

# TETRA-TRS의 ITU-R M.2033 기반 국내 재난안전 무선통신망 주파수 소요량 산출

이 순 화\*, 김 장 복<sup>o</sup>

## Spectrum Requirement Estimation for Korean Wireless Communication Network of Public Protection and Disaster Relief Based on ITU-R M.2033 in TETRA-TRS

Soon-hwa Lee\*, Chang-bock Kim<sup>o</sup>

요 약

국내에서도 효율적이고 체계적인 재난대응을 위해 정부는 국가차원의 재난안전무선통신망을 2015년까지 구축할 예정이다. 이를 위해 행정안전부가 재난용 신규 주파수 지정을 요청함에 따라 방송통신위원회에서는 TETRA와 WiBro 기술방식을 대상으로 주파수 할당 여부에 대해 검토하고 있다. 따라서 본 논문에서는 ITU-R M.2033에서 권고한 주파수 산출 방법론을 기반으로 하여 국내 재난안전무선통신망을 위한 기술적 파라미터를 정의하고 TETRA-TRS에서 요구되는 주파수 소요량을 산출하였다.

**Key Words** : Spectrum Estimation, PPDR, TETRA, TRS, ITU-R M.2033

### ABSTRACT

In South Korea, to effective and systematic response to disasters, the government will build wireless communication network for PPDR(Public Protection and Disaster Relief) on a national level by 2015. To do it, as MOPAS(Ministry of Public Administration and Security) requested the new frequency assignment for PPDR, KCC(Korea Communications Commission) has been examined new frequency allocations about TETRA and WiBro technologies. In this paper, we were defined the technical parameters, were estimated the spectrum of TETRA-TRS requirements for Korean wireless communication of PPDR based on M.2033 methodology recommended by ITU-R.

### I. 서 론

최근 자연적이거나 인위적인 재난재해가 급증함에 따라 보다 효율적이고 체계적인 재난관리 시스템의 구축을 위해 급속히 발전되고 있는 정보통신 기술을 PPDR(Public Protection and Disaster Relief) 무선통신 분야에도 접목하려는 국가적인 차

원의 노력이 전 세계적으로 진행 중에 있다.

국내에서도 재난안전무선통신망 구축에 앞서 생존성, 재난대응성, 상호운용성 등 재난 대응을 위한 통신의 기본 특성과 37개 요구기능을 행안부에서 구체적으로 제시하고 한국정보화진흥원에서 기술검증을 실시한('11.4~10월) 결과 디지털 TRS(Trunked Radio System) 방식인 TETRA(Terrestrial European

\* 주저자 : 행정안전부 재난안전통신망구축기획단, jolimont@gmail.com, 정회원

<sup>o</sup> 교신저자 : 홍익대학교 전자전기공학부, hoffnung@hongik.ac.kr, 종신회원

논문번호 : KICS2012-04-214, 접수일자 : 2012년 4월 23일, 최종논문접수일자 : 2012년 9월 26일

Trunked Radio Access)와 WiBro(Wireless Broad band internet)가 적합한 것으로 발표되었다.

TETRA는 2005년 5월 정통부에서 통합지휘무선 통신망을 위해 800MHz 주파수 대역에서 상·하향 각각 5MHz 폭을 분배한바 있다. 그러나 이는 음성 과 저속 데이터 서비스를 고려한 것으로 2011년 3 월 행안부에서 제시한 주요 요구기능 중 영상통화 와 같은 멀티미디어 서비스를 수용하기에는 한계가 있을 것으로 예측된다<sup>10)</sup>.

따라서 본 논문에서는 재난안전무선통신망의 서 비스 및 TETRA의 기술 진화방향을 예측하여 기술 적 파라미터를 정의하고 PPDR 주파수 소요량 산출 방법론인 ITU-R M.2033을 기반으로 주파수 소요량 을 산출하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 TETRA 기술 진화 추세와 PPDR 주파수 소요량 산 출방법인 ITU-R M.2033에 대하여 설명한다. III장 에서는 기술적 파라미터를 정의하고 IV장에서 주파 수 소요량을 산출한 뒤, V장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

## II. 관련연구

세계 각국은 자국 내 재난관리 역량의 향상 등을 위해 음성 위주의 단순 서비스에서 멀티미디어 위 주의 고속 데이터 서비스를 요구하고 있다.

TETRA는 개방형 디지털 TRS로서 유럽 ETSI 주도로 1996년에 GPRS(General Packet Radio Service) 기반의 Release 1.0이 제정된 이후 고속 데이터 통신을 위해 EDGE(Enhanced Data rates for Global Evolution) 기반의 Release 2.0이 개발되 었으며 향후 광대역 서비스 수요를 위해 LTE(Long Term Evolution) 기반 구조로 진화될 것으로 예측 된다. ITU-R도 이미 30여 년 전부터 M.1153 권고 를 통해 전체 PPDR 트래픽 중 비음성 트래픽이 차 지하는 비율이 높아질 것이라고 예측하였으며 2003 년 M.2033을 통해 멀티미디어 서비스를 고려한 PPDR 주파수 소요량 산출 방법론도 구체적으로 제 시하였다<sup>11)</sup>.

### 2.1. TETRA

범 유럽 차원에서 PPDR 기술표준을 완성하기 위해 ETSI내 RES-6(Radio Equipment and System group number 6) 위원회를 1990년에 설치하여 기 술개발 및 표준화를 진행한 것이 TETRA 표준규격

이 완성될 수 있었던 첫 계기가 되었다.

TETRA는 현재 음성 위주의 협대역 방식인 Release 1(28.8kbps/25kHz)에 이어 준 광대역 방식 인 Release 2(384~540kbps/150kHz) 표준까지 완료 되었다. 특히 Release 2는 유연성 있는 데이터속도 와 주파수 사용을 할 수 있도록 채널 대역폭을 ‘25, 50, 100, 150kHz’를 선택하여 운영할 수 있으며 적 응형 변조 등을 적용 하였다<sup>17)</sup>.

Release 2는 TAPS(TETRA Advanced Packet Service)와 TEDS(TETRA Enhanced Data Service) 로 기술방식으로 나뉜다. TAPS는 GPRS와 EDGE 기술을 기반으로 물리적인 전달망 환경위에 응용 서비스 제어기능 및 이용자 요구사항을 추가로 제 공하는 중첩형 망구조를 가지고 있어 새로운 인프 라와 단말기를 요구하게 되는 단점이 있다. TEDS 는 Release 1과 통합된 시스템으로 TAPS의 단점인 기존 Release 1과의 하위 호환성을 지원한다. 따라 서 대부분의 망 운영 기관들은 Release 2 시스템 도입시 TEDS를 선택하는 추세를 보이고 있다.

Release 3는 현재 구체적인 표준화 활동이 진행 되고 있지 않으나 미국이 700MHz PPDR 주파수 대역 중 20MHz를 광대역 LTE망 구축용으로 2011 년에 할당하였고 최근 에릭슨과 모토로라가 공공안 전 목적의 LTE 전용 기술을 개발하고 있는 점 등 을 고려할 때 LTE 기반 기술로 진화가 예측된다.

TETRA는 현재 영국, 독일, 핀란드 등 유럽을 중심 으로 전 세계 120개 국가에서 전국 규모의 재난안전 무선통신망 기술방식(대부분 Release 1.0)으로 채택하 여 구축·운영 중에 있다.

### 2.2. ITU-R M.2033

2000년 터키 이스탄불에서 열린 세계전파통신회 의 WRC-2000에서 각 재난관련 주관청들은 각국의 관련 기관들이 PPDR을 위한 무선통신 요구가 증대 되고 있다는 현실에 동의하였다. 또한 고속 데이터, 멀티미디어 통신이 가능한 PPDR 전용 대역폭 사용 이 필요하다는 점에도 모두 공감하고 이 안전을 차 기 회의인 WRC-03의 의제로 채택하였다. 이에 따 라 WRC-03회의에서는 결의 646을 통해 지역별 공 통 주파수를 지정하고 사용을 권장하는 것으로 결 의(PPDR 후보대역에 IMT-2000 보급 계획에 있는 국가가 많아 세계 공통 주파수 지정은 실패) 하였으 며 의장 보고서에 PPDR 응용기술에 대한 연구가 필요하다는 기록을 남기기로 하였다.

2003년 ITU-R은 M.2033 권고안을 통해 PPDR

의 운영적 요구사항 등을 정의하면서 2010년경 광대역통신이 가능할 것으로 예측하고 이에 맞는 PPDR 주파수 소요량 산출 방법론을 제시하였다. 현재 SWG-TG2(Special Working Group-Task Group 2)를 통해 ITU-R M.2033에서 제안된 PPDR 요구사항을 IMT-2000 기반 기술 및 네트워크가 만족시키는지와 주파수 이용방식에 관한 사항에 대한 기술적 검토 보고서를 개발 중에 있다.

M.2033에서 제시한 PPDR 주파수 소요량 산출 방법론은 일반 이동통신의 권고안인 M.1390을 기반으로 하나 PPDR 환경에 맞도록 기술적 파라미터를 재정의 한 것이 가장 큰 특징이다. M.2033과 M.1390 모두 그림 1의 일반적인 주파수 소요량 산출 절차를 따르며 세부 내용은 다음과 같다<sup>1,2)</sup>.

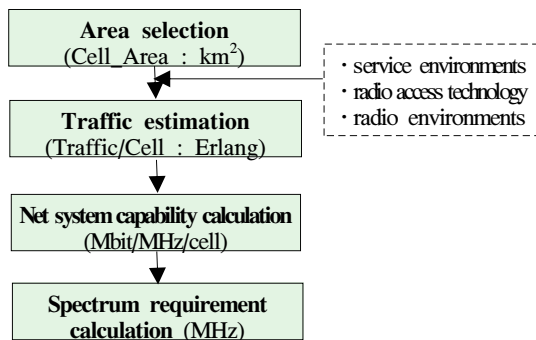


그림 1. 일반적인 주파수 소요량 산출 절차  
Fig. 1. General procedures to calculate spectrum requirements

각 환경 및 서비스별로 12가지 기술적 파라미터 (①사용자 밀도 ②셀 면적 ③보급률 ④최번시 호 시도수 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.

M.1390은 회선 교환 서비스 기반 단일망 환경을 가정하여 산출하며 IP 패킷 기반 환경을 정확하게 표현하지 못하고 다수의 망을 수용하지 못하는 한계점이 있다. 이와 같은 한계점을 해결하기 위해 ITU-R은 WRC-07회의를 통해 다수의 망을 수용할 수 있는 IP 패킷 서비스 기반 M.1768을 개발하였다<sup>3)</sup>. 그러나 재난안전무선통신망은 공공재의 인프라로서 보통 단일망 환경을 갖게 된다. 그러므로 다수의 망을 수용할 수 있는 M.1768을 단일망 환경

에 적용하고 기술적 파라미터도 M.1390과 동일한 경우에는 두 방법론 간의 산출결과는 같다<sup>9)</sup>. 따라서 본 논문에서는 M.2033에서 반영한 M.1390의 방법론에 따라 주파수 소요량을 산출한다.

### III. 기술적 파라미터 정의

주파수 소요량을 산출하기 위한 12가지 기술적 파라미터의 정의에 대한 설명은 다음과 같다.

첫 번째, 지역선정과 관계된 기술 파라미터는 ‘사용자 밀도(Pop<sub>tot</sub>)’와 ‘셀 면적(CA) [km<sup>2</sup>]’이 해당된다. ‘사용자 밀도’는 주파수 소요량이 가장 많이 요구되는 재난발생 지역의 사례를 선정해야 하며 본 논문에서는 참고문헌 [6]의 국내 사례로 제시된 2003년 대구지하철 화재 사건당시 직경(D) 1km 범위내 사용자 수인 ‘1,987’명으로 한다. ‘셀 면적’은 하나의 기지국이 가지는 통화권역으로 식 (1)과 같이 ‘사용자 밀도’를 ‘셀 면적’으로 나누면 ‘잠재 가입자 밀도(Pop<sub>potential</sub>) [명/km<sup>2</sup>]’를 구할 수 있다. 단 CA의 셀 형태에 따라 ‘omni cells’인 경우는  $\pi R^2$ , ‘hexagonal cells’인 경우에는  $2.6R^2$ , ‘3-sector hex’인 경우는  $(2.6/3) \cdot R^2$ 으로 구한다.

$$Pop_{potential} = CA \times Pop_{tot} \text{ [users/km}^2\text{]} \quad (1)$$

두 번째, 통화량 예측에 관계된 파라미터는 ‘보급률(Pen<sub>rate</sub>)’, ‘최번시 호 시도수(BHCA) [건수/인]’, ‘최번시 호 지속시간(ACHT) [sec]’, ‘활성화율(AF)’, ‘그룹크기(G<sub>size</sub>)’, ‘QoS’가 해당된다. 통화량 예측을 위해서는 우선적으로 서비스 유형을 정의해야 한다. 따라서 서비스 유형은 ITU-R M.2023 권고안 및 참고문헌 [6]의 정의에 따라 다음과 같이 ‘음성(S, speech)’, ‘단문메시지(SM, simple message)’, ‘중속 멀티미디어(MM, medium multimedia)’, ‘고속 멀티미디어(HMM, high multimedia)’, ‘대화식 고속 멀티미디어(HIMM, high interactive multimedia)’로 정의한다<sup>4,6)</sup>. ‘보급률’은 재난대응 요원들의 임무 및 역할에 따라 서비스별 실제 필요로 하는 비율의 특성을 나타내는 파라미터이다. ‘최번시 호 시도수’와 ‘최번시 호 지속시간’은 통화량이 가장 많은 시간대의 1시간 동안에 호의 특성을 나타내는 파라미터이다. ‘활성화율’은 통신 중 발생하는 휴지(idle) 시간의 비율을 의미하는 파라미터이며 ‘그룹크기(G<sub>size</sub>)’는 일정규모의 셀을 클러스터로 하여 인접셀 간의 네트워크 자원을 공유하는 파라미터로서 일반

적으로 주파수 재사용계수를 의미한다. 참고문헌 [6]에서는 일국소(hot-spot)의 단일 기지국 환경으로 가정하여 'G<sub>size</sub>'를 '1'로 적용하고 있으나 전국규모의 재난안전무선통신망의 주파수 소요량을 현실적으로 산출하기 위해서는 주파수재사용계수를 고려해야 한다. 따라서 본 논문에서의 'G<sub>size</sub>'는 M.2033의 권고 값인 '12'로 적용하였다. 'QoS'의 경우 회선 교환 서비스는 '호 차단율', 패킷 교환 서비스는 '패킷 지연과 패킷 손실'을 의미하며 M.2033에서는 각각 Erlang B와 Erlang C를 권고하고 있다.

세 번째, 시스템 처리 용량과 관계되는 파라미터는 '시스템 용량(Net<sub>capability</sub>) [Mbit/s/MHz/cell]', '서비스 채널 속도(S<sub>rate</sub>) [Mbps]', '가중치 팩터(α)', '조정 팩터(β)'가 해당된다. '시스템 용량'은 주파수 효율성(채널 다중화, 보호대역, 듀플렉싱, 채널 대역폭 등)에 관한 다양한 조건을 종합적으로 고려하여 정의하며 M.2033에서는 TETRA Release 1.0 과 2.0의 권장치(1.0의 경우 0.056~0.096, 2.0의 경우 0.106)를 제시하였다. 5개(S, SM, MM, HMM, HMM)의 서비스 유형별 '서비스 채널 속도', 최번시 불일치를 보정하는 '가중치 팩터', 외부의 통신 환경 영향을 조정하기 위한 '조정 팩터'는 M.2033에서 모두 '1'로 권고하고 있다.

표 1은 참고문헌 [6]을 근거로 정의한 국내 재난 안전무선통신 환경의 기술적 파라미터 수치 값이다.

표 1. 기술적 파라미터 정의  
Table. 1. A definition of technical parameters

Division	S		SM	MM	HMM	HMM
	1:N	1:1				
Pop <sub>potential</sub> (CA×Pop <sub>tot</sub> )	· Omni cells : 1,560 [users/km <sup>2</sup> ] · Hexagonal cells : 1,292 [users/km <sup>2</sup> ] · 3-sector hex : 431 [users/km <sup>2</sup> ]					
Pen <sub>rate</sub>	1.0	1.0	1.0	0.81	0.25	1.0
BHCA	26.58	0.001	3.26	0.86	0.34	0.06
ACHT	10	100	3	253	171	222
A F	UL	0.5	1.0	0.00285	0.00285	1.0
	DL	0.5	1.0	0.015	0.015	1.0
G <sub>size</sub>	12					
QoS	Erlang C	Erlang B	Erlang C			Erlang B
	· TETRA Release 1.0 : 0.056 (BW:25kHz) · TETRA Release 2.0 : 0.106 (BW:150kHz) · TETRA Release 3.0 : 0.550 (IMT-Advanced)					
S <sub>rate</sub>	UL	0.009	0.014	0.064	0.128	0.128
	DL	0.009	0.014	0.384	2.000	0.128
α	1					
β	1					

본 논문에서 기술적 파라미터의 정의와 M.2033 및 참고문헌 [6]의 정의간의 차이점은 다음과 같다.

첫째, 'Net<sub>capability</sub>'의 수치 값 중 TETRA Release 3의 경우 LTE로 시스템 구조가 진화될 것으로 예측되나 실용화 단계에 있지 않은 상황이다. 이 때문에 TETRA Release 3의 'Net<sub>capability</sub>'의 수치 값을 M.2033에서 제시하지 못하고 있다. 따라서 본 논문에서는 국내 고속도로의 최대제한속도에 준하도록 '120km/h' 이동시 IMT-Advanced에서 요구하는 '링크 기준 주파수 효율 값'을 적용해 정의하였다<sup>[8]</sup>.

둘째, 참고문헌 [6]에서는 'Pop<sub>potential</sub>' 파라미터를 'omni cells(약칭: omni)' 만을 정의하고 있으나 'Hexagonal(약칭: hex) cells'과 '3-sector hex(약칭: 3-sec)'에 대해서도 추가 산출하기 위하여 M.2033의 권고 값을 적용해 정의하였다<sup>[1]</sup>.

#### IV. 주파수 소요량 산출

본 장에서는 열량 계산을 통해 셀 당 '소요채널을 계산'하고 소요채널에 '서비스 채널 속도'를 곱하여 '전송률'을 구한 후 TETRA Release 1.0, 2.0, 3.0 시스템의 주파수 소요량을 각각 산출한다.

##### 4.1. 소요채널 계산

###### 4.1.1. 그룹 당 트래픽 부하량(T<sub>group</sub>) 계산

트래픽의 부하량을 계산하는 방법은 상황식 절차에 따른다. 즉 '셀 내에 속해 있는 서비스 유형별 가입자 수(SU<sub>num</sub>)'는 'Pop<sub>potential</sub>×Pen<sub>rate</sub>[users/cell]'로 구하고, '최번시 동안 사용자당 평균 트래픽 발생량(T<sub>user</sub>)'은 'BHCA×ACHT×AF [call-sec/user]'로 구한 뒤, '최번시 동안 모든 사용자의 평균 총 트래픽 발생 부하량(T<sub>cell</sub>)'을 'SU<sub>num</sub>×T<sub>user</sub>/3600 [Erlangs]'로 구하며 주파수를 재사용하는 환경을 고려하기 위해 '그룹당 평균 총 트래픽 부하(T<sub>group</sub>)'를 'T<sub>cell</sub>×G<sub>size</sub> [Erlangs]'로 최종 산출한다. 트래픽 부하량 계산의 중간 산출 결과는 표 2와 같다.

표 2. T<sub>group</sub> [Erlangs] 산출 결과

Table. 1. The estimation of T<sub>group</sub> [Erlangs]

Division		S		SM	MM	HMM	HIMM
		1:N	1:1				
UL	Omni	691.08	0.26	50.86	2.61	0.22	69.26
	Hex	572.36	0.22	42.12	2.16	0.18	57.36
	3-sec	190.93	0.07	14.05	0.72	0.06	19.14
DL	Omni	691.08	0.26	50.86	13.75	1.13	69.26
	Hex	572.36	0.22	42.12	11.39	0.94	57.36
	3-sec	190.93	0.07	14.05	3.80	0.31	19.14

4.1.2. 셀 당 소요채널 수(N<sub>ch</sub>) 계산

‘음성(S) 1:1(개별)통화’와 ‘대화식 고속 멀티미디어(HIMM)’와 같은 회선 서비스는 식 (2)과 같이 Erlang B 모델의 호차단율 1%를 적용하여 서비스 채널수를 정의한다<sup>[1]</sup>. 여기서 a는 트래픽, c는 채널 수 이다.

$$ErlangB(0.01) = \frac{a^c/c!}{\sum_{k=0}^c a^k/k!} \quad (2)$$

‘음성(S) 1:N(그룹)통화’는 회선 서비스로 속하거나 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 식 (3)과 같이 정의한다<sup>[6]</sup>.

$$ErlangC(0.01) = \frac{\frac{a^c}{c!(1-a/c)} \exp\left(-\frac{c-a}{2}\right)}{\sum_{k=0}^c \frac{a^k}{k!} + \frac{a^c}{c!(1-a/c)}} \quad (3)$$

표 2의 ‘그룹 당 통화량’을 식 (3)과 식 (4)에 따라 채널수를 구하면 이는 그룹 당 요구 채널수이다. 따라서 다시 그룹크기로 나눈 ‘셀 당 요구 채널수(N<sub>ch</sub>)’를 식 (4)로 정의하며 서비스 유형별 산출된 결과는 표 3과 같다.

$$N_{ch} = \frac{c}{G_{size}} \quad (4)$$

표 3. N<sub>ch</sub> 산출 결과

Table. 3. The estimation of N<sub>ch</sub>

Division		S		SM	MM	HMM	HIMM
		1:N	1:1				
UL	Omni	62.92	0.25	5.75	0.67	0.25	7.08
	Hex	52.58	0.25	4.92	0.58	0.25	6.00
	3-sec	18.75	0.17	2.08	0.33	0.17	2.42
DL	Omni	62.92	0.25	5.75	2.00	0.42	7.08
	Hex	52.58	0.25	4.92	1.75	0.42	6.00
	3-sec	18.75	0.17	2.08	0.83	0.25	2.42

4.2. 전송율 계산

‘셀 당 요구 전송률(Cell<sub>rate</sub>)’은 ‘N<sub>ch</sub>×S<sub>rate</sub>[Mbps]’로 구하며 산출된 결과는 표 4와 같다.

표 4. Cell<sub>rate</sub> [Mbps] 산출 결과

Table. 4. The Estimation of Cell<sub>rate</sub> [Mbps]

Division		S		SM	MM	HMM	HIMM
		1:N	1:1				
UL	Omni	0.566	0.002	0.081	0.043	0.032	0.907
	Hex	0.473	0.002	0.069	0.037	0.032	0.768
	3-sec	0.169	0.002	0.029	0.021	0.021	0.309
DL	Omni	0.566	0.002	0.081	0.768	0.833	0.907
	Hex	0.473	0.002	0.069	0.672	0.833	0.768
	3-sec	0.169	0.002	0.029	0.320	0.500	0.309

4.3. TETRA-TRS의 주파수 소요량 산출 결과

TETRA의 시스템 버전별 ‘최종 주파수 소요량(BW<sub>TETRA-TRS</sub>)’은 식 (5)와 같이 산출하되 TETRA의 시스템 버전별 지원(최고전송속도 등)할 수 있는 서비스 유형만을 산출하여야 합리적이다. 따라서 본 논문에서는 표 5와 같이 협대역급인 1.0은 ‘S, SM’, 준 광대역급인 2.0은 ‘S, SM, MM’, 광대역급인 3.0은 ‘S, SM, MM, HMM, HIMM’로 서비스 유형을 달리하여 산출하였다. 다만 TETRA Release 2는 Release 1 시스템에 Release 2 시스템을 추가 구성 하여 데이터 서비스를 제공하는 형태이므로 Release 2의 ‘S, SM’ 서비스는 Release 1의 ‘Net<sub>capability</sub>’를 적용하였다. 또한 Release 3는 아직 구체적인 표준이 마련되지 않은 상황이므로 Release 2와 같은 형태의 시스템 구성으로 가정하였다.

$$BW_{TETRA-TRS} = Cell_{rate}/Net_{capability} \text{ [MHz]} \quad (5)$$

표 5. TETRA-TRS의 주파수 소요량 산출 결과  
Table. 5. The estimation of Spectrum Requirement in TETRA-TRS

Division	S		SM	MM	HMM	HIMM	
	1:N	1:1					
R1	Omni : 23.18[MHz] / Hex : 19.44[MHz] / 3-sec : 7.12[MHz]						
	Omni	20.22	0.08	2.88	-	-	-
	Hex	16.90	0.08	2.46	-	-	-
	3-sec	6.02	0.06	1.04	-	-	-
R2	Omni : 30.83[MHz] / Hex : 26.13[MHz] / 3-sec : 10.34[MHz]						
	Omni	20.22	0.08	2.88	7.65	-	-
	Hex	16.90	0.08	2.46	6.69	-	-
	3-sec	6.02	0.06	1.04	3.22	-	-
R3	Omni : 29.54[MHz] / Hex : 25.11[MHz] / 3-sec : 9.81[MHz]						
	Omni	20.22	0.08	2.88	1.48	1.58	3.30
	Hex	16.90	0.08	2.46	1.29	1.58	2.80
	3-sec	6.02	0.06	1.04	0.62	0.95	1.12

### V. 결 론

본 논문에서는 ITU-R에서 권고하고 있는 PPDR 주파수 소요량 산출방법론인 M.2033을 기반으로 하되 국내 재난안전무선통신망 환경에 맞도록 기술적 파라미터를 재 정의하여 TETRA-TRS 시스템의 버전별 주파수 소요량을 산출하였다. 그 결과 협대역 서비스 유형을 지원하는 TETRA Release 1.0은 '7.12~23.18MHz', 준 광대역 서비스 유형을 지원하는 TETRA Release 2.0은 '10.34~30.83MHz', 광대역 서비스 유형을 지원할 것으로 예측되는 TETRA Release 3.0은 '9.81~29.54MHz'로 산출되었다.

국내 재난안전무선통신망 구축을 위한 사전 기술 검증 결과 TETRA와 WiBro가 적합한 것으로 판정됨에 따라 행안부에서는 두 가지 후보 기술방식 중 한 가지 방식을 선택하여 2015년까지 구축할 예정이다. 현재 WiBro는 재난용 신규 주파수를 확보하고 있지 못하나 TETRA는 통합지휘무선통신망 구축·운용을 목적으로 800MHz 주파수 대역에서 '10MHz'폭을 기 확보하고 있다. 따라서 본 논문의 결과는 "TETRA를 기술방식으로 최종 선택할 경우 전국규모의 다양한 셀 환경에서 얼마만큼의 추가적인 주파수 대역폭이 필요한 것인가?"에 대한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

향후 연구과제로서는 상용망 활용 등 다수의 망 환경에서 패킷 교환에 해당하는 서비스 유형을 보다 정확하게 모델링하고자 ITU-R M.1768 방법론을 적용하여 주파수 소요량을 산출해보고자 한다.

### 참 고 문 헌

- [1] Rep. ITU-R M.2033, "Radio communication objectives and requirements for public protection and disaster relief", June, 2003.
- [2] Rec. ITU-R M.1390, "Methodology for calculation of IMT-2000 terrestrial spectrum requirements", Jan, 1999.
- [3] 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.
- [4] Rep. ITU-R M.2023, "Spectrum requirements for IMT-2000", May, 2000.
- [5] Rep. ITU-R M.1153, "Future public land mobile telecommunication systems", 1990.
- [6] S.H. Lee, J.S. Yoon, C.B. Kim, S.G. Lim, "Estimation of spectrum requirements for Korean wireless communication of public protection and disaster relief", *The Journal of IWIT*, vol 11, no 4, pp. 209-216, Aug, 2011.
- [7] W.P. Hong, S.H. Lee, "Design of transport network on the digital TRS system for the emergency and disaster communication", *The Journal of KIECS*, vol 5, no 6, pp. 555-562, Dec, 2010.
- [8] C.W. Lim, T.Y. Kim, J.J. Son, "Standardization and technology trends of IEEE 802.16m", *TTA Journal*, 134, pp. 90-95, Mar, 2011.
- [9] The Korean Forum of Broadband PPDR, "Research of broadband PPDR", Korea Radio Promotion Association, 2010.
- [10] S.H. Lee, C.B. Kim, "A design on the standard inter working model for improve interoperability in disaster and safety radio network", *The Journal of KICS*, vol 37, no 3, pp. 259-266, Mar, 2012.

**이 순 화 (Soon-hwa Lee)**



2001년 2월 서울과학기술대학  
교 매체공학 학사

2003년 2월 홍익대학교 전자공  
학 석사

2009년 8월 홍익대학교 전자공  
학 박사

2006년~2009년 소방방재청

2009년~현재 행정안전부

<관심분야> 재난통신, 이동통신, 센서네트워크

**김 장 복 (Chang-bock Kim)**



1974년 2월 연세대학교 전자공  
학 학사

1976년 2월 연세대학교 전자공  
학 석사

1983년 8월 연세대학교 전자공  
학 박사

1979년~현재 홍익대학교 전자

전기공학부 교수

<관심분야> 디지털통신, 통신망, 컴퓨터회로망