

700 MHz 대역의 국내·외 주파수 수요 분석 및 공공통합망 구축시 고려사항

Analysis of Domestic and Foreign Frequency Demands for 700 MHz Band and Consideration for Building Public Integrated Radio Network

박 덕 규

Duk-Kyu Park

요 약

DTV 전환 후 현재 국·내외에서 여유대역으로 남아있는 700 MHz 대역을 효율적으로 사용하기 위한 주파수 분배가 진행되고 있다. 본 논문에서는 700 MHz 대역을 중심으로 국제적인 주파수 분배 및 활용현황을 조사하고, 국내에서 제기되고 있는 각 용도별 무선통신 방식과 요구 주파수 대역폭에 대하여 분석하였다. 또한, 700 MHz 대역에서 재난안전통신망을 중심으로 철도망, e-Navigation을 공공통합망으로 통합하여 구축시 고려해야할 내용을 제시하였다.

Abstract

After DTV transition, frequency allocation to efficiently utilize 700 MHz band, which is remained as Digital Dividend, is in progress domestically and internationally. This paper investigates global frequency allocation of 700 MHz band and utilization of the band, and analyzes domestic wireless technology methods and requested frequency bandwidth by use. In addition, the paper suggests what needs to be considered in case of building public integrated radio network that focuses on disaster and safety network; the integrated radio network also includes railway network and e-Navigation.

Key words: 700 MHz, Public Integrated Radio Network, Disaster and Safety Network, Railway Network, e-Navigation

I. 서 론

DTV전환 이후, 700 MHz 대역에서 약 100 MHz 이상의 여유대역이 발생하였다. 이 주파수 대역은 국제적으로 Digital Dividend 라고 이야기하고 있으며, 우리나라를 비롯한 세계 각국에서는 이 주파수 대역을 효과적으로 사용하기 위한 검토가 활발히 진행되고 있다. 국제적으로는 유럽과 미국을 중심으로 폭발적으로 증가하는 무선 트래

픽 양에 대응하기 위하여 통신용으로 할당한 국가가 많이 있으며, 아시아는 APT 무선포럼의 밴드 플랜을 준수하여 주파수를 할당하려는 계획이 진행되고 있다.

국내에서는 이 주파수 대역에 통신, 방송, 공공(재난, 철도, e-Navigation) 용도로 주파수 수요가 제기되어, 서로 간의 주파수 분배의 당위성을 주장하면서 주파수 확보를 위한 노력이 진행 중이다. 이와 같은 다양한 요구에도 불구하고, 주파수 자원은 한정되어 있기 때문에, 주파수 자

「이 연구는 미래창조과학부가 지원한 2014년 『정보통신·방송(ICT) 연구개발사업』의 연구결과로 수행되었음.」

목원대학교 정보통신융합공학부(Division of Information and Communication Convergence Engineering, Mokwon University)

· Manuscript received August 19, 2014 ; Revised October 1, 2014 ; Accepted October 6, 2014. (ID No. 20140819-09S)

· Corresponding Author: Duk-Kyu Park (e-mail: parkdk@mokwon.ac.kr)

원을 효과적으로 사용하기 위하여 미래창조과학부와 방송통신위원회는 2013년 10월부터 공동으로 『700 MHz 활용방안 연구반』을 구성하여 운영하고 있다.

특히 최근에는 세월호 참사 이후, 재난안전통신망 구축에 대한 필요성이 강하게 대두되고 있으며, 2014년 7월 29일 미래창조과학부에서는 LTE-FDD 통신기술 방식을 적용한 재난안전통신망 구축계획을 발표하면서 700 MHz 대역에 20 MHz 대역폭을 수요 제기하였다.

본 연구에서는 700 MHz 대역에 대한 국제적인 동향과 현재 국내에서 제기되고 있는 용도별 요구사항에 대한 현황을 분석한다. 특히 최근에 대두되고 있는 재난안전통신망을 중심으로 하는 공공망의 수요 제기를 분석하고, 주파수공동사용을 통한 공공통합망의 구축시 고려사항 및 활용방안을 제시하는 것을 목적으로 하고 있다.

II. 700 MHz 대역의 국·내외 동향

2-1 WRC-07(ITU) 결정사항

2007년에 개최된 세계전파통신회의(WRC-07)에서는 증가하는 무선 트래픽에 효과적으로 대처하기 위하여 제1지역(유럽, 아랍, 아프리카)에 속한 국가들은 DTV 여유대역(Digital Dividend)으로 790~862 MHz 대역, 제2지역(남북아메리카)에서는 698~806 MHz 대역, 제3지역(아시아, 태평양)에서는 698~806 MHz 대역(9개국²⁾), 790~806 MHz를 이동통신용으로 사용한다고 결정하였다¹⁾. WRC-12에서는 국제적인 주파수 조화와 무선 광대역 수요를 만족시키기 위하여, 제1지역의 698~790 MHz 대역도 이동통신용으로 추가할 것을 제안하였으며, WRC-15 이후 효력을 갖도록 결의하였다²⁾.

2-2 APT³⁾ 무선 Forum(AWF-9) 결정사항

2009년 서울에서 개최된 APT무선포럼에서는 WRC-07 결정사항에 따라 아시아·태평양지역의 주파수 조화를 실현하기 위한 검토를 수행하였으며, 698~806 MHz 대역의 밴드 플랜을 위한 APT 레포트를 발표하였다. 여기에서

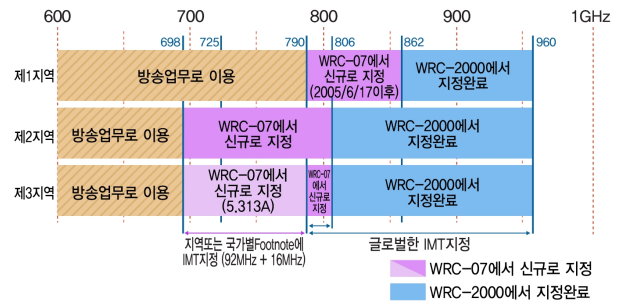


그림 1. 700 MHz 대역의 WRC-07 결정사항
Fig. 1. Items decided by WRC-07 on 700 MHz band.

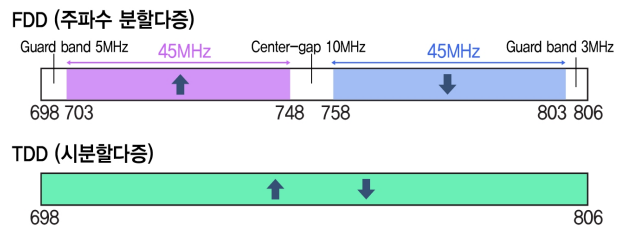


그림 2. 제9회 APT 무선통신포럼 결과(밴드 플랜)
Fig. 2. Conclusion from the 9th Meeting of the APT Wireless Forum.

는 108 MHz 대역폭을 2×45 MHz의 FDD 방식과 TDD 방식을 사용하는 2가지 방안을 도출하였으며, 2011년 10월 ITU-R에 제출하여 M.1036 개정안에 반영하였다³⁾⁴⁾.

2-3 북미·중남미지역

미국은 2009년 6월 세계에서 가장 먼저 DTV 전환을 완료하고, 700 MHz 대역에 대한 경매를 실시하여 산업통신용으로 70 MHz 할당하였으며, 공공안전 및 재난구조(PPDR⁴⁾)용으로 34 MHz 대역폭을 결정하였다⁵⁾.

캐나다는 미국과 인접한 국가로써 미국의 밴드 플랜을 준용하였으며, 7개의 블록으로 분할하여 2014년도 2월에 이 주파수 대역에 대한 경매를 종료하였다. 이 경매를 통하여 8개의 사업자에 98개의 면허 중 97개가 할당되었으며, 캐나다 정부는 경매낙찰금으로 총 52억 7천 달러의 수익을 얻었다⁶⁾.

1) World Radiocommunication Conference.
2) 9개국 : 대한민국, 방글라데시, 중국, 일본, 인도, 뉴질랜드, 파푸아뉴기니, 필리핀, 싱가포르.
3) Asia Pacific Telecommunity.
4) Public Protection and Disaster Relief.

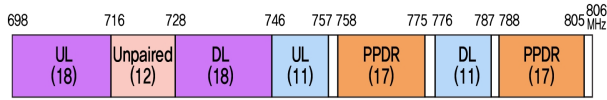


그림 3. 미국 Digital Dividend 밴드 플랜
Fig. 3. Band plan of Digital Dividend in the U.S.

표 1. 캐나다 Digital Dividend 밴드 플랜
Table 1. Band plan of Digital Dividend in Canada.

블록	주파수	Paired/unpaired	MHz (대역폭)
A	698~704 MHz/728~734 MHz	paired	6+6 MHz
B	704~710 MHz/734~740 MHz	paired	6+6 MHz
C	710~716 MHz/740~746 MHz	paired	6+6 MHz
D	716~722 MHz	unpaired	6 MHz
E	722~728 MHz	unpaired	6 MHz
C1	777~782 MHz/746~751 MHz	paired	5+5 MHz
C2	782~787 MHz/751~756 MHz	paired	5+5 MHz

중남미 지역에서 멕시코는 인접국가인 미국의 밴드 플랜을 준용할 것으로 예상하였으나, 2012년 9월 아시아지역의 APT 밴드 플랜을 채택하였다⁷⁾. 특히 아르헨티나는 614~806 MHz 대역을 방송에서 우선 사용하기로 할당하였으나, 사용용도가 낮아 APT 밴드 플랜에 따라 이동통신용으로 사용하기로 수정하였다. 현재 2014년도 말에 경매를 통해 이 주파수 대역을 할당할 예정이다. 그 이외에 콜롬비아, 브라질, 칠레 등의 국가는 APT 밴드 플랜을 적용한 이동통신용으로 사용하기로 결정하였다⁸⁾. 이것은 멕시코의 경우와 같이 규모의 경제측면에서 세계인구의 60%를 차지하는 APT 밴드 플랜을 따르는 것이 유리하다고 생각한 것으로 판단된다.

2.4 유럽지역

제1지역으로 분리되는 유럽의 경우에는 제2지역, 제3지역과 다르게 Digital Dividend가 790~862 MHz의 72 MHz 대역폭으로 정의되며, 이 대역을 모바일 광대역 네트워크로 사용할 예정이다⁹⁾. 기본적으로 APT 밴드 플랜과 다른 대역폭을 갖고 있기 때문에 현재로는 유럽 자체의 독자적인 밴드 플랜을 통한 유럽지역의 조화로운 모바일 서비스 제공에 대한 필요성을 강조하고 있다. 유럽

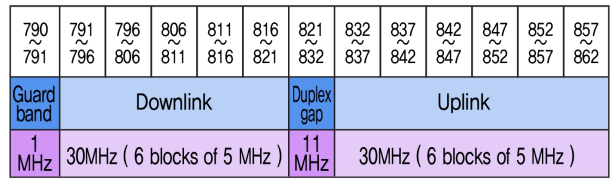


그림 4. 유럽의 Digital Dividend 밴드 플랜
Fig. 4. Band plan of Digital Dividend in Europe.

공동체 강조 및 규모의 경제효과를 위해, 그림 4와 같이 공동 밴드 플랜을 확정하여 회원국의 사용을 의무화 하고 있으며, 외곽지역의 서비스를 위한 커버리지 확보에 활용할 예정이다. 현재 독일, 스페인, 스웨덴, 이탈리아 등 많은 유럽 국가들이 이동통신용으로 용도를 분배하고 있는 상황이다.

그림 1의 WRC-07 결의에서 나타난 바와 같이, 유럽은 제2·3지역과 서로 다른 Digital Dividend 대역의 국제적인 주파수 조화를 위하여 694~790 MHz 대역을 2nd Digital Dividend으로 정의하고, 이 대역에 대한 이동통신 용 분배·변경 움직임이 나타나고 있다¹⁰⁾. 이 대역을 WRC-12에서 이동통신 용도로 사용하고, WRC-15 이후 효력을 갖도록 결의하였다. 핀란드가 가장 먼저 2017년 방송용에서 이동통신용으로 용도 변경 의사를 발표하였다.

2.5 아시아·태평양지역

일본 총무성에서는 2010년 11월 『무선 광대역 실현을 위한 주파수 검토 Working Group』에서 700 MHz 대역을 이동통신용으로 사용할 것을 결정하였다¹¹⁾. 2012년 6월 아시아에서는 처음으로 700 MHz 대역을 그림 5와 같이 이동통신 사업자에게 주파수를 할당하였으며, 2015년 1월

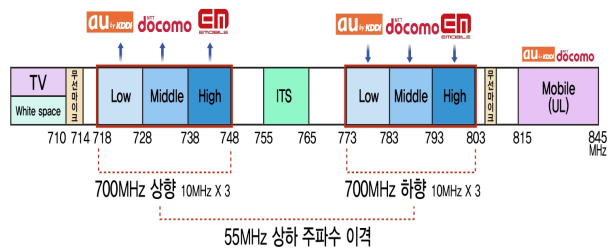


그림 5. 일본의 Digital Dividend 밴드 플랜
Fig. 5. Band plan of Digital Dividend in Japan.

표 2. IRU-R 권고 지역별 PPDR 대역

Table 2. ITU-R's recommendation for regional PPDR band.

지역	주파수 대역	비고
제1지역 (유럽, 아프리카)	380~470 MHz	주로 380~430 MHz 대역 이용 검토
제2지역 (남북아메리카)	746~806 MHz, 806~869 MHz, 4,940~4,990 MHz	베네수엘라: 380~400 MHz
제3지역 (아시아)	406.1~430/440~470 MHz, 806~824/851~869 MHz, 4,940~4,990 MHz, 5,850~5,925 MHz	일부 국가 380~400 MHz, 746~806 MHz

까지 LTE 서비스 시작을 목표로 하고 있다¹²⁾.

현재 호주, 뉴질랜드, 인도, 인도네시아, 싱가포르 등 많은 국가가 APT 밴드 플랜에 따라 이동통신용으로 용도를 분배하고 있다. 다만 중국의 경우는 700 MHz 대역을 이동통신용으로 사용하는 것에는 동의하고 있으나, 어떤 주파수 플랜을 사용할 것인가는 결정하지 못하고 있다.

2-6 공공안전 및 재난구조(PPDR) 통신망 국제동향

ITU의 WRC-03에서는 공공안전 및 재난구조(PPDR)를 위한 통신망에 사용되는 주파수의 국제적 조화를 위하여 표 2와 같이 각 지역별로 공통대역을 지정하였다¹³⁾. 제2지역인 미주지역은 700 MHz 대역이 PPDR로 용도가 분배되어 있으나, 제1지역과 제3지역은 PPDR 용도로는 지정되어 있지 않은 상황이다. 미국과 캐나다는 이러한 국제적인 주파수 조화에 따라 700 MHz 대역을 PPDR 용도로 주파수 할당을 완료하였으며, 유럽의 경우에는 700 MHz의 Digital Dividend를 후보대역으로 검토하고 있는 상황이다. 또한, ITU는 WRC-15에서 PPDR 관련 의제를 채택하여, 후보주파수 대역으로 700 MHz 대역을 검토할 예정이다¹⁰⁾.

2-7 국내 700 MHz 대역 현황

방송통신위원회(구)는 2008년 12월 22일 『아날로그 TV를 종료하고, 디지털 TV로 전환하기 위한 세부 채널배치 계획』을 의결하여, 698~806 MHz 대역을 Digital Dividend 대역으로 결정하였으며, 추후 수요 조사와 의견 수



그림 6. 국내 700 MHz 대역 주파수 분배 현황

Fig. 6. Current situation of domestic frequency allocation in 700 MHz.

렴을 거쳐 활용방안 계획을 수립하기로 하였다¹⁴⁾. 이와 함께 이전된 아날로그 TV 이외에 현재 사용 중인 다음과 같은 무선국을 정비하였다.

- 특정소출력무선기기(음성 및 음향신호 전송용)
→ 740~752 MHz (2020년 12월 31일까지 허용)
- 700 MHz 실험국 (2012년 12월 31일까지 허용)
- 방송프로그램 이동중계용
→ 757.0, 785.0, 795.0, 779.8 MHz (2012년 12월 31일까지 허용)
- 도서통신용(내륙지방 고정방송 중계용)
→ 752~762 MHz, 780~790 MHz (2012년 12월 31일까지 허용)

위와 같은 주파수 정비와 함께 2010년 『700 MHz 이용 계획 연구반』 및 2011년 3월에 발표한 『모바일 광개토플랜 1.0』의 연구결과에 따라 700 MHz 대역의 이용계획을 수립하였다. 2012년 1월에 방송통신위원회(구)는 700 MHz 대역의 108 MHz 대역폭 중 40 MHz를 그림 6과 같이 APT 밴드 플랜을 준용하여 이동통신용으로 분배하였다¹⁵⁾.

Ⅲ. 700 MHz 대역의 국내 주파수 수요분석

3-1 개요

방송과 통신에 대한 주파수 요구사항은 DTV 전환과 함께 쟁점이 되었던 내용으로 여기에서는 요구사항을 간단히 정리하고, 최근에 새롭게 요구되고 있는 공공망(재난안전통신망, 철도망, e-Navigation)을 중심으로 언급하고자 한다.

재난안전통신망의 경우에는 2014년 5월 예비타당성 결과, Wibro와 TETRA 방식이 타당성 없다는 결론에 따라, 미래창조과학부에서는 『재난망 TF』(Task Force)를 구성

하여 재난안전통신망 구축을 위한 기술방식을 선정하였다¹⁶⁾. 재난망 TF에서는 재난안전통신망 검토과정에서 철도, e-Navigation에서 제안한 LTE 기술방식이 유력한 후보로 등장함에 따라, 3개의 용도를 통합하여 사용할 수 있는 공공통합망 구축에 대한 요구¹⁷⁾를 검토하였다. 따라서 각 용도별로 공공망 구축시 요구되는 소요 주파수 대역폭도 함께 산출하였다. 여기에서는 각 용도별로 요구한 소요 주파수 대역폭과 공공통합망의 소요 주파수 대역폭을 함께 비교하여 발표하였다.

3-2 방송

방송에서는 2025년까지 UHDTV 전국 구축을 위하여 700 MHz 대역 확보가 필요하다고 요구하고 있다. 현재 2014년 3월부터 12월말까지 지상파 UHD 실험국 운용을 위하여 3개 채널을 실험국으로 허가를 받고 있으며, SFN (Single Frequency Network) 등을 포함한 다양한 기술검증을 수행하고 있다. 방송 측에서 주장하는 700 MHz 대역을 방송용으로 분배를 받기 위한 필요성과 당위성은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 사회구성원의 미디어 이용권과 정보 접근권 적극적 보장
- 주파수 배분의 가장 중요한 기준으로 공익성을 강조
- 대부분의 콘텐츠 생산 발원지는 지상파, UHDTV 방송을 통한 국내 콘텐츠 발전에 기여
- SFN 방식을 이용한 난시청지역 해소에 기여
- 고압축기술(HEVC5))를 이용한 다양한 데이터 서비스 제공을 통한 차세대 방송서비스의 활성화

UHDTV 서비스 제공을 위해 방송측에서 요구하는 소요 주파수 대역은 그림 7과 같이 2가지 밴드 플랜으로 제안하고 있다¹⁸⁾. 제1안은 2012년 1월 방송통신위원회에서 의결된 사항을 고려하지 않은 내용이며, 제2안은 그림 6의 국내 밴드 플랜을 고려한 계획이다. 현재 논의되는 안은 기존의 결정사항을 준수하는 것을 전제로 2안이 검토되고 있으며, 총 54 MHz의 대역폭으로 6 MHz×9ch을 요구하고 있는 상황이다.

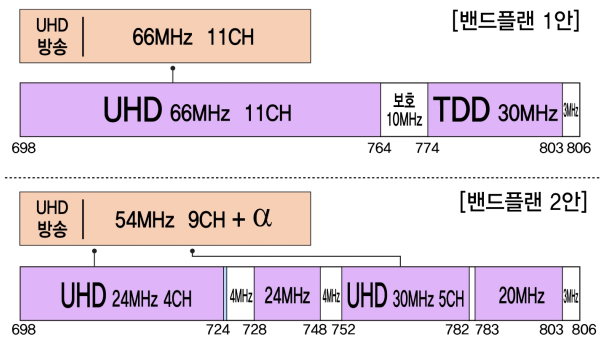


그림 7. 700 MHz 대역의 방송용 활용 계획
Fig. 7. Utilization plan for broadcasting in 700 MHz.

3-3 통신

국내 모바일 트래픽의 급증에 따라, 『모바일 광개토플랜 1.0』의 계획을 수정·보완하여 2013년 12월에 발표한 『모바일 광개토플랜 2.0』은 2023년까지 1,190 MHz+α의 대역폭을 확보해야 한다고 계획하고 있다. 여기에서 α는 700 MHz 대역에서 이미 확보하고 있는 40 MHz 대역폭 이외에 추가로 확보될 경우를 예상한 수치이다. 700 MHz 대역을 통신용으로 분배를 받기 위한 필요성과 당위성은 다음과 같다.

- 미래 주파수 수요에 대응하기 위한 주파수 확보 필요
- 국제적인 주파수 조화를 위하여 통신용으로 할당하는 것이 타당
- 이동통신용으로 사용될 경우, 가장 큰 경제적 가치 보유(유럽 : Plum Consulting, 2013년)
→ 통신 > 공공 > 위성 > 방송 (경제적 가치 순)

이동통신 트래픽 증가에 대응하기 위하여 통신측에서 요구하는 주파수 대역은 기존에 확보한 40 MHz 대역 이외에 700 MHz 전 대역을 요구하고 있다.

3-4 재난

2014년 5월 정보통신정책연구원(KISDI)에서는 2013년 행정안전부에서 의뢰한 재난안전통신망 구축을 위한 예비 타당성 조사 결과를 발표하였다. 행정안전부에서 제출한 사업계획서에는 Wibro와 TETRA 통신방식을 이용한

5) High Efficiency Video Coding.

재난안전통신망 구축을 제안하였으나, 2개의 통신방식 모두 세계시장 규모 축소와 향후 기술 발전성이 낮다는 이유로 사업성이 없다는 결론을 내렸다. 그러나 2014년 4월에 발생한 세월호 참사 이후, 재난안전통신망에 대한 중요성이 대두되어 미래창조과학부, 기획재정부와 안전행정부는 재난안전통신망 구축에 공동으로 대응하기로 하였으며, 2014년 7월 미래창조과학부에서는 재난안전통신망 구축을 위한 재난망 TF를 구성하여 기술방식 선정 결과를 발표하였다. 기술방식의 선정 결과를 요약하면 다음과 같다¹⁹⁾.

- 통신기술방식 : LTE-FDD 기술방식
- 재난안전통신망 구축방식 : 자가망 기반으로 구축되 상용망 시설을 일부 활용, 예타 미실시
- 타 공공통신망과의 통합 : 철도망(LTE-R6)과 e-Navigation의 연근해 통신망 등과 통합 추진
- 주파수 공급방안 : 가용주파수 중 가장 낮은 700 MHz 대역 전제로 20 MHz 대역폭 수요 제기
- 관련 산업 육성 : 재난안전통신망 관련 LTE 시장의 중소기업 육성과 산업생태계 조성 추진

700 MHz 대역을 재난안전통신망용으로 분배를 받기 위한 필요성과 당위성은 다음과 같다.

- 『국민의 생명과 재산보호』를 위해 국가 자원인 주파수를 재난관리용으로 최우선 분배 필요
- 국가예산의 효율적 활용과 통신시장 환경에 대응하는 최적 주파수 대역 확보 필요
→ 700 MHz 대역 이외에 2.6/1.8 GHz 대역 사용 시 2배 이상의 구축비와 운용비 소요
- 영상전송이 가능한 통신방식 및 대역폭 필요

재난안전통신망 구축을 위해 2013년 행정안전부에서 제출한 사업제안서에서는 Wibro 기술방식을 적용할 경우, 700 MHz 대역에 TDD 방식을 사용하여 총 20 MHz의 대역폭의 수요를 요청하였으며, TETRA 기술방식을 적용할 경우에는 기존 800 MHz 대역에서 사용하는 TETRA의 주파수 대역폭 10 MHz를 이용하여 별도의 소요 주파수

표 3. 재난안전통신망 주파수 소요량

Table 3. Estimated spectrum requirements for disaster and safety radio network.

구분	소요량(MHz)		요구주파수 (총 20 MHz 폭 (2×10 MHz 폭))
	평시	재난시	
상향	1.99	7.35	
하향	1.28	5.15	

가 필요 없는 것으로 제안하였다²⁰⁾. 또한, 2014년 7월 재난망 TF에서 결정한 LTE-FDD 방식에서는 상·하향 각 10 MHz 씩 20 MHz 대역폭의 주파수 수요를 제기하고 있다¹⁶⁾. 표 3은 2014년 경주 마우나 리조트 붕괴 사고에서 소방·경찰·시청·군부대 관련 인원 총 1,448명 투입과 3섹터의 셀 반경 500 m의 이용시나리오 조건으로 재난망 TF에서 산출한 요구 주파수 대역폭을 나타내고 있다.

재난망 TF에서 발표한 향후 재난안전통신망 구축일정은 다음과 같다.

- 2014. 7. 31 : 차세대 기술방식 선정 및 통보(미래창조과학부 → 안전행정부)
- 2014. 7.~12 : 정보화전략계획(ISP) 추진
- 2014. 12 : 차세대 기술방식의 재난통신망 구축사업 세부추진 계획 수립
- 2015. 1 : 시범사업 본격 추진(강원도)
- 2016. 1 : 8개 시·도* 재난안전통신망 구축 추진
* 세종시, 전남, 전북, 경북, 경남, 충남, 충북, 제주
- 2017. 1 : 서울·경기지역 및 6대 광역시 재난안전통신망 구축 추진

3-5 철도

철도에서는 철도통합 무선망 구축을 위하여, 2009년에 한국전파진흥협회가 수행한 “철도용 주파수 연구반”에서는 CBTC⁷⁾를 중심으로 하는 철도제어용 주파수에 초점을 맞추어 소요 주파수 대역을 산출하였으나, 주파수 할당에 필요한 무선통신 방식의 미결정과 철도전용 무선망 구축을 위한 투자 재원의 미비로 철도 전용주파수를 확보하지 못했다. 그러나 2012년 국토해양부에서는 제어용 철도

6) LTE-Rail.

7) Communication Based Train Control.

주파수뿐만 아니라, 음성 및 영상 신호용의 철도 통합 무선망 구축을 위한 종합적인 주파수 수요에 대한 연구의 필요성이 대두되어, 철도 통합 무선망 구축을 위한 소요 주파수 대역폭, 무선통신 방식, 할당 예상 후보 주파수 대역에 대한 전반적인 검토를 수행하였다²¹⁾. 여기에서 수행된 주요 연구 결과 내용은 다음과 같다.

- 통신방식 : LTE-FDD를 적용한 LTE-R 기술방식
- 철도망 구축방식 : 자가망
- 주파수 공급방안 : 가용주파수 700 MHz, 1.8 GHz, 2.5/2.6 GHz 대역에서 낮은 주파수 대역으로 상·하향 각 5 MHz 총 10 MHz 대역폭 수요 제기
- 조기 주파수 분배요구 : 호남고속선, GTX 노선, 평창올림픽 노선 구축에 신속하게 대응
- 재난망 + 철도망으로 구성되는 공공무선통신망구축

700 MHz 대역을 철도용으로 분배를 받기 위한 필요성과 당위성은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 유럽의 GSM-R⁸⁾과 같은 이동통신기반의 단일화된 철도무선통신 시스템이 필요
- 해외 의존 통신설비 및 신호시스템의 국산화 필요
- 열차 내의 안전 및 운행안전을 위한 광대역 데이터 전송(영상데이터 전송) 통신방식이 필요
- 철도의 낮은 여객/화물 수송 분담률의 적극적인 향상이 필요
- 700 MHz 대역 이외에 2.6 GHz/1.8 GHz 대역 사용시 2배 이상의 구축비와 운용비 소요
- 시속 400 km/h 이상의 경우, 700 MHz보다 높은 주파수는 도플러효과 발생에 의한 에러 발생

표 4는 철도망의 요구 주파수 대역폭을 나타내고 있다. 여기에서는 서울역에서 일반, 광역열차 및 철도 안전을 위한 각종 모니터링 장치를 사용하여 향후 5년 뒤 서울역 열차 증편과 모니터링 시설 증가를 고려한 시나리오를 가정하였다.

표 4. 철도망 주파수 소요량(MHz)

Table 4. Estimated spectrum requirements for railway.

구분	소요량(MHz)		요구주파수
	상향	하향	
철도통합무선망	4.93	4.52	10 MHz폭 (2×5 MHz 폭)

3-6 e-Navigation

2006년 국제해사기구(IMO⁹⁾)에서는 해양안전 및 환경보호 강화를 위하여 ICT를 활용한 새로운 선박운항 개념인 e-Navigation 도입을 결정하였다. 특히 IMO에서는 2014년에 e-Navigation 전략 이행계획을 완료할 예정이며, 2018년부터 강제시행을 예정하고 있는 상황이다. 이러한 국제적인 흐름에 따라 해양수산부에서는 『한국형 e-Navigation』을 시범 구축하고, 그 과정에서 얻어진 기술과 경험을 바탕으로 국제기술표준 선점 및 산업화를 지원하는 것을 목표로 하고 있다. 특히 한국형 e-Navigation 해상통신망은 GMDSS¹⁰⁾ 국제통신망과 700 MHz 대역을 이용한 LTE-M¹¹⁾ 기반의 연안 통신망을 구성하려는 계획을 추진하고 있다. 2013년 해양수산부에서는 『e-Navigation 전략 이행계획 수립을 위한 기획연구』를 수행하였으며, 예비 타당성 조사를 거쳐 2015년부터 정부연구개발(R&D) 사업 추진으로 e-Navigation용 초고속 해상장거리 기술 개발 및 이동통신망으로 PPDR을 활용할 예정이다. 기획연구를 통해 얻어진 주파수 관련 주요 내용은 다음과 같다.

- 통신방식 : LTE-FDD를 적용한 LTE-M 방식
- e-Navigation 구축방식 : 자가망
- 주파수 공급방안 : 가용 주파수 700 MHz으로 상·하향 각 10 MHz 총 20 MHz 대역폭 수요 제기
- 연안지역 서비스 : 연안 100 km까지 통신영역 확보

700 MHz 대역을 e-Navigation용으로 분배 받기 위한 필요성과 당위성은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 연안지역 최대 100 km 서비스 범위 확보를 위해 전

8) Global System Mobile for Railway.
 9) International Maritime Organization.
 10) GMDSS : Global Maritime Distress and Safety System.
 11) LTE-M : LTE-Maritime.

표 5. e-Navigation 주파수 소요량

Table 5. Estimated spectrum requirements for e-Navigation.

구분	소요량(MHz)		요구주파수
	상향	하향	
e-Navigation	4.93	4.52	10 MHz 폭 (2×5 MHz 폭)

파특성이 우수한 700 MHz 대역 확보가 필요.

- 육상 통신 서비스와 혼·간섭을 최소화 할 수 있는 주파수 필요
- 이동통신의 LTE 방식을 사용함으로써 상대적으로 구축비용이 낮은 저주파수 대역이 필요

표 5는 재난망 TF에서 산출한 e-Navigation의 요구 주파수 대역폭을 나타내고 있다²²⁾. 여기에서는 선박 밀집지역인 부산해역을 중심으로 최대100 km 이내, 선박 4,300척이 해도 스트리밍 등 해상안전 관련 서비스를 제공하는 시나리오를 가정하였다.

3-7 공공통합망(재난+철도+e-Navigation)

재난망 TF에서는 재난안전통신망의 통신방식과 기술적 사항을 검토하면서, 재난안전통신망과 함께 철도망, e-Navigation을 공공망으로 통합할 경우 요구되는 소요 주파수 대역폭의 검토를 함께 수행하였다.

재난안전통신망은 전국을 서비스한다는 것을 전제로 하지만, 철도망은 내륙지역과 철도노선을 중심으로 트래픽이 발생한다는 점과 e-Navigation은 연안 해안을 중심으로 트래픽이 발생한다는 점을 고려하여야 한다. 이와 같이 각 용도들은 일부 지역을 제외한 서로 다른 지역에서 서비스를 수행하여 중첩되는 경우가 적기 때문에, 최대 트래픽이 예상되는 지역을 중심으로 트래픽에 의한 주파수 소요량을 표 6과 같이 산출하였다. 육상구간은 서울역을 중심으로 재난 + 철도, 해상구간은 부산항을 중심으로 재난 + e-Navigation의 시나리오를 가정하여 소요 주파수 대역폭을 산출하였다.

위에서 언급한 공공망을 중심으로 용도별로 각 추진기관과 재난망 TF에서 제안한 내용을 정리하면 표 7과 같다. 특히 공공망의 경우, 다음과 같은 동일한 요구조건을 갖고 있음을 알 수 있다.

표 6. 공공통합망 주파수 소요량(MHz)

Table 6. Estimated spectrum requirements for public integrated radio network.

구분	소요량(MHz)		요구주파수
	평시	재난시	
상향	6.924	9.56	상향 10 MHz 하향 10 MHz
하향	5.798	7.00	

표 7. 용도별 요구 대역폭과 주파수대

Fig. 7. Spectrum requirements and frequency band by use.

	추진기관	요구대역폭	주파수대
재난안전통신망	행정안전부(구)	상·하향 10 MHz (총 20 MHz)	700 MHz 대역
	재난망 TF	상동	700 MHz 대역
철도망	국토해양부(구)	상·하향 5 MHz (총 10 MHz)	700 MHz, 1.8/2.6 GHz 대역
	재난망 TF	상동	700 MHz 대역
e-Navigation	해양수산부	상·하향 10 MHz (총 20 MHz)	700 MHz 대역
	재난망 TF	상·하향 5 MHz (총 10 MHz)	700 MHz 대역
공공통합망 (재난+철도+e-Nav.)	재난망 TF	상·하향 10 MHz (총 20 MHz)	700 MHz 대역

- 통신방식 : LTE-FDD 기술방식
- 주파수 대역 : 700 MHz 주파수 대역
- 구축방식 : 자가망 기반 구축
- 요구 주파수 대역폭 : 상·하향 각 5~10 MHz 폭
(합계 10~20 MHz 대역폭)

700 MHz 대역에서 사용할 수 있는 대역폭은 약 68 MHz이지만, 가드밴드 등을 제외하면 약 50 MHz 정도의 대역폭을 사용할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 방송, 통신, 공공(재난+철도+e-Nav.)의 용도로 주파수 수요를 제기하고 있으며, 각 용도별로 분배 당위성을 강력하게 주장하고 있어, 700 MHz 대역에 대한 용도 분배를 결정하지 못하고 있는 상황이다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 방송통신위원회와 미래창조과학부가 공동으로 2013년 10월부터 『700 MHz 활용방안 연구반』을 운영하

여 주파수의 효율적인 분배를 연구하고 있으나, 의견이 첨예하게 대립되고 있는 상황이다. 특히 2013년 정부조직 개편에 따라 주파수를 이원화하여 방송용과 통신용으로 분리하여 각각 방송통신위원회와 미래창조과학부에서 담당하게 되었으며, 최종 결정은 국무총리실 산하 국무조정실에서 심의하도록 결정되어 700 MHz 대역의 주파수 용도 분배는 더욱 어렵고 많은 시간이 소요되고 있다.

세월호 참사 이후, 재난안전통신망에 대한 중요성과 필요성이 대두되어 방송과 통신측에서는 700 MHz 대역을 재난안전통신망으로 분배하는 것에는 큰 의견이 없는 것으로 판단된다. 그러나, 재난안전통신망으로 분배시 방송과 통신측에서 필요로 하는 주파수 대역을 충분히 확보하기 어려운 측면이 있어, 두 분야의 공익적, 경제적, 기술적 타당성을 신중하게 검토하면서 정부의 700 MHz 용도분배의 최종 결정을 기다리는 상황이다.

IV. 공공통합망 고려사항

재난망 TF에서는 재난안전통신망을 기반으로 철도망과 e-Navigation을 통합한 공공통합망을 구축하는 것이 바람직하다는 결론을 내렸으며, 향후 재난안전통신망을 중심으로 하는 공공통합망 구축이 계획될 것으로 예상된다.

여기에서는 공공통합망을 구축하기 위해 고려해야할 주요 내용을 분석하고, 추진방향을 제시한다.

4-1 Resource Block

공공망으로 제안하는 각 용도들의 기술방식, 요구 주파수 대역, 구축방식 등은 동일하게 요구하고 있어, 어느 정도 공동주파수를 이용한 공공통합망 구축이 가능하다고 판단할 수 있다. 그러나 재난, 철도, e-Navigation에서 요구하는 정보들을 분석하면 Vital data와 Non-vital data로 분류할 수 있다. Vital data는 철도의 경우, 신호제어 전송 정보로써, 유사시 철도가 운행되는 지역에서 재난이 발생하더라도 철도의 운영을 보장해야 하는 트래픽 정보라고 할 수 있다. 따라서 공공망으로 구축할 경우, 다른 용도의 트래픽 폭주에 관계없이 일정한 트래픽 양을 확보해야 한다는 필수조건을 가지고 있다. 이러한 문제점은 LTE 기술방식에서 가지고 있는 Resource Block(RB)의 개념을

표 8. 채널별 resource block 개수

Table 8. Number of resource blocks for channel bandwidth.

채널대역폭(MHz)	Resource block 개수
1.4	6
3	15
5	25
10	50
15	75
20	100

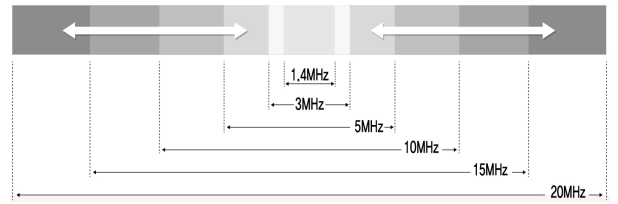


그림 8. LTE 기술방식의 스펙트럼 유연성

Fig. 8. Spectrum flexibility for LTE.

적용하면 용도별로 Vital data를 위한 필수 트래픽의 분배가 가능하다^[23]. 표 8은 LTE 표준에서 제시하고 있는 채널 대역폭에 따른 RB 개수를 나타내고 있다. 공공통합망을 10 MHz의 대역폭으로 구축하는 경우, 여러 개의 용도에 50개의 RB를 분배하여 사용할 수 있다, 예를 들면 재난안전통신망에 15개 RB, 철도에 10개 RB, e-Nav.에 10개 RB를 분배하여 사용하고, 나머지 15개는 유사시 필요한 용도에 분배함으로써 주파수를 분리하여 할당하는 것과 유사한 결과를 얻을 수 있게 된다. 따라서 비록 동일채널에 복수의 용도가 함께 사용하더라도 용도별로 지역 및 상황에 따라 트래픽을 가변 조정할 수 있으며, 각 용도별로 요구되는 필수 트래픽의 서비스를 분배·제공함으로써 주파수를 효율적으로 사용할 수 있다.

4-2 공공망의 주요 요구기능

2013년 행정안전부에서 실시한 재난안전통신망의 기술검증에서는 37개(17개의 필수기능과 20개의 부가기능)의 재난안전망 요구기능을 분류하였다^[24]. 이 요구기능 가운데 2014년 9월 국제표준화완료 예정인 그룹통화, PT T12) 기능과 3개의 기능(직접통화, 단말기 중계, 단독기지

국 운영 모드 등)을 제외한 모든 기능은 표준화가 완료된 상황이며, 이 3가지 기능도 2016년 3GPP¹³⁾의 Release 13에서 완성될 것으로 예상되어 재난안전통신망 구축에는 어려움이 없을 것으로 판단된다. 철도망의 경우에는 40개의 철도망 요구기능을 분류하고 있으며, 23개의 필수기능과 17개의 부가기능으로 분류하고 있다. 재난안전통신망과 철도망의 요구기능을 분석할 때 35개의 기능이 동일하며, 철도망은 5개, 재난안전통신망에는 2개의 기능이 추가되는 것으로 알려져 있다²⁵⁾. e-Navigation은 해상에서의 공공성격의 해상안전 서비스 제공을 위한 공공안전 및 재난구조(PPDR) 통신망을 활용하는 것을 전제로 하고 있기 때문에, 요구기능은 재난안전통신망과 동일하다. 다만 e-Navigation은 연안 100 km 정도까지 통신권 확보를 요청하고 있기 때문에, 이동통신사업자가 사용하고 있는 이동통신 기술기준에서 출력 전송 전력을 상향시켜야 하는 문제가 있다. 이러한 내용은 2014년 하반기 안전행정부에서 수행할 예정인 정보화 전략계획(ISP14)을 통하여 충분히 검토되어야 할 것이다.

4.3 공공통합망 운용

현재 공공용으로 요구하는 국가기관은 재난안전통신망의 경우 안전행정부, 철도망은 국토교통부, e-Navigation은 해양수산부로 나눌 수 있다. 또한, 재난안전통신망은 안전행정부에서 담당하지만 국방부, 경찰청, 소방청 등 수 많은 국가기관들이 포함되어 있어, 각 부처들이 요구하는 조건들을 어떻게 수렴하여 구축 및 운영하는가 큰 이슈로 대두될 것으로 예측된다. 공공통합망이 구축된다면 새롭게 출범할 예정인 국가안전처에서 담당할 것으로 예상되고, 기존의 표준운영절차(SOP¹⁵⁾)를 보완하여 관계부처간의 운영절차 및 역할 분담을 명확하게 정의할 필요가 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여, 단일 Control tower를 구축하여 부처별 의견조정 및 통제가 가능한 “공공망 광대역 통신사업공단”(가칭)과 같은 준 독립기관을 설립

하여 망 구축·운용, 자원조달 등을 담당하는 것을 검토해 볼 필요가 있다고 생각한다²⁶⁾.

4.4 System Up-Grade

앞에서도 언급하였으나, 재난안전통신망의 요구조건 가운데 그룹통화, PTT 등은 2014년 9월말 표준 완료 예정이며, Proximity-based services(단말간 직접통화·단독지국 통화·단말기 중계기능) 등은 2016년에 표준화가 완료될 예정이다. 현재 계획으로는 2015년 1월부터 강원도를 중심으로 시범사업을 추진할 계획이므로 표준화 진행에 따라 시스템을 up-grade할 수 있도록 설계해야 할 것이다. 일반적으로 이동통신시스템에서 시스템을 up-grade하여 서비스를 제공하는 것과 같은 방향으로 추진이 가능할 것으로 판단되며, 단말기의 교체를 통하여 공공통합망의 모든 기능을 충족하는 방향으로 시스템을 구축하는 것이 필요하다. LTE 기반의 재난안전통신망, 철도망, e-Navigation 전국망 구축은 전 세계적으로 우리나라가 선도적으로 추진하는 계획으로 국제적인 표준화 계획에 따라 구축된 시스템을 up-grade하여 신뢰성 있는 시스템을 구축함으로써 국제적으로 이 분야에 주도적인 역할을 담당할 수 있을 것이다.

4.5 상용망과의 공존

재난안전통신망을 중심으로 하는 공공통합망 구축 방법에 대하여는 다양한 의견이 있으나, 『상용망 이용』, 『상용망 MVNO 운용』, 『자가망 위탁구축·운영』, 『자가망 구축·운영』, 『자가망과 상용망 혼합운용』 등을 생각할 수 있다. 각 구축방법에 따라 장·단점을 생각할 수 있으나, 보안 및 유사시 트래픽 증가에 유연한 대응 측면에서 전 세계적으로 자가망 형태의 공공망 구축이 일반적인 형태이다. 상용망을 이용할 경우, 이동통신 사업자는 유사시 일반가입자에 대한 트래픽 증가에도 대응하여야 하고, 문제 발생시 책임 소재를 명확하게 구분하기 어렵다는 점이 큰 문제가 될 수 있기 때문이다. 재난망 TF

12) Push to Talk.

13) 3rd Generation Partnership Project.

14) Information Strategy Planning.

15) Standard operating procedure.

에서는 『자가망 구축·운영』을 전제로 상용망을 활용하는 『자가망과 상용망 혼합운영』 방안을 제안하였다. 이것은 상용망의 커버리지, 용량, 기능 등의 추가 확보와 자가망의 망 구축시간, 비용, 주파수 확보 등의 문제를 일부 해결하기 위한 방안이라고 생각할 수 있다.

상용망과 혼합하여 자가망을 구축하는 경우, 중요하게 고려해야할 내용을 다음과 같다. 일반적으로 상용망이 서비스하는 In-building 서비스 영역을 모두 포함하여 자가망을 구축한다는 것은 막대한 예산이 필요하기 때문에 한계가 있을 것으로 예상된다. 따라서 국가의 재원에 따라 자가망의 구축범위를 결정하고, In-building을 포함한 서비스 영역은 상용망을 이용하는 방법을 고려할 수 있다. 또한, 자가망의 신뢰성 확보를 위하여 유사시 상용망을 이용한 이중화 설계를 계획할 수도 있다. 그 이외에 재난시 한정된 주파수 자원으로 폭주하는 트래픽에 대처하기 어려운 경우는 Vital 정보는 자가망을 이용하고, Non-vital 정보는 상용망을 이용하는 방법도 고려할 수 있을 것이다.

V. 결 론

700 MHz 대역은 국제적으로 DTV 전환 후 증가하는 무선트래픽에 대응하기 위하여 ITU에서는 통신용으로 분배하였으며, 많은 국가에서 통신용으로 분배하거나 할당한 상황으로 국제적인 조화측면에서 통신용으로 할당하는 것이 가장 타당성이 있다고 생각한다. 또한 재난안전통신망의 경우, 통신기술방식을 이동통신의 LTE 방식으로 결정한 우리나라 상황에서는 통신방식 측면을 고려할 때 국제적인 조화에 일치한다고 할 수 있다.

세월호 참사 이후, 10년간 논란의 대상이 되었던 재난안전통신망 구축의 필요성을 모든 국민이 공감하고 있는 상황으로 재난안전통신망을 위한 주파수용도 분배는 큰 어려움이 없을 것으로 판단된다.

향후 재난안전통신망을 포함한 700 MHz 대역에 대하여 『700 MHz 활용연구반』을 중심으로 도출된 주파수 활용방안을 기반으로 미래창조과학부와 방송통신위원회의 차관급정책협의회에서 결과를 도출하고 국무조정실의 주파수 심의위원회를 통해 하루속히 용도가 결정하기를

기대하며, 이러한 과정이 신속하게 진행될 필요가 있다. 그 이유는 재난망의 경우는 2008년 2월 감사원 감사 결과에 따라 사업이 보류되어 서울, 경기와 신설고속도로를 제외한 전국망 구축이 구축되지 않아 단일 통신망을 이용한 일사불란한 지휘체제가 이루어지지 않고 있으며, 방송, 통신의 경우는 2010년부터 5년간 지루한 논의가 진행되고 있어 해당분야에 대한 국내 기술 개발 및 서비스 제공이 지연되고 있기 때문이다.

안전행정부의 정보화 전략추진(ISP)에 따라 공공통합망의 구축을 위한 계획이 수립될 것으로 예상된다. 정보화추진전략에서는 논문에서 제안한 공공통합망 구축시 고려사항을 함께 검토하여 조속한 기간 내에 재난 관련 무선통신망을 구축하여야 할 것이다.

References

- [1] WRC-07, "Final acts of the world radio-communication Conference (Resolution 224)", ITU, pp. 382-387, 2008.
- [2] WRC-12, "Use of the frequency band 694~790 MHz by the mobile, except aeronautical mobile, service in Region 1 and related studies(Resolution 232)", 2012.
- [3] APT, "UHF band usage and considerations for realizing the UHF digital dividend", 2009.
- [4] APT, "Harmonized frequency arrangements for the band 698~806 MHz(APT/AWF/REP-14)", 2010.
- [5] FCC, Digital Dividend. Americas Regional Radiocommunication Seminar, 2013.
- [6] Industry Canada, "Licensing Framework for Mobile Broadband Services(MBS)-700 MHz band", Mar. 2013.
- [7] Aetha, "Case studies for the award of the 700 MHz/800 MHz band", Nov. 2011.
- [8] Organization of American States, "Report on the band plans adopted for the 698~806 MHz Band in accordance with option 2 of recommendation PCC.II/Rec. 30 (XVIII-11)", Apr. 2013.
- [9] CEPT, "Facilitating the release of the digital dividend in the European Union", Commission Recommendation, Oct. 2009.

- [10] European Commission. Mandate to CEPT to develop harmonized technical conditions for the 694~790 MHz (700 MHz) frequency band in the EU, Mar. 2013.
- [11] 電氣通信市場の環境變化への対応検討部會, "ワイヤレスブロードバンド實現のための周波數検討ワーキンググループ", 總務省, Nov. 2010.
- [12] 總合通信基盤局, 3.9世代移動通信システムの普及のための特定基地局の開設計畫の認定, 總務省, Jun. 2012.
- [13] WRC-03, "Public protection and disaster relief (Resolution 646)", 2003.
- [14] <http://www.kcc.go.kr/user.do?mode=view&page=A050-30000&dc=K05030000&boardId=1113&cp=1&ctx=ALL&searchKey=ALL&searchVal=698&boardSeq=15475>
- [15] <http://www.kcc.go.kr/user.do?mode=view&page=A0503-0000&dc=K05030000&boardId=1113&cp=107&boardSeq=33026>
- [16] 한국통신학회 외1, "국가재난안전통신망 공개토론회", 미래창조과학부, 2014년 7월.
- [17] www.daejonilbo.com/news/newsitem.asp?pk_no=1115203
- [18] MBC, 한국방송인총연합회, "국민행복 700플랜 토론회", 2012년 11월.
- [19] 미래창조과학부, "모바일광개토플랜 2.0", 2013년 12월.
- [20] 재난안전통신망구축기획단, "예비타당성 조사 수행을 위한 재난안전무선통신망 구축사업 참고자료", 행정안전부, 2013년 3월.
- [21] 철도주파수연구반, "차세대 철도 통합무선망 구축에 관한 철도전용주파수 할당에 관한 연구", 한국방송통신전파진흥원(KCA), 2012년 12월.
- [22] 공공용 통합주파수 확보 및 공급방안 연구반 자료, "e-Nav. 데이터소요량 산출", 해양수산부, 2014년 5월.
- [23] Anritsu, "LTE Resource Guide", 2009년.
- [24] 한국정보화진흥원, "재난안전통신망 기술검증 연구", 2011년 10월.
- [25] 국토교통부, "700 MHz 주파수활용연구반 요청자료", 2014년 6월.
- [26] 박덕규, "공공·재난망의 700 MHz 대역 요구현황과 자가망 및 상용망 구축의 시사점", 공공안전 및 재난구조 전파통신응용워크샵, 한국전자과학회, 2014년 6월.

박 덕 규



1984년 2월: 인천대학교 전자공학과(공학사)
 1986년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
 1992년 4월: 일본 게이오대학교 전기공학과 전기공학 (공학박사)
 1992년~1995년: 일본 우정성 통신총합연

구소

1995년~현재: 목원대학교 정보통신융합공학부 교수
 2002년 일본: 전자정보통신학회(IEICE) 우수 논문상 수상
 [주 관심분야] 무선통신, 주파수 분배, 소출력, 무선설비 기술기준