

DMR 디지털 무전기 기술과 표준화



황철구 모토로라솔루션코리아 부장

1. 머리말

현재 무전기는 아날로그에서 디지털로 전환되고 있으며, 그 주된 요인은 사용가능한 주파수 채널이 이미 포화되어 사용자 간 간섭과 혼신 문제를 해결하기 위해서는 주파수 채널의 효율이 높은 디지털 무전기 사용이 필수적인 것이다.

디지털 무전기의 기본 개념은 아날로그 음성신호를 디지털 데이터로 바꾸어서 이를 주파수나 위상변이 변조를 이용하여 전송한다. 주로 디지털 무전기의 경우 무선 주파수 채널과 무전기 성능과 특성에 맞추어 보코더를 선정하며 dPMR(Digital Private Mobile Radio)과 DMR(Digital Mobile Radio) 무전기는 AMBE+2를, TETRA는 ACELP 보코더가 사용된다. 국내에서는 dPMR 무전기를 위하여 ASELP 보코더를 TTA 표준으로 추가 선정하여 사용하고 있다. 이러한 보코더를 사용하면 기존 아날로그 FM 방식보다 주파수 대역폭을 줄일 수 있고 디지털 데이터 전송 시 오류정정 부호기를 사용하면 무선에서 발생하는 오류 데이터를 복구할 수 있어서 언제나 깨끗하고 선명한 음성을 들을 수 있다.

디지털 무전기에서는 오류 데이터를 복구할 수 없는

미약한 신호에서는 음성을 전혀 들을 수 없는 반면 아날로그 무전기에서는 잡음을 동반한 상태에서 불연속적으로 발생하는 미세한 음성을 들을 수는 있으나 이러한 상태는 통신불가 상태라고 보며 사용자가 무전기의 수신 가능한 영역을 벗어난 상태이거나 지하나 전파 음영지역에 있는 상태에서 발생하는 현상이다.

국내의 공공안전통신에서 현재 TETRA와 DMR 무전기가 사용되고 있다. 이 중 DMR 무전기는 최근 각 소방본부들이 적극적으로 기존 아날로그 무전기를 DMR무전기로 전환을 진행하고 있다. 이에 따라 본고에서는 DMR 무전기의 기술과 표준화를 살펴보고 정책 방안을 제시하고자 한다.

2. DMR 디지털 무전기 기술

2.1 DMR 디지털 무전기 기술개발 동향

전세계적으로 모토로라솔루션(주)이 DMR의 국제적인 표준과 기술을 주도하고 있으며, 이미 가입자 간 직접 그룹통화와 중계기 통신 방법(Tier2)을 이용한 광역 그룹통화뿐 아니라 트렁킹 기지국 통신 방식(Tier3)을 이용한 광역 그룹통화, 개별통화, 우선순위 통화 등의 표준화 기술을 선도하고 있으며

<표 1> dPMR과 DMR 디지털 무전기 비교표

구분	dPMR	DMR	비고
무선 접속	FDMA	2slot TDMA	
주파수 대역폭	6.25KHz	12.5KHz	
25KHz 채널당 통화로 수	4	4	
음성 보코더	AMBE+2 또는 ASELP*	AMBE+2	*TTA 추가 표준
기술 표준	ETSI/TTA	ETSI/TTA	
트렁킹 방식	있음	있음*	*전국망 가능
암호화	가능*	가능	
통화 가로채기	불가능	가능*	*TTA에서 표준화 추진 중
단말기 위치 보고	가능	가능*	*TTA에서 표준화 추진 중
단문서비스	지원	지원	
휴대형 제품의 RF 출력	5W 이하	5W 이하	
고정/차량형 제품의 RF 출력	45W 이하	45W 이하	
중계기 제품의 RF 출력	100W 이하	100W 이하	

이 트렁킹 기지국 통신 방식을 이용하면 전국적인 무전기망 구축도 가능하다. 또한 한정된 무선채널을 더욱 효율적으로 이용하는 것이 가능하다. 디지털 무전기는 아날로그 무전기에 비하여 주파수 이용효율이 높고, 전력소모가 줄어들어서 무전기의 사용시간이 늘어나는 등의 장점이 있다.

중국은 (주)Hytera가 자국내 무전기 규격인 PDR(Private Digital mobile Radio)뿐 아니라 유럽 표준인 TETRA 무전기, DMR 무전기 및 dPMR 무전기를 생산하여 세계에 판매하고 있으며, (주)Kirisun과 (주)ZTE외 여러 중소무전기 회사가 상당량의 DMR과 dPMR 무전기를 생산하고 있다.

국내에서는 (주)연화엠텍이 5W 고출력과 3W 저출력 2종의 DMR 무전기를 출시하였으며 (주)원어텍이 DMR 무전기 출시한 상태이나 암호화 및 통화중 가로채기 등의 부가기술은 아직 지원하지 못하고 있는 상태이며, 유니모테크놀로지(주)는 순수 국내기술로 핵심기술인 암호화 기능 및 암호화 관리 및 인증 기능과 통화중 가로채기 기술을 독자적으로 개발하여

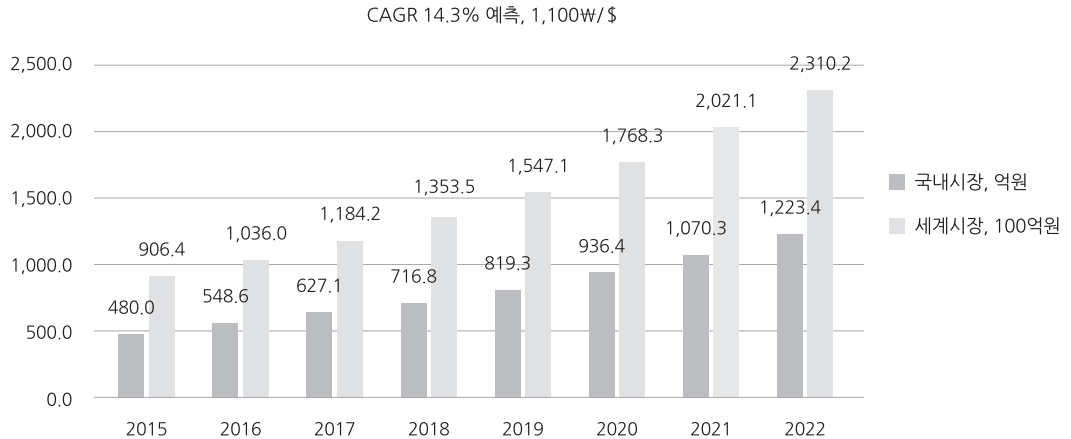
국산 고유 모델을 선 보일 예정이다.

<표 1>은 디지털 무전기 dPMR과 DMR의 기능을 대략적으로 비교하였으며 주파수 효율 측면에서 두 방식이 같으나, 단순 그룹 통화에서는 dPMR 방식이 유리하고 대형사업장에 여러 그룹이 동시에 사용할 경우 주파수 효율과 활용성을 극대화하기 위하여 DMR 방식이 유리하다.

2.2 DMR 디지털 무전기 산업 및 시장동향

2016년 국내 무선국 현황을 보면 전파사용 허가를 받은 육상이동국(휴대용, 차량용)이 345,000국이며, 전파 신고만으로 사용하는 간이무선국이 427,000국으로 총 772,000국이 사용되고 있다. 주로 경찰, 소방, 응급구조, 재난관리 등의 공공분야에서 신속한 대응과 구조를 위한 긴급한 임무 수행에 사용되고 있으며, 자동차, 선박, 제철, 석유화학 등의 대규모 플랜트 사업장과 건설현장 및 교통수단 제공현장에서 실시간 업무연락용으로 사용되고 있다.

무선국은 해마다 3~4만 국 정도가 증가하고 있는



[그림 1] 세계 디지털 무전기 시장

며, 무전기 통신의 간편성과 즉각 응답성 그리고 독자무선망 운용과 전파 무료사용의 특성으로 인하여 그 수요가 계속 증가하고 있다. 그 외에 전파사용 신고도 필요 없이 바로 구입해서 사용했던 생활용 무전기는 대략 50만 대로 추측되고 있으며 실제 사용되고 있는 생활용 무전기는 10만 대 정도로 예상된다. MarketsandMarkets사의 조사에 따르면 [그림 1]에서와 같이 세계 LMR (Land Mobile Radio) 시장 규모는 2015년 기준으로 9조 6백억 원에서 2017년 11조 8천 4백억 원 규모로 예측되며 연평균 성장률 14.3%씩 성장하여 2022년에 23조원 규모로 까지 증가할 것으로 예상하고 있다. 국내시장 규모도 매년 14.3%씩 성장을 예상하면 2017년에 627억 원에서 2022년에는 1,223억 원으로 증가할 것으로 예측된다. 국내 공공분야의 무전기 시장은 아날로그에서 디지털로 급속히 전환하고 있는 추세이며 이를 감안하면 국내 디지털 무전기 수요는 [그림 1]의 예측 규모보다 빠르게 커질 가능성이 있다.

3. DMR 디지털 무전기 표준화

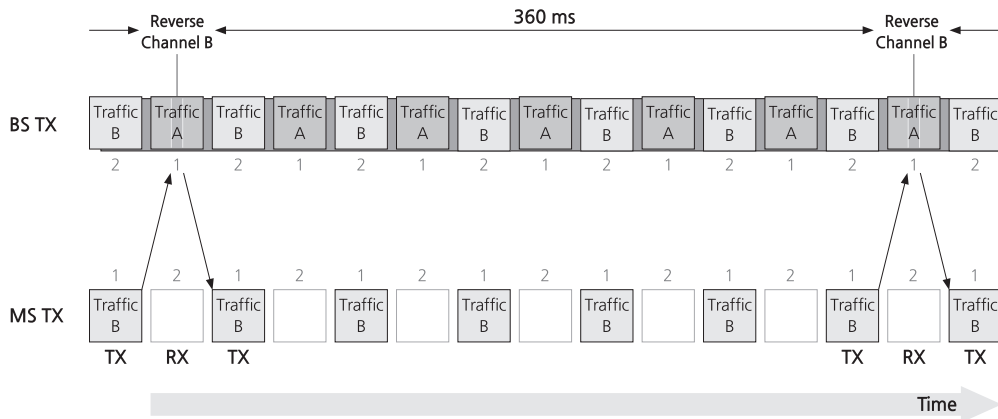
DMR은 ETSI에 의하여 표준화 되었으며 Tier 1

과 Tier 2(컨벤셔널 방식)의 최초 버전은 2005년에 발행되었으며 Tier 3(트렁킹 방식)의 최초 버전은 2012년에 발행되었다.

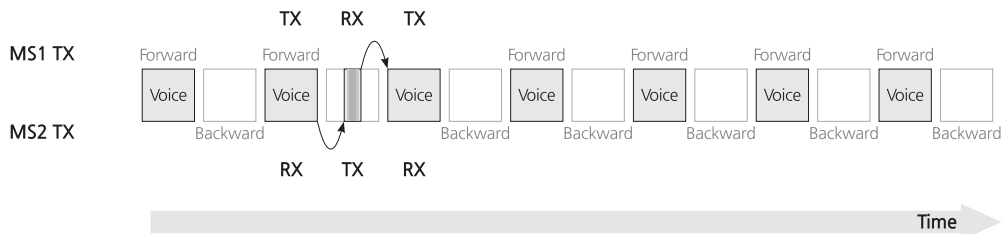
국내에서는 2013년 12월에 유럽 ETSI의 DMR 무선 접속 및 데이터 프로토콜 규격과 음성서비스 규격을 인용하여 TTA 국내표준으로 채택하였으며 같은 해에 ETSI의 dPMR 무선 접속 프로토콜을 인용하여 TTA 국내표준으로 제정하였다.

DMR 기술은 12.5KHz의 대역폭을 이용하여 TDMA 2 Slot 방식으로 통신을 하며 동시에 2개의 그룹이 무전기 통화가 가능하여 일반적인 여타 디지털 무전기 표준 기술과 동등하게 25KHz 채널 대역에서 4개의 통화로를 제공할 수 있다. 아날로그 무전기보다 채널 효율이 좋으며 Tier 2 중계기를 이용한 그룹통신으로 커버리지를 확장할 수 있으며 Tier 3 트렁크 방식을 이용하여 주파수 이용효율을 극대화하고 전국에 걸쳐 통화권을 제공할 수 있는 그룹 통신과 데이터 통신 서비스가 가능하다

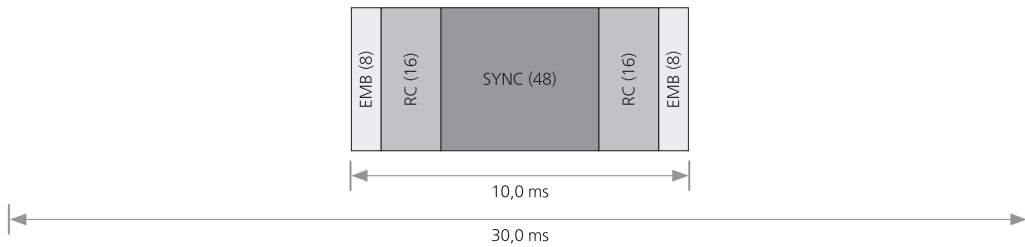
DMR의 실제 전송속도는 9,600bps이며, 변조방식으로 선형성이 보장된 4FSK 변조방식을 채용하여 증폭기의 전력소모를 줄였으며 비선형 RF증폭기 사용이 가능하여 가격 경쟁력을 확보하고 있다.



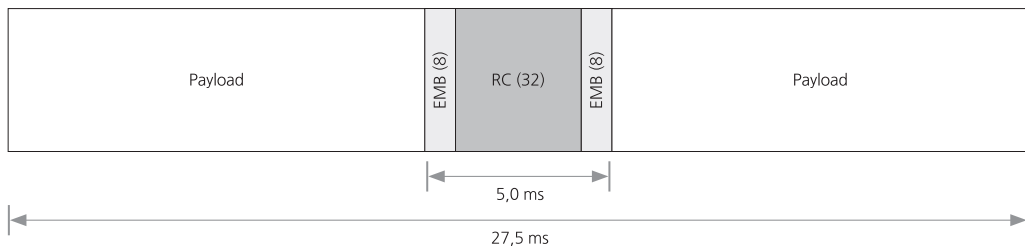
[그림 2] 하향 중계모드 역방향 채널 슬롯 구조



[그림 3] 직접 모드 역방향 채널 슬롯 구조



[그림 4] 무선기 송신 역방향 채널 버스트의 형태



[그림 5] 중계기 모드에서의 송신 임베디드 역방향 채널 버스트의 형태

<표 2> 송신 가로채기를 위한 RC 페이로드 명령

값	내용
0100 ₂	송신 중단 명령
0101 ₂	송신 중단 요청

<표 3> 짧은 위치 보고 PDU 내용

항목 정보	길이(비트)	비고
PDU 형태	2	필수
시간 경과	2	
경도	25	
위도	24	
위치 오류	3	
수평 속도	7	
이동 방향	4	
추가 데이터 종류	1	선택
송신 사유	8	
사용자 정의 데이터	8	

<표 4> 긴 위치 보고 PDU 내용

항목 정보	길이(비트)	비고
PDU 형태	2	필수
PDU 형태 확장	4	
시각 데이터	가변	
위치 데이터	가변	
속도 데이터	가변	
확인 요청	1	조건
추가 데이터의 형태	1	
송신 사유	8	
사용자 정의 데이터	8	
사용자 정의 데이터 확장	가변	선택
위치 메시지 참고	8	
결과 코드	8	
단문 데이터 값	16	
상태 데이터 값	16	
단말기 또는 위치 정보	가변	
백로그 정보 존재	10	

3.1 Tier 2 송신 가로채기

아직까지 ETSI DMR 표준에 정의 되지 않은 Tier 2 송신 가로채기에 대하여 TTA 표준화를 추진하고 있다.

DMR Tier 2에서 통신 중에 역방향 채널 송신으로 송신 중인 무전기에 수신 중인 무전기가 송신 가로채기를 요구하는 것이며, [그림 2]와 [그림 3]에서와 같이 직접 모드와 중계기 모드에서 슬롯 1에서 송신 중인 무전기로 향하는 역방향 채널 상향 메시지는 슬롯 2에서 전송된다.

[그림 4]와 [그림 5]에서와 같이 중계기 모드 및 직접 모드 모두를 위한 MS 발신 역방향 채널 메시지는 5ms의 동기 정보 및 5ms의 EMB 필드와 페이로드를 전달하는 10ms의 버스트이다. [그림 4]는 이 버스트의 형태를 나타낸다.

역방향 채널 PDU는 4비트 페이로드로 구성되고 나머지는 CRC 또는 FEC이다. 이 4비트 페이로드 중

송신 중단을 위하여 <표 2>에서와 같이 두 가지 명령이 Tier 2 솔루션에 대한 송신 가로채기에 사용된다.

3.2 Tier 2 단말기 위치 보고

ETSI DMR 표준에 정의 되지 않은 Tier 2 단말기 위치 보고에 대하여도 TTA 표준화를 추진하고 있으며, 짧은 위치 보고 데이터 형식과 긴 위치 보고 데이터 형식, 두 개의 기본적인 위치 보고 형태를 정의한다.

짧은 위치 보고 PDU는 <표 3>과 같이, 긴 위치 보고 PDU는 <표 4>와 같이 정의된다.


3.3 호환성 시험

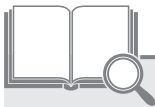
DMR의 호환성 시험은 DMR 협회가 맡고 있다. DMR 협회는 또한 DMR 암호화에 대한 규격을 정의하였다. 그러나 상기 3.1절과 3.2절에서와 같이 TTA에서 추가로 표준화 시키고 있는 기능에 대해서는

그 호환성 시험을 DMR 협회가 담당할 수 없으며, TTA 및 제조자 협력하여 호환성 시험을 추진하여야 할 것이다. 이를 통하여 DMR 무전기에 대한 국내 산업 발전이 가능해 질 것이다.

4. 맺음말

디지털 무전기 기술은 미션 크리티컬 LTE가 제공할 수 없는 단말기 간 직접통신, 단독 기지국 운영, 고출력 단말기와 같은 기능을 보완할 수 있는 대안

이며, 공공안전통신이 더욱 안정적이고 효과적인 통신으로 자리 잡을 수 있도록 기여할 수 있을 것이다. 이를 위하여 VHF, UHF 및 800MHz 대역에서 DMR Tier 3 트렁킹 디지털 무전기 이용을 허용하고 촉진하는 것이 필요하며, 이를 위한 주파수 활용 정책과 방향이 새로 정립되어야 하며, 이에 부응하는 무선 설비 기준에 대한 법령이 신속히 정비되어야 한다. 이로써 공공안전통신이 아날로그 통신에서 디지털 통신으로의 변환에 더욱 효과적인 결과를 가져올 수 있을 것이다. 



프론트홀 Fronthaul

이동 통신의 무선 접속망에서 디지털 데이터 처리 장치(DU: Digital Unit)와 원격 무선 신호 처리 장치(RU: Radio Unit) 사이를 연결하는 링크.

프론트홀 링크는 디지털 데이터 처리 장치(DU)와 핵심망(core network)을 연결하는 백홀(backhaul) 링크와 상반되는 의미로 이동 통신에서 새로 사용하는 용어이다. 기지국의 디지털 데이터 처리 장치(DU)를 분리시켜 여러 DU를 한 장소에 모아 관리하고, 기지국에는 무선 신호 처리 장치(RU)만 설치하여 분산시킨 무선 접속망을 클라우드 무선 접속망(C-RAN: Cloud Radio Access Network)이라 한다. 이러한 C-RAN 구조에서 프론트홀은 DU 사이트와 RU를 연결하는 데이터 링크이다. 프론트홀(fronthaul) 링크는 주로 고속의 광케이블 등으로 구성되며 동위상/직교 데이터(I/Q data: In-phase and Quadrature data)를 전달한다. 프론트홀 인터페이스 표준으로 일반 공용 무선 인터페이스(CPRI: Common Public Radio Interface), 오픈 무선 장치 인터페이스(ORI: Open Radio Equipment Interface), 오픈 기지국 구조 이니셔티브(OBSAI: Open Base Station Architecture Initiative) 등이 있다.