

논문 2011-4-30

# 국내 공공안전재난구조 무선통신을 위한 주파수 소요량 산출

## Estimation of Spectrum Requirements for Korean Wireless Communication of Public Protection and Disaster Relief

이순화\*, 윤재선\*\*, 김장복\*\*\*, 임승각\*\*\*\*

Soon-Hwa Lee, Jae-Sun Yoon, Chang-Bock Kim, Seung-Gag Lim

**요 약** 효율적이고 체계적인 재난대응을 위해 공공안전재난구조 무선통신에서도 광대역 멀티미디어 서비스들의 요구가 점차 증대되고 있다. 최근 국내에서도 디지털 텔레비전 전환에 따른 여유 주파수를 공공안전재난구조 무선통신 주파수에 추가 할당할 수 있는지 여부를 방송통신위원회에서 검토하고 있다. 따라서 본 논문에서는 ITU-R M.1390에서 권고한 주파수 산출 방법론을 기반으로 하여 국내 공공안전재난구조 무선통신을 위한 입력 파라미터를 정의하고 요구되는 주파수 소요량을 산출하였다.

**Abstract** For Effective and systematic response to disasters, needs of broadband multimedia services in wireless communication of PPDR(public protection and disaster relief) is increasing gradually. Recently in Korea, by the digital television transition, Korea Communications Commission is considering whether the freed spectrum can assign additional spectrum of PPDR or not. In this paper, we were defined the input parameters, were estimated the spectrum of requirements for Korean wireless communication of PPDR based on M.1390 methodology recommended by ITU-R.

**Key Words :** Spectrum Requirements Estimation, PPDR.

### 1. 서 론

최근 자연적이거나 인위적인 재난재해가 급증함에 따라 급속히 발전되고 있는 정보통신 기술을 PPDR(public protection and disaster relief) 무선통신에 접목하여 보다 효율적이고 체계적인 재난관리 시스템을 구축하고자 하는 것이 국가 차원의 주요 과제로 인식하고 있다.

이에 따라 전 세계 여러 국가들은 ITU-R 권고에 따라

‘공공안전 및 재난구조(이하 ‘PPDR’) 무선통신용 주파수의 추가 확보와 공통주파수 지정을 논의하고 있다.

하지만 국내의 경우에는 오래전부터 경찰, 소방, 산불진화, 민방공, 홍수통제, 행정통신 등 각 소요기관별 용도에 따라 주파수가 산재되어 운영되고 있다. 따라서 주파수 자원 낭비뿐만 아니라 재난발생시 현장대응기관간 협업도 현실상 불가능하다<sup>[7]</sup>. 결국 재난발생시 일사불란하고 효과적인 현장대응을 위해서는 기관별 산재되어 있는 PPDR 무선통신망의 통합과 이에 필요한 공통주파수 대역의 지정이 필요하다.

따라서 본 논문에서는 ITU-R M.1390 주파수 소요량 산출 권고안을 기반으로 국내 환경에 맞는 입력 파라미터와 PPDR 주파수 소요량을 제시하고자 한다.

\*정회원, 행정안전부 재난안전정책과

\*\*준회원, 공주대학교 정보통신공학과

\*\*\*정회원, 홍익대학교 전자전기공학부

\*\*\*\*정회원, 공주대학교 정보통신공학부(교신저자)

접수일자 2011.5.18, 수정완료 2011.7.20

게재확정일자 2011.8.12

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 본 논문에 적용할 주파수 소요량 산출방법에 대해서 논하고, III장에서는 주파수 소요량 산출에 필요한 입력 파라미터를 정의하며, IV장에서는 주파수 소요량을 산출 한 후, V장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

## II. 주파수 소요량 산출 방법

### 1. 일반적인 주파수 소요량 산출 절차

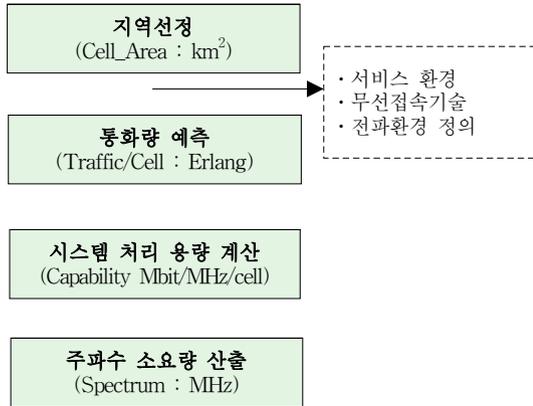


그림 1. 일반적인 주파수 소요량 산출 절차<sup>[5]</sup>  
Fig. 1. General procedures to calculate spectrum requirements<sup>[5]</sup>

일반적인 주파수 소요량 산출방법을 그림 1과 같이 도식화 하였으며 세부설명은 다음과 같다. 먼저 이동통신 서비스를 위한 주파수 수요가 가장 많은 지역을 선정하고, 해당 지역의 시장 및 통화량을 산출하여, 이를 시스템 처리 용량으로 나눈 후, 최종적으로 주파수 소요량을 산출한다.

### 2. ITU-R M.1390 산출 방법론

WCDMA, CDMA2000 등, IMT-2000 시스템을 기반으로 한 주파수 산출 방법론이 ITU-R M.1390 권고안에 기술되어 있다<sup>[1]</sup>. 권고안은 주파수 소요량을 산출하는 일반 절차를 구체화한 것으로 지상 구간의 총 스펙트럼 요구량 산출 방법에 대하여 정리하였다. 권고안의 구체적 사항은 다음과 같다.

각 환경 및 서비스별로 12가지 파라미터(①사용자 밀도 ②셀면적 ③보급율 ④최번시 호시도수 ⑤최번시 호 지속시간 ⑥활성화율 ⑦그룹크기 ⑧QoS ⑨시스템 용량

⑩서비스 채널 속도 ⑪가중치 팩터 ⑫조정 팩터)값을 선정하면 해당 환경 및 서비스별 주파수 개별 소요량 산출이 가능하며, 개별 주파수 소요량을 모두 합치면 해당 지역의 전체 주파수 소요량을 산출 할 수 있다.

### 3. ITU-R M.1768 산출 방법론

IMT-Advanced 시스템은 IP 기반의 이중 시스템 간 끊김 없는 연동을 바탕으로 하고 있다. 그러나 ITU-R M.1390 권고안은 단일 네트워크만을 고려하고 있고 IP와 같은 패킷 교환 서비스에 대한 정확한 모델링에 한계가 있어 ITU-R M.1768 권고안을 새로이 개발하였다<sup>[2]</sup>.

ITU-R M.1768과 ITU-R M.1390의 공통점은 결정론적 접근법을 따르며 비슷한 단계를 포함하고 있다. ITU-R M.1768과 ITU-R M.1390의 차이점은 ITU-R M.1768이 서비스의 실제의 시장 자료를 반영하여 주파수 요구량을 예측하므로 보다 발전된 방법론이라는 점과 IP 패킷 기반 서비스를 더 잘 모델링하고 있다는 점이다. 다만 시장 자료는 시간 의존성이 강하므로 시장의 트래픽 요구량과 분배율의 분석 자료가 적시에 제공되지 않을 경우 오차 클 수 있다. 또한 각 환경 및 서비스별 파라미터의 세분화가 심해 주파수 소요량 산출 과정이 복잡하다는 단점도 병존하고 있다.

ITU-R M.1768 주파수 소요량 구체적인 산출방법은 다음과 같다. 먼저 시장에서 얻어진 자료를 분석한 후, 이동통신 시스템의 모든 트래픽을 무선 환경과 무선접속기술(RAT : Radio Access Technique)별로 분배하고 난 뒤, 무선접속기술별 주파수 요구량을 계산하여 공간적으로 중첩되지 않은 최대치를 취합해 주파수 소요량을 최종적으로 산출한다.

### 4. 본 논문에서 적용할 산출 방법론

국내의 PPDR 주파수 소요량을 산출하기 위해서는 먼저 산출 방법론을 선정하여야 한다.

대다수의 국가에서는 PPDR 관련 기관의 무선통신망을 통합하여 재난발생시 일원화된 지휘체계 확보와 주파수 효율성을 높이고자 하고 있다. 따라서 본 논문에서는 국내 PPDR 무선통신망이 단일 네트워크를 통해 서비스되는 통합망 환경으로 가정할 수 있으므로 ITU-R M.1390 방법론에 기반을 두어 주파수 소요량을 산출한다.

### III. 입력 파라미터 정의

#### 1. 지역선정 파라미터

지역선정의 기준은 주파수 소요량이 가장 많이 요구되는 지역이어야 한다. 이에 따라 일반 이동통신망 입장에서는 단순히 인구밀도가 높은 도심지역의 최번시로 선정하면 된다. 그러나 PPDR 무선통신은 재난의 규모에 따라 재난대응인력수가 결정된다. 따라서 본 논문에서는 2003년 2월 18일 대구지하철 1호선 중앙로역에서 발생한 대형화재 사건으로 지역을 선정한다.

#### 가. 셀 면적(cell area, km<sup>2</sup>/cell)

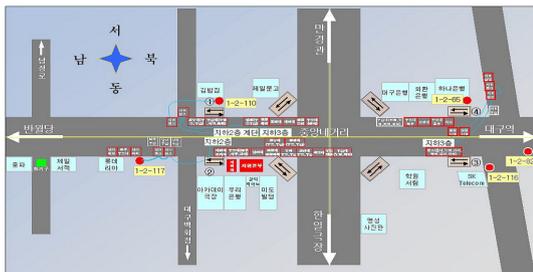


그림 2. 대구지하철 화재사고 재난대응 범위<sup>[6]</sup>  
Fig. 2. Range of disaster response in Daegu metropolitan subway fire accident<sup>[6]</sup>

대구지하철 화재사고 당시 현장대응기관은 그림 2와 같이 직경(D) 1km 범위에서 중앙네거리를 중심으로 대부분 진압 및 구조 활동을 진행하였다<sup>[6]</sup>. 따라서 셀 면적의 형태가 원형이라고 가정하고 식 (1)과 같이 정의한다.

$$CA_{omni} = \frac{\pi D^2}{4} = 0.785 \text{ [km}^2/\text{cell]} \quad (1)$$

#### 나. 잠재 사용자 밀도 (potential population density, 명/cell)

대구지하철화재 당시 셀 직경 1km 범위 내에서 소방 인력 906명, 유관기관 인력 2,308명 인 것으로 파악되었다. 구체적인 인력 동원현황은 다음과 같다<sup>[6]</sup>.

소방의 경우 ▲현장지휘 11명(1.2%), ▲지휘소운영 40명(4.4%), ▲화재진압 154명(17.0%), ▲인명구조 403명(44.5%), ▲구급 131명(14.5%), ▲장비지원 97명(10.7%), ▲기타 70명(7.7%) 이다.

유관기관의 경우 ▲경찰 1020명(44.2%), ▲군 214명

(9.3%), ▲의료 94명(4.1%), ▲전기 19명(0.8%), ▲가스 14명(0.6%), ▲통신 4명(0.2%), ▲자원봉사 435명(18.8%), ▲기타 508명(22.0%)이다.

위 인력 동원현황 자료를 PPDR 무선통신망의 잠재 사용자 밀도의 입력 파라미터 값으로 적용하기에는 한계 요인이 있다. 즉 재난현장 대응과 직접적인 관계가 없는 인력을 제외하여야 한다.

재난관리 단계는 일반적으로 ‘예방→대비→대응→복구’ 순이며 이중 통화량이 가장 많은 최번시 시점은 재난 발생 직후인 대응단계라고 볼 수 있다. 따라서 유관기관 인력 중 주로 복구단계에 투입되는 ‘군’ 인력은 제외한다. 또한 PPDR 무선통신망은 주로 재난관리 기관간의 자가망(Private Network)으로 운용되기 때문에 민간신분인 자원봉사 인력은 원칙적으로 이용할 수 없으므로 제외한다. 아울러 재난관리 단계별 투입시점이 불분명한 기타 인력도 제외한다.

표 1과 같이 기관별 잠재 사용자 밀도(전체, 셀 당)를 새로이 정의하였으며 ‘전체 사용자 밀도(Pop<sub>tot</sub>)’와 ‘잠재 사용자 밀도(Pop<sub>potential</sub>)’의 관계는 식 (2)와 같다.

$$Pop_{potential} = CA_{omni} \times Pop_{tot} \quad (2)$$

표 1. 기관별 잠재 사용자 밀도

Table 1. Potential population density by type of agency

구분	Pop <sub>tot</sub> (명)	Pop <sub>potential</sub> (명)
계	1,987	1,560
소방	836	656
경찰	1,020	801
의료	94	74
전기	19	15
가스	14	11
통신	4	3

표 1에서 기관별 잠재 사용자 밀도를 정의하였으나 서비스 이용 형태는 기관의 유형보다 사용자 임무 및 역할의 유사성에 의존한다고 가정하는 것이 보다 합리적이다. 그러나 대구지하철 화재사고 당시 소방은 동원인력에 대한 세부 현황 자료가 있으나 경찰은 ‘임무 및 역할’ 비율에 관한 자료가 부재하다. 따라서 표 2와 같이 소방의 동원인력의 임무 및 역할의 비율만큼 경찰 동원인력에 적

용하여 추계한다. 물론 구조·구급과 같은 경우는 경찰의 고유 업무는 아니라고 할 수 있다. 그러나 대형복합재난의 경우 소방과 함께 협업을 한다는 것으로 가정한다. 나머지 전기, 가스, 통신은 현장지원으로 합산하고 의료는 독립 임무 및 역할로 별도 구분한다.

**표 2. 임무 및 역할별 잠재 사용자 밀도**  
Table 2. Population density by type of user part

구분	Pop <sub>Tot</sub> (명)	Pop <sub>Potential</sub> (명)	비율(%)
계	1,987	1,560	-
지휘	113	89	5.7
대응·진압	1,237	971	62.2
구급	291	228	14.6
의료	94	74	4.8
현장지원	252	198	12.7

## 2. 통화량 예측 파라미터

### 가. 서비스 유형(kbit/s)

ITU-M.2023 권고안에 따른 '음성(S, speech)' '단문 메시지(SM, simple message)', '교환(저속)데이터(SD, switched data)', '중속 멀티미디어(MM, medium multimedia)', '고속 멀티미디어(HMM, high multimedia)', '대화식 고속 멀티미디어(HIMM, high interactive multimedia)' 서비스 유형과 전송률을 표 3과 같이 정의한다.<sup>[3][8]</sup>

**표 3. 서비스 유형별 전송률**  
Table 3. Transfer rate by type of services

서비스	형태	전송율[kbps]	
		상향	하향
S	회선(CBR)	16	16
SM	패킷	14	14
SD	회선(CBR)	64	64
MM	패킷	64	384
HMM	패킷	128	2,000
HIMM	회선(CBR)	128	128

### 나. 보급률(penetration rate)

모든 사용자가 표 3에서 정의한 서비스 모두를 이용하는 것은 아니므로 서비스별 실제 사용하는 비율인 보급률 파라미터가 필요하다.

로마에서 열린 ITU-R WP8A WG 회의에 한국이 제출한 문서내용에서는 스펙트럼 보급률을 '평시 0.01 ~ 천재지면 1.0'으로 제시하고 이 값을 표준으로 정의하고자 제안하였다<sup>[7]</sup>. 그러나 이 값은 실제 PPDR에서 요구하는 총 주파수 소요량과 재난의 규모 및 성격에 따른 주파수 소요량의 비율로 정의하였다. 따라서 서비스별 보급률로 적용하기에는 한계가 있다.

ITU-R M.2033 권고안에서는 본 논문에서 적용하고자 하는 서비스별 보급률로 정의하고 있다<sup>[4]</sup>. 그러나 시도 단위규모의 PPDR 서비스 용도별 무선국 보급 비율로 정의하여 특정한 대형재난이 아닌 평시 환경을 반영하는 한계가 있다. 즉 대형재난이 발생한 지역에 현장대응인력과 무선통신장비들이 집중된다는 현실을 고려하지 못하고 있다.

따라서 본 논문에서는 기본적으로 모든 현장대응요원은 무선국 장비를 보유하고 있다고 가정하고 개인 임무별 역할에 따라 요구하는 서비스별 비율을 보급률로 정의한다.

첫째, 음성과 단문메시지의 경우 보급률은 '1'로 정의한다. 그 이유는 PPDR 무선통신의 필수 서비스 기능으로 전체 사용자가 이용되어야 하기 때문이다<sup>[8]</sup>.

둘째, 교환 데이터 서비스의 경우 보급률은 '0'로 정의한다. 그 이유는 데이터 서비스는 회선형태에서 점차 패킷형태(All-IP)로 통합되는 추세를 볼 때, 센서급 데이터는 단문메시지, 센서급 이상의 데이터는 중속 멀티미디어 서비스로 수용될 것으로 예측되기 때문이다.

셋째, 중속 멀티미디어 서비스는 '0.81(지휘+대응진압+현장지원), 고속 멀티미디어 서비스 '0.25(지휘+구급+의료)'로 정의한다. 위 정의는 개별 사용자가 동시에 복수 서비스를 이용하지 않는 것을 가정으로 하였으나, 지휘자는 재난의 전체 현황을 조망하여야 하므로 전체 서비스를 이용하는 것으로 가정의 예외를 두었다. 또한 선진국을 중심으로 환자 이송 중 구급차 내에서 환자의 정보를 영상으로 의사에게 제공하고 구급대원 공동으로 응급환자를 진료하는 추세를 보이고 있다<sup>[8]</sup>. 따라서 구급과 의료는 고속 멀티미디어 서비스를 사용한다고 가정한다.

넷째, 일종의 회선급 영상통화 서비스에 해당하는 대화식 고속 멀티미디어 서비스의 보급률은 '1'로 정의한다. 현시점의 보급률은 높지 않은 것이 현실이나 행정안전부에서 2015년까지 구축할 예정인 재난안전무선통신망의 요구기능 중 영상통화 서비스가 2011년 3월 제시되었다.

따라서 향후 PPDR 무선통신 기술의 발전 등을 고려하여 음성 서비스와 같은 보급률인 '1'로 정의하였다.

위와 같이 정의한 PPDR 무선통신 서비스별 보급률의 전체 정의 값은 표 4와 같다.

**표 4. 서비스 유형별 보급률**  
Table 4. Penetration rate by type of services

서비스		보급률	비고
S	그룹	1.0	-
	개별	1.0	-
S	M	1.0	-
S	D	0	SM/MM급 통합
M	M	0.81	-
H	M	0.25	-
H	I	1.0	-

**다. 사용자 트래픽 파라미터**

'최번시 호시도수(BHCA, busy hour call attempt)', '호 지속 시간(ACHT, average call holding time)', '활성화율(AF, activity factor)'에 대해서는 참고문헌 제시값과 실측값(2008년 초발시위 당시 소방방재청 통합지휘무선통신망 광화문중앙청사 기지국 통계치)을 적용하였으며 표 5와 표 6의 정의와 같다.

이와 같이 제시값과 실측값을 동시에 제시하는 이유는 현재 '통합지휘무선통신망'이 2세대급 TETRA-TRS 방식을 적용하고 있어 모든 서비스 유형에 대한 실측값 자료를 확보하기에 한계가 있기 때문이다<sup>[9]</sup>.

**표 5. 서비스 유형별 최번시 호시도수와 호지속시간**  
Table 5. BHCA and ACHT by type of services

구분	BHCA(건수/인)	ACHT(sec)	비고	
S	그룹	26.58	10	실측치
	개별	0.001	100	실측치
SM	3.26	3	[5][8]	
MM	0.86	253	[5]	
HMM	0.34	171	[5]	
HIMM	0.06	222	[5]	

**표 6. 서비스 유형별 활성화율<sup>[5]</sup>**  
Table 6. Activity factor by type of services

구분	상향	하향	비고
S	0.5	0.5	-
SM	1.0	1.0	-
MM	0.00285	0.015	-
HMM	0.00285	0.015	-
HIMM	1.0	1.0	영상통화

**라. 무선시스템 파라미터**

'그룹크기(group size)'와 '시스템 처리 용량(network system capability)'은 무선시스템 파라미터에 속한다.

먼저 '그룹크기(G)'는 셀 간 최번시가 동일하지 않을 때 셀 간 자원을 공유할 수 있다는 점을 고려하여 적용된 파라미터이다. 그러나 PPDR 통신은 사건 발생에 의존하므로 최번시는 특정 그룹에 일정할 것으로 예측된다. 따라서 본 논문에서는 '1.0'으로 설정한다.

시스템 처리 용량이란 셀당 1bit/s의 전송률을 위해 필요한 대역폭을 의미한다. 즉 시스템 용량은 주파수 효율성과 관련 있으며 주요 결정 요소는 요구  $E_b/N_0$ , 요구 C/I, 코딩기술, 모뎀기술, 오버헤드(overhead) 팩터 등이다.

**마. QoS 함수**

QoS 요구사항을 만족하는 그룹당 채널수에 대하여 ITU-R M.2023 보고서는 회선 서비스의 경우 호 차단율을 0.01, 패킷 서비스의 경우 평균 세션 지속 시간의 50%를 초과하는 대기 시간의 확률로 0.01로 명시하였다<sup>[3]</sup>. 본 논문에서는 ITU-R M.2023 보고서의 제시값을 적용한다.

**IV. 주파수 소요량 산출 결과**

**1. 사용자당 제공 트래픽 산출**

$$T_{user} = BHCA \times ACHT \times AF \tag{3}$$

'사용자당 제공 트래픽( $T_{user}$ )'은 식 (3)과 같이 최번시 호시도수, 호지속시간, 활성화율의 곱으로 정의되며 표 7과 같이 산출된다.

표 7. 서비스 유형별 사용자당 제공 트래픽  
Table 7. Offered Traffic per user by type of services

구 분		상향	하향
S	그룹	132.90	132.90
	개별	0.05	0.05
SM		9.78	9.78
MM		0.62	3.26
HMM		0.17	0.87
HIMM		13.32	13.32

2. 셀 당 제공 트래픽

$$T_{cell} = Pop_{potential} \times Pen_{rate} \times T_{user} \quad (4)$$

앞 절에서 언급한 ‘잠재 사용자 밀도(Pop<sub>potential</sub>)’, ‘보급율(Pen<sub>rate</sub>)’, ‘사용자 당 제공 트래픽(T<sub>user</sub>)’의 곱으로 식 (4)와 같이 정의하며 산출된 결과는 표 8과 같다.

표 8. 서비스 유형별 셀 당 제공 트래픽  
Table 8. Offered Traffic per cell by type of services

구 분		상향	하향
S	그룹	207,324	207,324
	개별	78	78
SM		15,257	15,257
MM		783	4,119
HMM		66	339
HIMM		20,779	20,779

3. 그룹 당 제공 트래픽

$$T_{group} = \left( \frac{T_{cell}}{3600} \right) \times G \text{ [Erlangs]} \quad (5)$$

식 (5)와 1개 그룹으로 구성된 셀 수를 ‘그룹크기(G)’에 셀 당 제공 트래픽을 곱한 것을 ‘그룹당 제공 트래픽(T<sub>group</sub>)’으로 정의하며 산출결과는 표 9와 같다. 여기서 유의할 점은 그룹 당 제공 트래픽의 단위는 얼랑(erlang)이라는 점이다.

표 9. 서비스 유형별 그룹 당 제공 트래픽(G=1)  
Table 9. Offered Traffic per group by type of services

구 분		상향(Erlangs)	하향(Erlangs)
S	그룹	57.59	57.59
	개별	0.02	0.02
SM		4.24	4.24
MM		0.22	1.14
HMM		0.02	0.09
HIMM		5.77	5.77

4. 셀 당 요구 채널 수 산출

‘음성(S) 개별통화’와 ‘대화식 고속 멀티미디어(HIMM)’와 같은 회선 서비스는 식 (6)과 같이 Erlang B 모델의 호차단율 1%를 적용하여 서비스 채널수를 정의한다<sup>[5]</sup>. 여기서 a는 트래픽, c는 채널수 이다.

$$ErlangB(0.01) = \frac{a^c/c!}{\sum_{k=0}^c a^k/k!} \quad (6)$$

‘음성(S) 그룹통화’는 회선 서비스로 속하나 호 요청시 모든 채널이 통화중일 때 호를 대기열에 기억시키고 순서대로 서비스를 처리한다. 따라서 패킷 서비스와 같이 Erlang C 모델을 적용하는 것이 합리적이다. 세션지속시간 50%를 초과하는 대기시간의 확률을 갖는 패킷이 1%인 경우를 적용한 서비스 채널수는 식7과 같이 정의한다<sup>[5]</sup>.

$$ErlangC(0.01) = \frac{\frac{a^c}{c!(1-a/c)} \exp\left(-\frac{c-a}{2}\right)}{\sum_{k=0}^c \frac{a^k}{k!} + \frac{a^c}{c!(1-a/c)}} \quad (7)$$

표 9의 그룹 당 통화량을 식 (6)과 식 (7)에 따라 정의하여 채널수를 구하면 이는 그룹 당 요구 채널수 이다. 따라서 다시 그룹크기로 나누어 서비스 유형별 ‘셀 당 요구 채널수(N<sub>ch</sub>)’를 식 (8)로 정의하며 산출된 결과는 표 10과 같다.

$$N_{ch} = \frac{c}{G} \quad (8)$$

**표 10. 서비스 유형별 셀 당 요구 채널수(G=1)**  
**Table 10. Required channels per cell by type of services**

구분		상향	하향
S	그룹	77	77
	개별	2	2
SM		11	11
MM		3	5
HMM		1	2
HIMM		12	12

**5. 셀 당 요구 전송률 산출**

‘셀 당 요구되는 전송률( $R_{cell}$ )’은 셀 당 요구 채널수에 표 3의 서비스 유형별 전송률(Mbps 변환)을 곱한 것으로 식 (9)로 정의하며 산출된 결과는 표 11과 같다.

$$R_{cell} = N_{ch} \times \left( \frac{R_{services}}{1,000} \right) [Mbps] \quad (9)$$

**표 11. 서비스 유형별 셀 당 요구 전송률**  
**Table 11. Transfer rate per cell by type of services**

구분		상향(Mbps/cell)	하향(Mbps/cell)
계		3.83	9.42
S	그룹	1.23	1.23
	개별	0.03	0.03
SM		0.70	0.70
MM		0.20	1.92
HMM		0.13	4.00
HIMM		1.54	1.54

**6. 최종 소요 주파수 대역폭 산출**

최종 요구되는 ‘주파수 소요 대역폭(S)’은 ‘셀 당 요구 전송률( $R_{cell}$ )’을 ‘시스템 처리 용량’으로 나눈 값을 ‘조정 팩터( $\beta$ )’로 곱한 것으로 식 (10)과 같다.

$$S = \left( \frac{R_{cell}}{Net\ System\ Capability} \right) \beta [MHz] \quad (10)$$

‘시스템 처리 용량’은 정확한 표준치로 제시되고 않고 보통 실험결과나 제조사 통계치에 따라 상이한 등, 아직

많은 연구가 필요한 파라미터이다<sup>[10]</sup>. 따라서 본 논문에서는 국내에서 예시(www.ktword.co.kr)된 값을 바탕으로 ‘2세대 ~ 3.75세대’로 구분하여 값을 정의한다.

또한 PPDR 무선통신의 가장 중요한 점이 신뢰성 및 생존성을 감안하여 ‘조정팩터’ 파라미터 값을 통해 10%의 대역폭을 추가 정의한다.

위 파라미터 값을 적용하여 최종 산출된 ‘소요 주파수 대역폭’ 산출 결과는 표 12와 같다.

**표 12. 소요 주파수 대역폭**  
**Table 12. Estimation of Spectrum Requirements**

구분	시스템 용량치	소요 주파수 대역폭 (MHz)		
		계	상향	하향
2G	0.38	38.36	11.09	27.27
2.5G	0.77	18.92	5.47	13.45
3G	1	14.57	4.21	10.36
3.5G	2	7.29	2.11	5.18
3.75G	3	4.86	1.41	3.45

**V. 결론**

본 논문에서는 국내 환경에 맞는 PPDR 무선통신의 실질적인 트래픽 특성을 분석하여 ITU-R M.1390의 주파수 소요량 산출에 필요한 입력 파라미터를 구해본 결과 이동통신망 기술의 세대에 따라 소요 주파수는 ‘4.86MHz~ 38.36MHz’인 것으로 산출되었다.

하지만 PPDR 무선통신 기술을 어떠한 방식으로 선택 하느냐에 따라 실제적인 필요 주파수는 소요 주파수와 다를 수 있다.

즉, 2G기반 TETRA-TRS 상용기술은 기본 대역폭 단위를 5MHz, 듀플렉싱 기법은 FDD(Frequency Division Duplexing)를 적용하고 있으므로 실질적인 필요 주파수는 60MHz(상향 30MHz, 하향 30MHz)이며, 3G기반 WCDMA 상용기술은 기본 대역폭 단위를 5MHz, 듀플렉싱 기법은 FDD(Frequency Division Duplexing)를 적용하고 있으므로 실질적인 필요 주파수는 30MHz(상향 15MHz, 하향 15MHz)이고, 3G기반 WiMAX 상용기술은 기본 대역폭 단위를 10MHz, 듀플렉싱 기법은 TDD(Time Division Duplexing)를 적용하고 있으므로 실질적인 필요 주파수는 20MHz이다.

최근 디지털 TV로의 전환에 따른 700MHz 여유 주파수 대역에서 이동통신 주파수 할당 외에도 PPDR 무선통신용 주파수의 추가 지정에 대하여도 논의되고 있다. 따라서 본 논문의 결과는 ‘PPDR 무선통신용 주파수 대역을 얼마만큼 추가적으로 확보하는 것이 바람직할 것인가?’에 대한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 향후 연구과제로서는 ITU-R M.1768 방법론을 적용하여 PPDR 무선통신을 위한 주파수 소요량을 산출해보고자 한다.

### 참 고 문 헌

- [1] Rec. ITU-R M.1390, "Methodology for calculation of IMT-2000 terrestrial spectrum requirements", Jan. 1999.
- [2] Rec. ITU-R M.1768, "Methodology for calculation of spectrum requirements for the future development of the terrestrial component IMT-2000 and IMT Advanced", Mar. 2006.
- [3] Rep. ITU-R M.2023, "Spectrum requirements for IMT-2000", May. 2000.
- [4] Rep. ITU-R M.2033, "Radiocommunication objectives and requirements for public protection and disaster relief", June. 2003.
- [5] 정우기, "국내 이동통신 트래픽 분석에 의한 3G 이동통신 주파수 소요량 산출", 한국전자과학회논문지, 제20권, 제3호, 257-263쪽, 2009년 3월
- [6] 함성웅, "2. 18 대구지하철사고의 소방력 운용실태 분석", 경일대학교 산업대학원 석사학위 청구논문, 2007년
- [7] 한국전파진흥협회, "재난통신용 주파수 확보 및 간이무선국용 주파수 초협대역화 추진 방안 연구", 정보통신부 연구용역보고서, 2002년 12월
- [8] 광대역공공안전재난통신표준화포럼, "광대역공공안전재난통신표준화포럼 연구보고서", 2010년 12월
- [9] KT, 안세기술, "통합지휘무선통신망 구축 전략계획수립 보고서", 2008년 11월
- [10] 정우기, "4세대 이동통신 주파수 소요량 산출 방법론 연구", 정보통신부 학술연구보고서, 2005년 4월

### 저자 소개

#### 이 순 화(정회원)



- 2001년 서울과학기술대학교 매체공학 학사
- 2003년 홍익대학교 전자공학 석사
- 2009년 홍익대학교 전자공학 박사
- 2006년~2009년 소방방재청
- 2009년~현재 행정안전부
- 정보통신기술사(78회), 전산응용기술사(86회)

사(86회)

<주관심분야 : 재난통신, 이동통신, 센서네트워크 >

#### 윤 재 선(준회원)



- 2002년 관동대학교 전자공학 학사
- 2006년 홍익대학교 전자공학 석사
- 2009년~현재 공주대학교 정보통신공학 박사과정

<주관심분야 : 적응필터, 이동통신, 재난통신>

#### 김 장 복(정회원)



- 1974년 연세대학교 전자공학 학사
- 1976년 연세대학교 전자공학 석사
- 1983년 연세대학교 전자공학 박사
- 1979년~현재 홍익대학교 전자전기공학부 교수

<주관심분야 : 디지털통신, 통신네트워크, 컴퓨터회로망>

#### 임 승 각(정회원)



- 1983년 숭실대학교 전자공학 학사
- 1985년 경희대학교 전자공학 석사
- 1997년 경희대학교 전자공학 박사
- 2003년~현재 공주대학교 정보통신공학부 교수

<주관심분야 : 통신/방송시스템, 이동통신 >