

디지털 무전기 기술발전과 전환정책

성 주 영

국립전파연구원

I. 서 론

정부는 주파수 자원 이용효율 극대화, 무전기 산업 활성화, 아날로그 무전기 보안성 문제 극복을 위해 아날로그 무전기를 디지털로 전환하는 정책을 수립한바 있다¹⁾. 국내에서는 다가오는 2018년 12월 31일까지 아날로그 무전기의 허가·신고(신규 및 변경 포함)를 할 수 있다.

디지털 무전기 기술기준을 처음 제정(2011년)할 당시도 국내 무전기 개발 업체의 기술력 부족으로 인해 디지털 무전기 시장을 선점해 온 외산업체에게 국내 시장은 잠식되어 있었다. 그동안 정부는 국내 무전기 산업의 진일보를 위하여 아날로그 및 디지털 무전기 전파환경 및 간섭분석을 통해 기술기준을 마련하고 디지털 전환 정책을 준비하였다.

본 논문에서는 기존 아날로그 무전기의 통화품질, 보안성 및 주파수 이용 효율을 향상시키기 위해 FM 아날로그 방식에서 디지털 방식으로 단계적인 전환을 하는 국제적 동향 및 표준방식에 따라 국내 환경에 맞게 마련된 기술기준을 중점적으로 살펴보고자 한다.

II. 표준화된 디지털 무전기 기술의 종류

아날로그 무전기는 FM 방식을 사용하기 때문에 혼신 등 잡음에 취약한 방식이다. 디지털 무전기는 음성을 디지털화하여 잡음을 줄일 수 있고, 다양한 보안코드를 삽입하여 보안성도 뛰어나다. 주파수 효율 측면에서도 기존 1개의 주파수를 2개의 채널로 사용할 수 있어 세계는 디지털 무전기 개발에 주력해왔다. 유럽의 ETSI¹⁾에서는 모토로라의 주도

하에 협대역 디지털 무전기인 DMR²⁾ 표준을 제정(2005년)하였다. 이때만 해도 단신통신으로 무전기간의 통신방식(무전기 통신기술 1단계)이다. 그러다가 북미시장용 dPMR³⁾인 NXDN⁴⁾이 개발(2008년)되었고, 2010년에 ETSI dPMR과 NXDN 포럼간의 MoU를 체결하여 발전시킨 중계기를 이용한 무전기 통신(무전기 통신 기술 2단계)이 발전하게 된다. 2015년 이후에는 주파수공용통신방식(TRS, 무전 통신 기술 3단계) 등으로 발전하였다.

디지털 무전기는 협대역과 초협대역 무전기가 있으며, 통신방식은 시분할다중접속방식(TDMA) 및 주파수분할다중접속방식(FDMA)을 사용한다. 협대역 무전기는 TDMA, FDMA 방식 2가지가 있으며, 초협대역 무전기는 FDMA 방식이 있다. 초협대역 무전기는 협대역(12.5 kHz폭) 통화 채널을 초협대역(6.25 kHz폭)으로 이용할 수 있는 기술로서, 주파수 이용 효율을 2배 높일 수 있게 되었고, 더 많은 통화 채널을 확보할 수 있게 되었다.

협대역 디지털 무전기는 시분할 다중접속(TDMA)방식으로 12.5 kHz 채널간격에 2개 채널의 효과를 낼 수 있어 1개 주파수에 2개 통화로 구성이 가능하다. 초협대역 디지털 무전기는 주파수분할 다중접속(FDMA)방식으로 6.25 kHz 채널간격 사용으로 기존 협대역에 비해 주파수 효율이 2배로 증가한다.

2-1 DMR(Digital Mobile Radio)

DMR은 데이터 전송속도 9,600 bps, 2-slot TDMA와 4 FSK 변조를 사용하며, 송신기 출력 대역폭이 기존의 12.5 kHz 협대역 FM 아날로그 채널과 동일하다. 아날로그에서

1) ETSI(European Telecommunications Standards Institute): 유럽전기통신표준협회에서 디지털 무전기 표준을 제정
2) DMR(Digital Mobile Radio): 2-time slot TDMA(Time Division Multiple Access) 방식의 협대역(채널간격 12.5 kHz) 디지털 무전기
3) dPMR(Digital Private Mobile Radio): 6.25 kHz 초협대역 디지털 무전기
4) NXDN(Next Generation Digital Narrowband): 미국과 일본이 주도하여 만들어진 “초협대역 디지털 무전기 포럼”을 통해 유럽과 동일한 기술 규격을 TIA/PTIG를 통해 표준화

디지털로 쉽게 업그레이드할 수 있도록 디자인 되어있어서 통화 권역도 아날로그 무전기와 동일하게 만들 수 있다. 이에 기존의 아날로그 기반시설(Combiner 및 Antenna)을 재사용할 수 있는 장점이 있다고 하겠다. DMR은 개방표준이기 때문에 제조사별 응용이 가능하며, 6.25 kHz 채널로 실질적 효율을 제공하여 기존 25 kHz 아날로그 채널의 4배의 채널 효율을 낼 수 있다. 다만 Full duplex를 제공하지 못하는 단점이 있다²⁾.

2-2 dPMR(Digital Private Mobile Radio)

dPMR은 DMR 대안으로 Kenwood와 Icom에 의해 제안된 중간 가격대의 디지털 음성 통신 표준으로 데이터 전송 속도 4,800 bps(symbol rate: 2400 symbols/sec)에 FDMA 기술에 4FSK 변조를 사용한다. DMR보다 인프라 장비가 더 복잡한 장비 조합으로 인해 송신 출력 저하 요소가 증가되며, 인접 채널 성능이 DMR보다 나빠 짧은 배터리 사용 시간(휴대용)으로 이용 효율성이 떨어지는 경향을 보인다.

dPMR은 아날로그 무전기와 비슷한 가격과 크기이며, 송신기 출력 스펙트럼이 기존 12.5 kHz 협대역 아날로그 채널과 호환 가능하다. 통화 권역도 아날로그 FM과 동일하게 디자인할 수 있어 기존의 아날로그 기반시설을 재사용할 수 있는 장점이 있다. 다만, 큰 규모의 시스템 구성에 더 복잡한 사이트 엔지니어링 기술이 요구되기 때문에 제한적인 제품 공급사를 가질 수밖에 없고, FDMA 송신 방식에 의한 휴대용 단말기 수명이 단축된다는 단점이 있다.

2-3 NXDN(Next Generation Digital Narrowband)

NXDN은 미국(모토로라)과 일본(Icom과 JVC KENWOOD)이 합작하여 개발한 일련의 통합된 프로토콜이다. NXDN은 dPMR 표준에 기반하고 있지만, 모든 요소를 만족하는 것은 아니다. 기술적 목표는 6.25 kHz 채널 효율성과 관련된 요구를 만족하는 것이다. 이 두 업체는 이 프로토콜들에 기반한 제품을 독립적으로 출시(Icom의 IDAS 및 Kenwood의 Nex-

Edge)하였으며, 컨벤셔널 모드와 주파수 공용 통신 모두를 지원한다. 현재 주파수 공용 통신 모드에서는 상호 호환되지 않는다는 단점이 있다. NXDN 사양의 체계는 모두 갖추어졌으나, 이를 기반으로 한 제품을 개발하는 제조사가 많지는 않다. NXDN은 6.25 kHz 채널과 같은 효과를 제공하고, 도입비용이 낮다. 또한 아날로그 및 LTR(Logic Trunked Radio)와의 하위 호환성 제공하는 장점이 있다. 주파수 공용 통신 방식 NXDN 제품은 제조사 간 호환이 되지 않고, FDMA 송신 방식에 의해서 휴대용 단말기 수명이 단축된다는 단점이 있다.

디지털 무전기 기술의 표준화 및 상용화가 완료되면서, <표 1>에서 디지털 무전기 기술들의 특성을 비교해 보았다. 디지털 무전기 기술의 발전은 음성 통신뿐만 아니라, 문자 등의 데이터 통신이 가능하여 사용자들에게 다양한 서비스 이용 및 주파수 이용효율 개선 등도 가능하게 되었다³⁾.

Ⅲ. 국내·외 디지털 무전기 정책

미국은 FCC를 통하여 현실적으로는 주파수 부족으로 인한 다중화의 필요성, 제조사·기종의 다양화, 저가격화, 디

<표 1> 디지털 무전기 기술 특성 비교

기술방식	DMR	dPMR	NXDN
다중접속방식	TDMA(1:2)	FDMA	FDMA
주파수 대역	40, 80, 160, 390, 420, 440, 900 MHz	136~174, 400~470, 450~520 MHz	136~174, 400~470, 450~520 MHz
채널간격	12.5 kHz	6.25 kHz	6.25 kHz
변조방식	4-FSK	4-FSK	4-FSK
음성부호화	AMBE+2	AMBE, ACELP	AMBE
전송속도	9.6 kbps	4.8 kbps	4.8 kbps
송신전력	37 dBm(5 W)	37 dBm(5 W)	37 dBm(5 W)
표준기구	ETSI	ETSI	TIA, ARIB
주요 개발업체	Motorola, Hytera 등	Kenwood, iCOM 등	Kenwood, iCOM 등

5) TIA(Telecommunications Industry Association) : 1988년 설립된 미국통신산업협회로 전화공급자협회와 미국전자공업협회(EIA)의 정보통신 기술 그룹(ITG)이 합병하여 설립된 협회
 6) ARIB(Association of Radio Industries and Businesses) : 일본전파산업회는 전파 및 방송 시스템에 대한 자발적 표준을 제정하는 일본의 사단 법인

지텔 방식의 부가기능 등을 위해 서서히 디지털화가 진행되고 있다. 미국의 디지털 무전기는 TIA⁵⁾ 2008(복미시장용 dPMR인 NXDN) 표준을 준용하여 136~174 MHz, 400~470 MHz, 450~520 MHz 대역을 무전기용 주파수로 분배하여 사용하고 있으며, '12년 1월부터 450~470 MHz 대역[그림 1]을 초협대역 무전기로 허가하여 사용하고 있다. 일본은 전파산업회(ARIB⁶⁾)에서 ARIB 2008 TD-T98, Part 3을 준용하여 348 MHz, 351 MHz, 465 MHz, 468 MHz 대역 중 일부를 디지털 협대역(채널간격 12.5 kHz)으로 무전기용 주파수를 분배하고 있다. 아날로그 협대역 무전기용 주파수를 '20년부터 모두 초협대역 주파수로 전환할 계획이며, '22년부터는 아날로그 방식의 신규허가는 중단된다⁴⁾.

국내는 정보통신기술협회(TTA)에서 협대역 및 초협대역 디지털 무전기에 대한 단체표준을 제정하였다. 또한, 국립전파연구원의 고시 『간이무선국·우주국·지국국의 무선설비 및 전파탐지용 무선설비 등 그 밖의 업무용 무선설비의 기술기준(이하 간이무선국 및 기타 업무용 기술기준)』에서 138~174 MHz, 216~223 MHz, 335.4~470 MHz의 주파수 대역에 사용하는 무전기의 신규 허가 및 신고를 2018년 12월 31일로 중단한다.

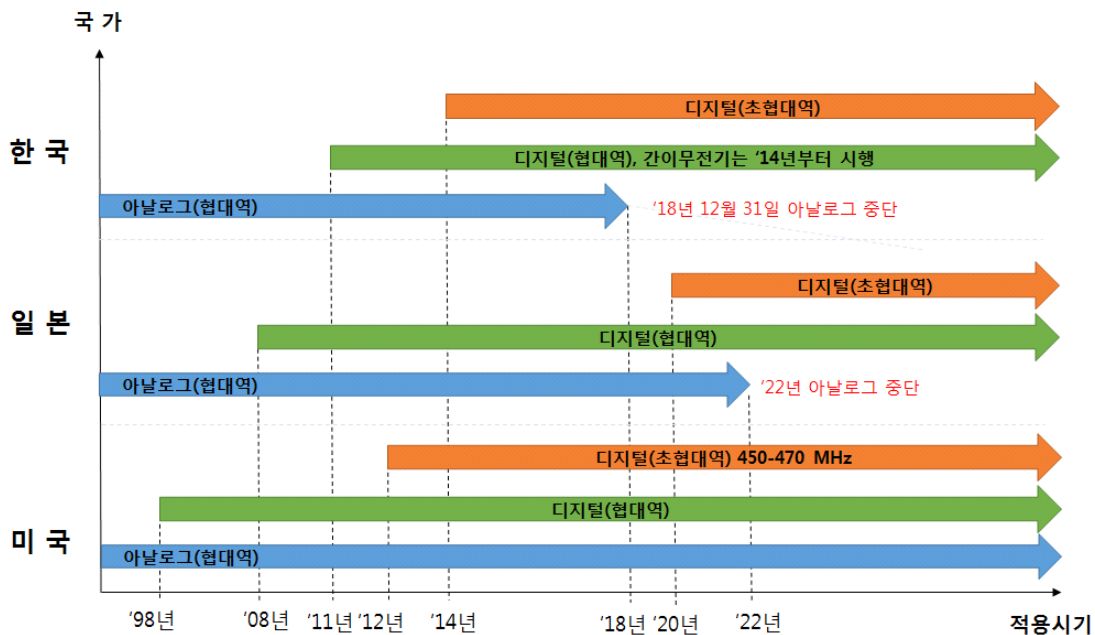
IV. 디지털 무전기의 기술기준

무전기는 이동통신용 핸드폰이 도입되기 전부터 산업현장에서 업무연락 등의 수단으로 사용되고 있으며, 상대적으로 저렴한 비용으로 상호 통신이 즉시 가능하여 간이업무용, 산업 및 공공업무용으로 필수적인 통신수단으로 활용되고 있다. 무전기는 간이업무용 무전기와 산업 및 공공용 무전기로 분류된다. 간이 무전기는 중계기를 사용하지 않고 단거리 통신을 목적으로 상호 혼신을 용인하는 조건으로 신고하여 사용하는 무전기를 간이 무전기라고 한다.

이와 대비하여 중계기를 사용하고, 보다 장거리 통신을 목적으로 대규모 사업장에서 상호 혼신 없이 주파수를 지정받아 허가 받고 사용하는 무전기를 산업 및 공공업무용 무전기라고 한다.

4-1 기술기준에서의 무전기 분류

간이무전기는 기술기준에서 간이무선국이라고 하며, 무선국 허가지침에 따라 용도 구분을 하여 일반 업무용 간이무선국과 마을 공지사항 안내용 간이무선국으로 구분한다. “일반 업무용 간이무선국”은 국가기관, 국영기업체, 법인,



[그림 1] 국가별 아날로그 종료 및 디지털 도입

단체 및 개인사업자, 개인이 간단한 업무연락을 위하여 사용할 목적으로 개설하는 무선국을 말한다. “마을 공지사항 안내용 간이무선국”은 읍·면·동사무소 또는 마을이장이 간단한 행정안내 및 마을 공지사항 전달을 목적으로 개설하는 무선국으로 정의하고 있다. 산업무전기 또는 공공용 무전기는 “산업 및 공공용 무선설비”라고 하며, 산업체, 공공기관 등에서 음성통신 또는 데이터통신을 위하여 사용할 목적으로 주파수를 지정받아 사용하는 무선국용 무선설비를 말한다.

4.2 무전기에서 사용하는 주파수

산업 및 공공용 무전기의 경우는 업무 분야별로 [그림 2]와 같이 매우 복잡하게 사용하고 있으며, 그 수요가 날로 증가하고 있다. 무전기의 적용분야는 공공용(경찰, 소방, 군, 철도 및 그 밖의 재난안전기관 등) 및 산업용(조선, 석유화학, 건설, 콜택시 및 운송용 등)에서 사용되면서 대상 주파

수는 절대 부족한 상태이다.

간이무전기의 주파수는 간이 기술기준 제4조(간이무선국의 무선설비)에서 5개의 주파수([그림 3])를 규정하고 있으며, 세부 채널은 동 고시 <별표 1>에서 규정하고 있다. 간이무전기의 경우 허가 받고 사용하는 산업 및 공공용 무전기보다 절차를 간소하게 신고하여 사용한다.

본고에서 설명하고 있는 무전기 디지털 전환은 같은 주파수내에서 채널을 2배로 확보할 수 있기 때문에 주파수 효율화를 기대할 수 있다. 그러나 아직 사용하고 있는 아날로그 무전기를 수명만료 시까지 사용하기 때문에 여전히 주파

<간이업무용 무전기>

146MHz	222MHz	422MHz	423MHz	444MHz
TDMA : 7채널 FDMA : 13채널	TDMA : 43채널 FDMA : 85채널	TDMA : 42채널 FDMA : 76채널	TDMA : 79채널 FDMA : 146채널	TDMA : 10채널 FDMA : 20채널

13년 12월 TRS(422MHz) 총 폐지 13년 12월 TRS(423MHz) 총 폐지
 TDMA 도입 : 2011년 5월 협대역(12.5kHz 채널간격)도입되었으나 국내산업보호를 위해 '14년 1월 시행(3년 유예)
 FDMA 도입 : 2013년 12월 초 협대역(6.5kHz 채널간격)도입

[그림 3] 간이무전기 주파수 및 주파수 지정채널

<산업 및 공공용 무전기> TDMA (협대역 12.5kHz) 및 FDMA (조협대역 6.25kHz) 도입 : 2014년 7월

138MHz-174MHz 야생동물 밀렵 감시용 : 146MHz 콜택시 배차업무용 : 142/147 MHz, 152 MHz, 154/159 MHz 경비업무용 : 166 MHz 공공업무용 : 146 MHz, 151 MHz, 152MHz, 154/159MHz, 166/171MHz, 167/172MHz 산림보호업무용 : 142/147MHz, 143/147MHz 산업통신용 : 151MHz, 171MHz 상하수도 업무용 : 150MHz 소방 업무용 : 160/165MHz, 161MHz 교통사고 처리 및 응급환자 의료서비스 제공용 : 152MHz, 166/171MHz, 171MHz, 172MHz 대한적십자사 업무용 : 151MHz 전기통신시설 설치 및 유지보수용 : 151MHz, 152MHz 철도업무용 : 150MHz, 153MHz, 155MHz 국가기관 행정업무용 : 147MHz, 149MHz, 150MHz, 152/157 MHz, 153/158MHz, 154MHz, 155MHz, 157MHz, 158MHz	216MHz-223MHz 고층건물관리용 : 217/222 MHz 공공업무용 : 220MHz 경비업무 및 자동차 면허 시험용 : 216/221 MHz 운송업무 및 신문·통신 용 : 220 MHz 유람선 및 소형보트용 : 220 MHz 교통사고 처리 및 응급환자 의료서비스 제공용 : 220MHz 전기통신시설 설치 및 유지보수용 : 220MHz 국가기관 행정업무용 : 220MHz	335.4MHz-470MHz 고층건물관리용 : 463/468 MHz 콜택시 배차업무용 : 441/446 MHz, 451/456 MHz, 452/457 MHz 도시가스업무용 : 465 MHz 경비업무용 : 462/467 MHz, 463/468 MHz, 465MHz 운송업무용 : 443/448 MHz, 458MHz 공공업무용 : 443/448 MHz, 452/457MHz, 463MHz 유람선 및 소형보트용 : 412 MHz 상하수도 업무용 : 452/457MHz 대한적십자사 업무용 : 441/446MHz, 445MHz, 446MHz 교통사고 처리 및 응급환자 의료서비스 제공용 : 441/446MHz, 442MHz, 463MHz, 458/463MHz 산업통신용 : 422MHz, 441MHz, 442MHz, 442/447MHz, 443/448MHz, 445MHz, 447MHz, 463MHz 소방 업무용 : 444/449MHz, 464/469MHz 철도업무용 : 442MHz, 443MHz
--	---	--

[그림 2] 산업 및 공공용 무전기 주파수 및 지정업무

수는 부족하다. 디지털 전환이 완전히 끝나는 시기에는 안정된 주파수를 공급할 수 있을 것이다.

4.3 디지털 무전기의 기술기준

기술기준에서 규제하는 항목 중 가장 핵심적인 항목은 주파수 허용편차, 필요 주파수 대폭, 인접채널 누설전력, 대역외발사, 스푸리어스 발사 등이 있다. 국내에서는 디지털 무전기의 기술발전 및 시장수요에 따라 기술기준을 마련하였다. 디지털 시분할 다중접속방식(TDMA)의 간이무전기, 산업 및 공공용 무전기의 기술기준은 <표 2>와 같다.

디지털 주파수분할 다중접속방식(FDMA)의 간이무전기, 산업 및 공공용 무전기의 기술기준은 <표 3>과 같다.

국내의 초협대역 무전기의 기술기준을 도입할 당시 국제적 시장 경쟁력 확보를 위해 유럽 ETSI(EN 301 116 601-1)를 준용하였다. 또한, 주파수의 혼신을 줄이기 위하여 12.5 kHz 간격의 중심 주파수를 +/- 3.125 kHz 이격하여 4 kHz 점유 대역폭을 갖는 채널 두 개를 사용하는 방법을 [그림 4]와 같이 공용할 수 있도록 하였다.

V. 결론 및 향후 고려사항

본고에서는 정부의 디지털 전환계획을 추진하면서 국내의 ICT 중소기업이 성장할 수 있도록 단계적으로 도입한 디

<표 2> TDMA(협대역 12.5 kHz)디지털 무전기

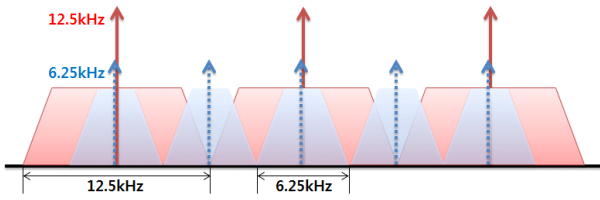
구분	간이무전기	산업 및 공공용 무전기
전파형식	F1D, F1E	F1D, F1E, F7D, G7D, F7E, G7E
국종	육상이동국 (휴대용 무선기기)	기지국, 이동중계국 및 육상이동국 (휴대용 무선기기)
출력	5 W	5 W, 25 W
주파수 허용편차	$\pm 1.5 \times 10^{-6}$ 이내	
점유주파수대 폭	8.5 kHz	
스푸리어스영역 (불요발사 기준)	50+10 log(PY) 또는 70 dBc 중 덜 엄격한 값 이내	
인접채널 누설전력	인접채널 대역 내 누설전력이 반송파 전력보다 60 dB 이상 낮은 값	

지털 무전기의 주파수 및 기술기준을 설명하였다. 디지털 무전기의 기술은 지난 10여 년 동안 많은 발전을 거치면서 표준화가 이루어졌고, 기술기준도 이에 맞추어 국내시장 상황에 맞도록 개선되어 왔다.

간이무선국 기술기준에 초협대역 디지털 무전기에 대한 기술기준이 추가('14.1.1.)되면서 채널 간격 12.5 kHz 폭을 6.25 kHz폭으로, 총 221개 채널 사용을 442개로 사용할 수 있도록 개선하였다. 또한 산업용·공공용 초협대역 디지털 무전기 기술기준의 개정('14.7.2.)을 통하여 기존 디지털 협

<표 3> FDMA(초협대역 6.25 kHz) 디지털 무전기

구분	간이무전기	산업 및 공공용 무전기
전파형식	F1D, F1E	F1D, F1E, F7D, F7E
국종	육상이동국(휴대용 무선기기)	기지국, 이동중계국 및 육상이동국(휴대용 무선기기)
출력	5 W	5 W, 25 W
주파수 허용편차	$\pm 1.5 \times 10^{-6}$ 이내	
점유주파수대 폭	4 kHz	
스푸리어스(9 kHz~1 GHz, 100 kHz 분해능)	-36 dBm 이하	-36 dBm 이하
스푸리어스(1 GHz~4 GHz, 1 MHz 분해능)	-30 dBm 이하	-30 dBm 이하
인접채널 누설전력(지정주파수±6.25 kHz, 100 Hz 분해능)	±2 kHz 대역내에서 누설되는 전력이 60 dB	
인접채널 누설전력(지정주파수±12.5 kHz, 100 Hz 분해능)	±2 kHz 대역내에서 누설되는 전력이 70 dB	



[그림 4] 디지털 무전기 채널 센터링 방식

대역(12.5 kHz폭) 819개 통화 채널을 초협대역(6.25 kHz폭)과 협대역으로 함께 사용할 수 있도록 하였다. 이에 따라 주파수 이용 효율을 2배로 높여 1,638개 통화 채널을 확보할 수 있었다.

무전기의 디지털 전환은 주파수 자원의 이용효율을 극대화하여 동일한 주파수 범위에서 더 많은 통신용량을 제공하고, 한정된 주파수를 효율적으로 사용하자는 취지로 시작하였다. 또한, 주파수 효율성 확보뿐 아니라, 다양화된 타 서비스(GPS, 텔레메트리, Emergency, IP 네트워크 등 제3의 응용 프로그램 등) 제공 및 보안성 등을 강화하여 국민들의 편의를 높일 수 있게 되었다.

앞으로, 아날로그 무전기의 허가·신고는 '18. 12. 31까지만 허용한다. 다만, 국민들의 편의를 위하여 무전기의 수명만료 시까지는 사용 가능하게 하였다. 금년에 시행되는 디지털 전환이 국내 무전기시장의 활성화를 위한 신규 시장창출, 안전한 국민생활의 편의가 증진되길 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] 미래창조과학부, 무전기 디지털전환 보도자료, 2013년 12월.
- [2] 고재만, "아날로그 무전기의 디지털 전환과 국내산업", 정보와통신 35(10), pp. 22-26, 2018년 9월.
- [3] 정영준, "아날로그 무전기 기술의 한계 및 주파수 이용 효율 개선 방안", 정보와통신 35(10), pp. 7-11, 2018년 9월.
- [4] 성주영, "무전기의 기술기준과 디지털전환 정책", 정보와통신 35(10), pp. 3-6, 2018년 9월.
- [5] 간이무선국·우주국·지구국의 무선설비 및 전파탐지용 무선설비 등 그 밖의 업무용 무선설비의 기술기준 제4조 및 제9조 [국립전파연구원고시 제2017-8호, 2017. 8. 28.].
- [6] 서지영, 이병국, 박종실, 황순주, 정선옥, 김현진, 무전기 산업의 신기술 동향분석 및 핵심부품 국산화 방안 연구, 2015년 1월.
- [7] 임재우, 박근성, 이진성, 무선설비 주파수 간섭방지 및 이용효율화 방안연구, 2013년 12월.
- [8] 공성식, 철도업무, 마을행정안내용 등 새로운 무선통신 도입을 위한 기술기준 연구, 2014년 12월.
- [9] NXDN WHITE PAPER Rev.04 - 4 Level FSK/FDMA 6.25 kHz Technology, NXDN FORUM, <http://www.nxdn-forum.com/>
- [10] 4 Level FSK/FDMA 6.25k Hz Technology, dPMR Whitepaper Issue 1.3, 2012 dPMR Association.
- [11] FCC, Promotion of Spectrum Efficient Technologies on Certain Part 90 Frequencies, 2004.12.20.

≡ 필자소개 ≡

성 주 영



1998년 2월: 단국대학교 전자공학과 (공학사)
 2001년 2월: 단국대학교 전자공학과 (공학석사)
 2018년 2월~현재: 공주대학교 전자공학과 박사과정
 2001년 4월~현재: 과학기술정보통신부 국립전파연구원 공업연구사
 [주 관심분야] 통합공공망 등 간이무선국 기술기준 및 IoT 등 전파관리 분야