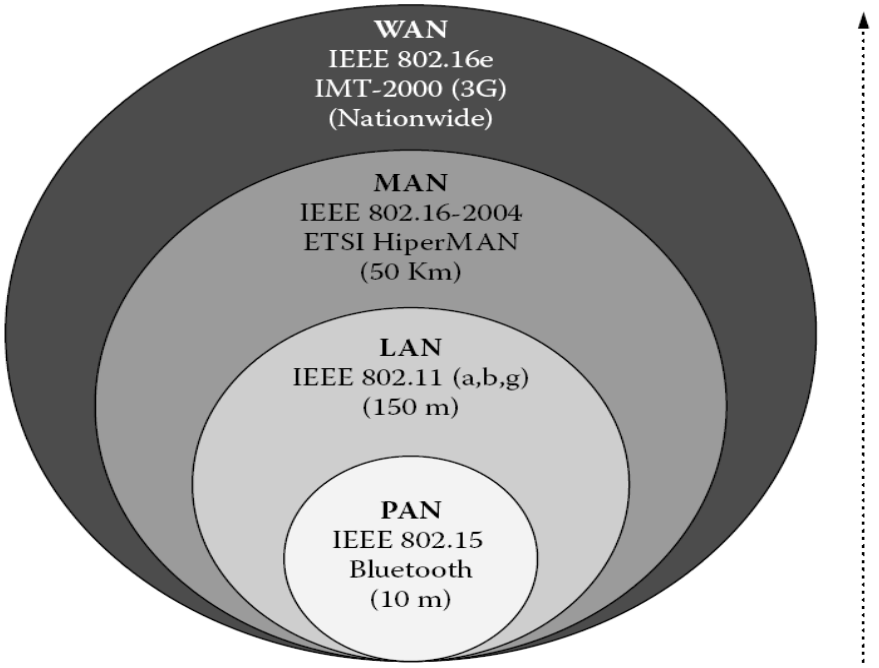


그림 3-13. 커버리지에 의한 IEEE 802. 표준의 구분

IEEE 802.16 WirelessMAN 표준을 만들고 있는 IEEE 802.16 Working Groupg(WG)에서는 2006년 12월 IEEE 802.16m이라는 새로운 하위 Task Group(TG)을 만들고, 이 802.16m TG를 통해 기존의 IEEE 802.16 WirelessMAN 규격을 확장하여 “Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems . Advanced Air Interface” 표준 규격을 2010년까지 완성하고자 진행 중이다. IEEE 802.16m TG에서 확장시킬 새로운 표준 규격은 차세대 이동통신인 IMT-Advanced에 적합하도록 작성하는 것을 목표로 하기 때문에 WiBro를 넘어 다음 세대의 이동 통신 시장에서 입지를 확고히 하고자 하는 제조사나 사업자라면 절대 소홀히 할 수 없는, 이동 통신 분야에서 가장 중요한 표준화 작업 중 하나라고 말할 수 있다.

차세대 WiBro 표준의 범위는 IEEE 802.16 WirelessMAN-OFDMA 규격이 허가 받은 주파수 대역에서 Advanced Air Interface를 제공하도록 개선하는 데 있다. 차세대 WiBro 표준은 ITU-R의 IMT-Advanced radio interface 표준으로 인정받기 위한 셀룰러 계층 요구 사항을 만족시키는 동시에 기존의 IEEE 802.16 WirelessMAN 표준을 따르는 legacy Wireless MAN OFDMA 장비도 지원할 수 있도록 표준화가 진행되고 있다. 특히 차세대 WiBro 표준은 개발 단계에서 다음과 같은 다섯 가지 기준을 지키도록 명시하고 있다.

o 넓은 시장 잠재력(Broad Market Potential)

완성될 표준은 넓은 시장 잠재력을 가지고 있어야 한다. 특히 넓은 응용력(Broad sets of applicability)과 다수의 업체와 사용자들(Multiple vendors and numerous users)을 지원할 수 있어야 하며 장비 비용도 적절해야 한다.

o 호환성(Compatibility)

IEEE 802 표준은 기존의 IEEE 802.1 표준의 구조(Architecture), 관리(Management), 상호 운용(Interworking)에 관한 표준과 상충없이 잘 부합되어야 한다.

o 뚜렷한 독자성(Distinct Identity)

IEEE 802 표준은 각각 뚜렷한 독자성을 지녀야만 한다. 이를 위해 차세대 WiBro 표준은 다른 IEEE 802 표준과 차별성을 가져야 하고, 해결하고자 하는 문제에 대해 독자적인 해결 방안을 제시해야 한다. 그리고 표준 문서의 독자들이 쉽게 규격을 선택할 수 있도록 자세한 문서를 제공해야 한다.

o 기술적 가능성(Technical Feasibility)

표준이 성공적으로 승인되기 위해서는 표준이 기술적인 유연성을 지니고 있어야 한다. 그렇게 하기 위해서는 제안될 표준이 시연 시스템으로 실현 가능해야 하고(Demonstrated system feasibility), 검증된 기술과 합당한 테스트를 거쳐야 하며(Proven technology, reasonable testing), 신뢰성이 확보되어야 하며(Confidence in reliability), 마지막으로 기존의 802 무선 표준들과 공존할 수 있어야(Coexistence of 802 wireless standards) 한다.

o 경제적 가능성(Economic Feasibility)

표준이 승인되기 위해서는 의도한 응용서비스를 제공할 때 경제적인 가능성이 있음을 보여 주여야 한다. 따라서 최소한 제안하는 표준은 신뢰할만한 자료를 바탕으로 알려진 비용 요소(Known cost factors, reliable data)가

얼마인지, 성능 향상을 위한 정당한 비용(Reasonable cost for performance)이 얼마인지, 그리고 초기 장비 설치 비용(Consideration of installation costs)이 얼마나 되는지 보여 주여야 한다.

2008년 1월까지 진행된 차세대 WiBro의 표준화 단계를 보면 크게 Project 802.16m System Requirements Document(SRD)와 Project 802.16m Evaluation Methodology Document(EMD), 그리고 Project 802.16m System Description Document(SDD) 작성으로 구분 지을 수 있다.

2007년 10월 승인된 Project 802.16m SRD 문서에는 802.16m 표준에서 고려해야 하는 시스템 구현 시나리오와 목표로 하는 시스템의 성능 및 형상에 대한 요구 사항들이 담겨 있다.

SRD 문서에는 기존 시스템 지원(legacy support), 복잡도(complexity), 서비스(services), 운영 주파수 및 대역폭(operating frequencies and bandwidth), 송수신 기법(duplex schemes), 개선된 안테나 기술(advanced antenna techniques)에 대한 일반적인 요구사항과 최대 데이터 전송률(peak date rate, latency), 서비스 품질(QoS), 라디오 자원 관리(radio resource management), 보안(security), 핸드오버(handover), 등에 대한 기능적인 요구사항, 그리고 사용자/섹터 성능(user/sector throughputs), 음성 용량(Voice over IP capacity), 이동성(mobility), 셀 범위(cell coverage), 등 시스템 요구사항과 다중 홉 전송(multi-hop relay), 동기화(synchronization), 셀프 구성 기술(self organizing mechanism) 등에 대한 운영상의 요구사항에 대해 기술해 놓고 있다.

2007년 12월까지 2차 교정을 마친 Project 802.16m EMD draft 문서는 여러 기술적인 기고서(Contribution)들을 공평하게 평가하고 비교하기 위해, 링크 단계 실험(link-level simulation)과 시스템 단계 실험(system-level simulation)에서 사용하는 변수들에 대한 정의와, 실험 모델과 방법론에 대한 정의를 담고 있다. 특히 채널 모델 부분에서는 미래의 802.16m 표준을 위해 제안될 MIMO 라디오 채널에 대해 기술적인 실험 방안과 공간 채널

모델 변수들에 대해서도 기술하고 있다. EMD 문서는 현재 2차 교정까지 마친 상태로 지금도 계속 수정 중에 있다.

마지막으로 IEEE 802.16m TG은 2007년 9월 Project 802.16m SDD 문서에

대한 기고서(Contribution)를 받기 시작한 이후로 지금까지 계속 SDD 문서 작성을 위한 기고서를 받고 그에 대한 협의를 진행 중에 있다. 2008년 1월에 열린 Session#53 회의에서는 SDD에 대한 초기 draft 문서를 작성하였으며, 여기에는 네트워크, 시스템, 그리고 프로토콜 구조에 대한 내용이 담겨 있다.

지난 2008년 1월 20일부터 24일까지 핀란드 레비(Levi)에서 열린 IEEE 802.16 Session #53 회의에 따르면 IEEE 802.16m TG에서는 SDD 문서에 대한 새로운 기고서와 코멘트를 요청했다. 그리고 두 달에 한번씩 열리는 회의 사이에 SDD 문서 작성을 위한 중요 내용에 대한 토론을 활성화하고 의견을 조율하기 위해 라포처그룹(rapporteur group)을 구성하고, 여기에서 프레임 구조(frame structure)와 상향 접근 기술(uplink access techniques)에 대해 논의하기로 결정하였다. 기록그룹에 의해 토론되는 모든 내용은 IEEE 802.16 회원(member)과 관찰자(observer)들을 대상으로 하는 비평그룹(reflector group)으로 이메일을 통해 보고된다. 추후 진행되는 IEEE 802.16m 표준 일정은 다음과 같다.

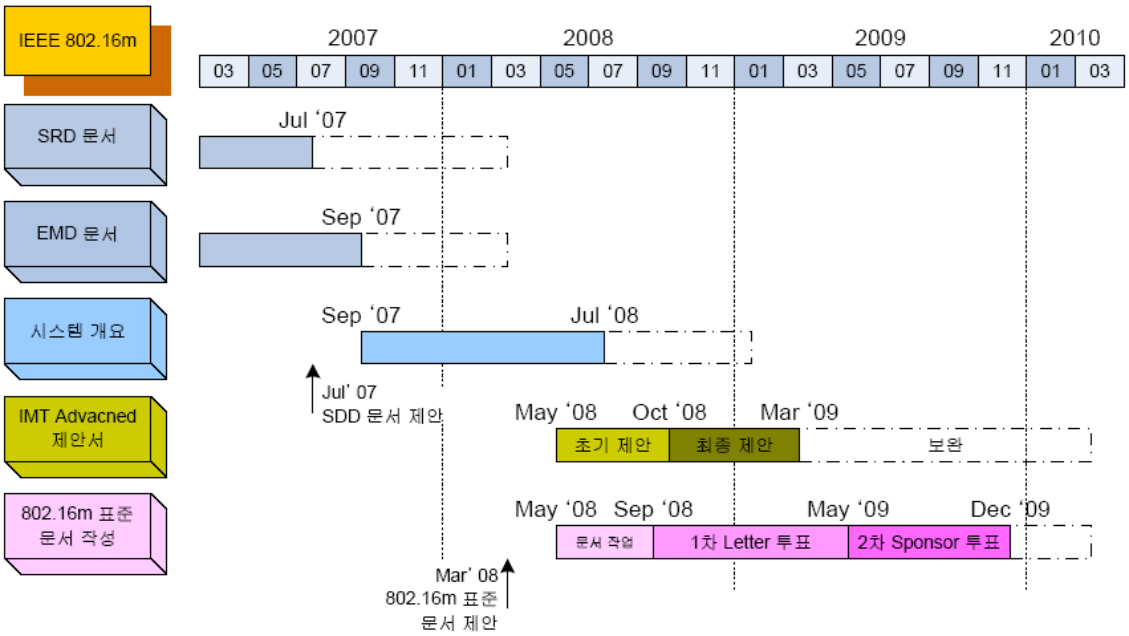


그림 3-14. 차세대 WiBro 표준화 추진 일정

제 4 장 결 론

본 연구보고서는 전파통신의 주파수 스펙트럼 관리에 있어서 세계 공통의 관심사가 되고 있는 디지털 이동통신 기술의 폭발적 발전과 보급으로 인한 WRC-07의 IMT 주파수의 추가 분배 결과와 그에 따른 우리나라의 대응, 지상파 TV 방송의 디지털화에 의한 여유 주파수 대역 활용에 있어서 다른 국가들의 동향 및 이에 수반한 국가 사이의 공유와 간섭 문제 해결을 위한 ITU-R JTG5-6의 연구 현황을 살펴보았다.

지상파 TV 방송이 디지털로 전환하면서 주파수 분배를 크게 줄이는 동시에 여유가 생긴 주파수 대역을 풍부한 잠재 수요가 있는 이동통신 업무에 분배함이 전 세계적인 추세임은 명확해 보인다. 이러한 여유 주파수 대역의 재분배가 전 세계적으로 추진될 경우 3세대 IMT 2000에서 달성하지 못한 전세계 글로벌 대역으로 동일 주파수 대역이 확보될 수도 있을 것이다. 그러나 이러한 업무의 재분배는 국가간 업무 간섭을 우려하는 시각을 극복해야 하며 업무 간섭이 있을 경우의 해결 절차에 대한 고려도 필요하다. 다만 그러한 해결 절차가 지나치게 우리나라가 활발히 사용하고 있는 이동업무의 방해가 되는 일은 결코 없어야 할 것이다.

언제, 어디서나 누구든 이전에 상상하지 못한 광대역 서비스를 원하는 대로 제공할 것으로 기대되는 차세대 이동통신에 대한 표준화가 ITU-R WP 5D를 중심으로 활발히 추진되고 있다. ITU-R이 IMT-2000에 이은 IMT-Advanced 표준의 후보 기술은 3GPP LTE Advanced와 차세대 WiBro의 2가지로 압축되고 있다.

이 두 기술은 각각 휴대전화 기술과 wireless MAN 기술을 기초로 하여 태생이 같지 않으나 차세대 이동통신의 개념이 이러한 무선 서비스를 모두 하나의 기술로서 커버하는 것이기 때문에 기술 경쟁 자체는 동일 선상에서 이루어지고 있다고 판단된다. 또한 세부 핵심 요소 기술로서도 구현방법의 차이가 있을 뿐 All IP core network, MIMO, OFDM, 스마트 안테나 등 차이점보다는 동일성이 더 많다. 차세대 WiBro의 경우 개발 초기부터 우리나라가 적극 참여하여 기술로열티와 산업육성에 더 유리할 것이라는 시각이 있으나 3GPP LTE Advanced 역시 우리나라의 연구기관과 기업들이 적극 참여하고 있으므로 기술별로 우리나라에게 유·불리를 언급하기 힘들다.

개략적으로 볼 때 (우리나라에서 WiBro의 요금과 휴대전화 데이터 요금의 차이처럼) 차세대 WiBro가 전체적인 전송 비용의 절감에 유리한 반면 기존 통신장비와의 연동성에서 3GPP LTE Advanced가 유리할 것으로 예상된다. 이러한 두 기술의 경쟁 우위를 점하려는 노력과는 별도로 ITU-R WP 5D가 요구하는 높은 기술 요구 사항들을 어떻게 만족시키는 지 입증하려는 노력도 계속 치열하게 전개될 것이다.

이런 국제 경쟁 속에서 우리나라가 이동통신 시장의 세계 선두에 계속 설 수 있으려면 산업진흥에 필요한 투자와 함께 다른 나라와 연동성이 좋은 이동통신 주파수 대역을 지속적으로 확보해 나가야 하며, 이는 기존 주파수 대역의 재정비, 신규 주파수 대역의 효율적인 채널 할당을 위한 연구 등 끊임없는 노력이 계속되어야 할 것이다.

[참고문헌]

[1] 성향숙, 이경희, 임재우, 이해영, 최기갑, “차세대 이동통신 주파수 표준 전략 연구”, 2007년도 연구보고서, pp. 3-89, 2008년 5월

[2] 장재득, 박형준, 방승찬, “4세대 이동통신(4G) 후보 기술 동향 분석”, 주간기술동향, 통권 1333호, pp. 11-18, 2008년 2월 13일

[3] 허영준, 전수연, “미국 700MHz 주파수 경매결과”, 정보통신정책, 제20권, 제6호, pp. 1-23, 2008년 4월 1일

[4] 노태균, 고영조, 이경석, 안재영, 김영진, “3GPP LTE 및 LTE-Advanced 표준화 동향”, 전자통신동향분석, 제23권, 제3호, pp. 1-9, 2008년 6월

[5] 김남기, “4세대 이동통신 표준 단체인 IEEE 802.16m의 표준화 동향”, IT standard weekly, 제2008권, 제9호, 2008년 3월

[6] 조성선, 문형돈, “4G 국제 표준화 대응 동향 및 시사점”, IT Insight, 2008년 11월 28일

[7] 위규진, “차세대 이동통신 국제 표준화”, TTA Journal, no. 117, pp. 14-20, 2008년 5~6월

[8] 임광재, 윤철식, “IMT-Advanced 시스템을 위한 IEEE 802.16m 표준화 동향”, 전자통신동향분석, 제23권, 제3호, pp. 10-18, 2008년 6월

[9] 최진성, 이일상, 김미혜, “IMT-Advanced(4G)”, TTA Journal, no. 109, pp. 110-113, 2008년

[10] 차재선, 윤철식, “IEEE 802.16d 및 IEEE 802.16e 표준”, 주간기술동향, 통권 1337호, pp. 12-25, 2008년 3월 12일

[11] 박민수, 허영준, “해외 주요국의 DTV 전환 관련 주파수 정책 현황 및 시사점”, KISDI 이슈리포트, 2008년 3월 17일

[12] 이상화, “차세대 이동통신 4G와 WiBro 동향”, 주간기술동향, 통권 1330호, pp. 14-25, 2008년 1월 23일

[13] 정보통신연구진흥원, “IMT-Advanced 기획위원회 보고서”, 2007년 9월 17일

[14] “WiMAX의 기회와 한계”, Weekly IT BRIEF, pp. 15-17, 2008년 8월 17일

[15] G.S.V. Radha Krishna Rao, G. Radhamani, “WiMAX A Wireless Technology Revolution”, Auerbach Publications, 2008

[16] Report ITU-R M.2135, “Guidelines for evaluation of radio interface technologies for IMT-Advanced”, 2008

[17] Report ITU-R M.2133, “Requirements, evaluation criteria and submission templates for the development of IMT-Advanced”, 2008

[18] Rec. ITU-R M.1645, "Framework and overall objectives of the future development of IMT-2000 and systems beyond IMT-2000", June 2003

[19] Rec. ITU-R M.2074, "Radio aspects for the terrestrial component of IMT-2000 and systems beyond IMT-20000", Sep. 2006

[20] Rec. ITU-R M.2078, "Estimated spectrum bandwidth requirements for the future development of IMT-2000 and IMT-Advanced ", Sep. 2006

[21] Rec. ITU-R M.2079, "Technical and operational information for identifying spectrum for the terrestrial component of the future development of the IMT-2000 and IMT-Advanced", Sep. 2006

[22] ITU-R World Radiocommunication Conference Provisional Final Acts Geneva, 22 October-16 November 2007

[23] Rec. ITU-R M.1036-3 "Frequency arrangements for implementation of the terrestrial component of IMT-2000 in the bands 806MHz, 1710-2 025 MHz, 2 110-2MHz, and 2 500-2 690 MHz", 2007

[24] Report ITU-R M.2039, “Characteristics of terrestrial IMT-2000 systems for frequency sharing/interference analyse”

[25] Report ITU-R M.2134, “Requirements related to technical performance for IMT-Advanced radio interface(s)”, 2008
[26] ITU-R WP5D 1차 회의 의장 보고서 2008
[27] ITU-R WP5D 2차 회의 의장 보고서 2008
[28] ITU-R WP5D 3차 회의 의장 보고서 2008

[부록 1] ITU-R WP5D에 제출한 우리나라 기고문 목록

[5D/286] “Revision of long range workplan of WP 5D”, 2008년 10월 1일

[5D/285] “Information on the study on frequency arrangement for 2,300-2,400 MHz in AWF”, 2008년 10월 1일

[5D/284] “Proposal to work plan for revision(s) of Recommendation ITU-R M.1036-3”, 2008년 10월 1일

[5D/283] “Proposed revision of the technology description tempalte”, 2008년 10월 1일

[5D/271] “A proposal of amendments in Chapters 7 and 8 of preliminary draft new Report ITU-R M.[IMT.EVAL]”, 2008년 9월 30일

[5D/212] “Proposed modification of submission templates”, 2008년 6월 17일

[5D/189] “Proposed CDL model for IMT-Advanced evaluation”, 2008년 6월 17일

[5D/188] “Proposed channel model parameter update for IMT-Advanced evaluation”, 2008년 6월 17일

[5D/187] “Review of long range WP 5D work program plan”, 2008년 6월 17일

[5D/186] “Proposed IMT-Advanced requirements”, 2008년 6월 17일

[5D/185] “Draft programme for IMT-Advanced workshop”, 2008년 6월 17일

[5D/184] “Comments on path loss model for urban macrocell (C2) scenario”, 2008년 6월 17일

[5D/175] “Proposed update to Chapter 8 of IMT.EVAL”, 2008년 6월 16일

[5D/168] “Basic common understanding on the minimum requirements and evaluations for IMT-Advanced technology”, 2008년 6월 16일

[5D/44] “Proposal on Ricean K-factor model for urban micro & macro scenario based on measurement campaigns”, 2008년 1월 21일

[5D/43] “Proposed work to develop frequency arrangement for spectrum bands identified by WRC-07”, 2008년 1월 21일

[5D/42] “Proposal for an IMT-Advanced workshop”, 2008년 1월 21일

[5D/41] “Comments on the peak data rate requirements”, 2008년 1월 21일

[5D/40] “Proposal on channel model parameter sets for urban micro & macro scenario based on measurement campaigns”, 2008년 1월 21일

[5D/39] “Draft text for the main body and Annex 2 of the Circular Letter on an invitation to propose candidate radio interface technologies for IMT-Advanced”, 2008년 1월 21일

차세대 이동통신 전파자원 개발에 관한 연구

방송통신위원회 전파연구소
RADIO RESEARCH AGENCY

140-848 서울시 용산구 원효로 군자감길 46
발 행 일 : 2009. 2
발 행 인 : 김 춘 희
발 행 처 : 방송통신위원회 전파연구소
전 화 : 02) 710-6452
인 쇄 : 한국장애인이워크협회
Tel. 02) 2272-0307

ISBN-978-89-93720-00-6 비매품

주 의

1. 이 연구보고서는 전파연구소에서 수행한 연구결과입니다.
2. 이 보고서의 내용을 인용하거나 발표할 때에는 반드시 전파연구소 연구결과임을 밝혀야 한다.