

동적 전파간섭 보호구역(DPA) 추진 동향

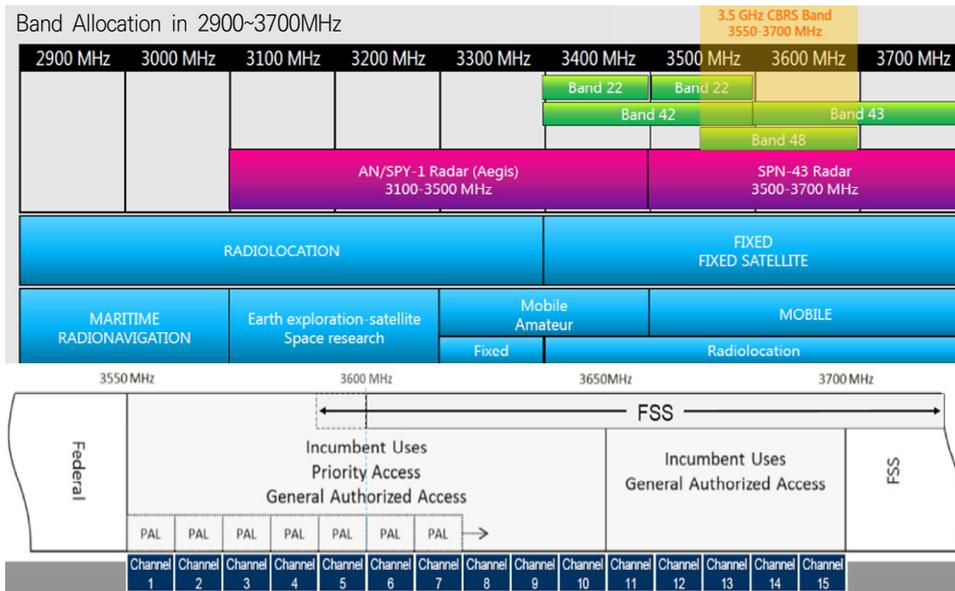
최주평, 이원철*

송실대학교 연구교수

송실대학교 교수*

I. 서론

미국의 3.5GHz 주파수 대역(3.55~3.7GHz)은 군 해상 레이더(모델명: SPN-43) 및 지상 레이더, 고정형 위성 서비스(Fixed Satellite Service: FSS), 지역 무선 인터넷 공급망과 같은 인컴버트(Incumbent) 사용자에게 대한 유해 간섭영향(harmful interference)을 주지 않는다는 보장 아래 주파수 공동사용을 위한 CBRS(Citizens Broadband Radio Service) 대역으로 지정되어 있다.



<자료> Mark Gibson(Comsearch), Citizens Broadband Radio Service, NSMA, May 2018.

[그림 1] CBRS 주파수 분배 대역 및 용도지정 현황

* 본 내용은 최주평 연구교수(02-816-6606 pyoung424@soongsil.ac.kr)에게 문의하시기 바랍니다.

** 본 내용은 필자의 주관적인 의견이며 IITP의 공식적인 입장이 아님을 밝힙니다.



(a) 군 해상 레이더 배타적 보호구역 경계

(b) 고정형 위성 서비스 배타적 보호구역

〈자료〉 Mark Gibson(Comsearch), Citizens Broadband Radio Service, NSMA, May 2018.

[그림 2] CBRS 인컴버트 사용자 간섭보호를 위한 배타적 보호구역 현황

CBRS는 본 저자가 2018년 7월 정보통신기술진흥센터의 주간기술동향에서도 소개한 바와 같이 군 해상 레이더, 고정형 위성 서비스와 같은 간섭보호가 필수적인 인컴버트 사용자의 수신신호 검출을 위한 ESC(Environmental Sensing Capability)와 ESC에서 전달된 검출 정보를 이용하여 이종 무선망 간의 주파수 공존이 가능하도록 관리하는 SAS(Spectrum Access System)로 구성되어 있다[1]. ESC는 특히 미국 인구의 약 70% 이상이 거주하고 있는 해안 지역에서 CBRS 운용을 위해 도입된 군 해상 레이더 신호 검출을 위한 센싱 기기 또는 센싱 네트워크로 정의할 수 있다[2]. [그림 2]는 군 해상 레이더와 고정형 위성 서비스 각각에 대한 간섭보호를 위해 지정된 배타적 보호구역 현황을 나타내고 있다[3].

현재 미국 CBRS 주파수 대역 내에서 간섭보호가 필요한 군 해상 레이더는 총 19개가 운영되고 있으며, 군 지상 레이더는 3개소, 고정형 위성 서비스는 35개 지역에서 운영되고 있다. 또한, CBRS 주파수 대역 가장 왼쪽 경계선 상에 인접하는 3.55GHz 인접 대역에서는 50개의 군 지상 레이더가 운영되고 있으며, 가장 오른쪽 주파수 경계선 상에 인접하는 3.7GHz 이상 인접대역에서는 수천 곳에 이르는 고정형 위성 서비스가 운영되고 있다. 최근 미국연방통신위원회(FCC)는 미국 내 공공 목적의 무선국을 관리하는 미국통신정보관리청(NTIA)의 의견을 받아들여 ESC 센서 배치를 통해 군 해상 레이더에 대한 간섭보호가 가능한 지역적 영역을 DPA(Dynamic Protection Area)라고 새롭게 정의한 바 있다[4],[5]. DPA는 군 해상 레이더와 같이 운용 위치 및 시간 등에 대한 비밀유지가 요구되는 군 전파이용 기기의 작전보안(OPSEC, Operational Security) 요구사항을 충족시키는 것과 동시에 DPA 지역 내 CBRS의 상업적 무선통신 서비스 사용자에 해당하는 PAL(Priority Access License)과 GAA(General Authorized Access) 사용자와의 주파수 공동사용을 위한 필수 요소라고 할 수 있다.

본 고에서는 3.55~3.7GHz 대역 이용으로 글로벌 5G 주파수 대역에도 포함되어 있어 지속적인 관심이 유지되고 있는 미국의 CBRS 기반 주파수 공동사용 대역에서의 군 해상 레이더에 대한 동적 간섭보호를 위한 DPA의 최근 정책 및 주요 연구개발 추진 현황을 소개하고자 한다.

II. 주파수 공동사용에서의 지역적 간섭보호 지정방안

1. DPA와 현행 배타적 보호구역과의 비교

국내와 동일하게 미국에서도 인컴벤트 사용자 보호를 위한 지역적 간섭보호 방안으로 보호이격거리를 기반으로 하는 배타적 간섭보호 구역이 지정되어 운영되고 있다. 즉, 인컴벤트 기지국을 중심으로 해당 인컴벤트 기지국으로부터 일정거리 내에 존재하는 지역에서는 타 용도 무선국이 사용할 수 없도록 배타적 간섭보호 구역을 설정하여 관리하고 있다. CBRS의 경우에는 NTIA의 초기 연구 단계(fast track)에서 군 해상 레이더에 대한 간섭보호를 도모하기 위해 해안선에서 육상까지의 일정한 보호이격거리를 갖는 배타적 보호구역 경계를 산출한 바 있으며, 이후 추가 연구를 통해 기존에 산출된 배타적 간섭보호 구역 영역의 크기를 대폭 축소한 바 있다[6]. 즉, 해상에 위치하는 군 해상 레이더에 대한 간섭보호를 위해 지정한 배타적 간섭보호 구역 경계 기준선을 육상에서 해안선 방향으로 대폭 축소함으로써 향후 해안지역에 거주하는 CBRS 수요자의 수를 더욱 확대할 수 있는 가능성을 제시한 바 있다. [그림 3]은 군 해상 레이더의 간섭보호를 위해 NTIA에서 초기에 지정한 배타적 간섭보호 구역 경계선과 추후 연구를 통해 새롭게 개정된 배타적 간섭보호 구역



[Phase 1] ESC 미적용, 배타적 영역 내 CBSD 사용 불가

[Phase 2] ESC 적용, 배타적 영역이 보호 영역으로 전환

[Waiver] DPA 적용, DPA 비활성화 시 조건부 CBSD 이용

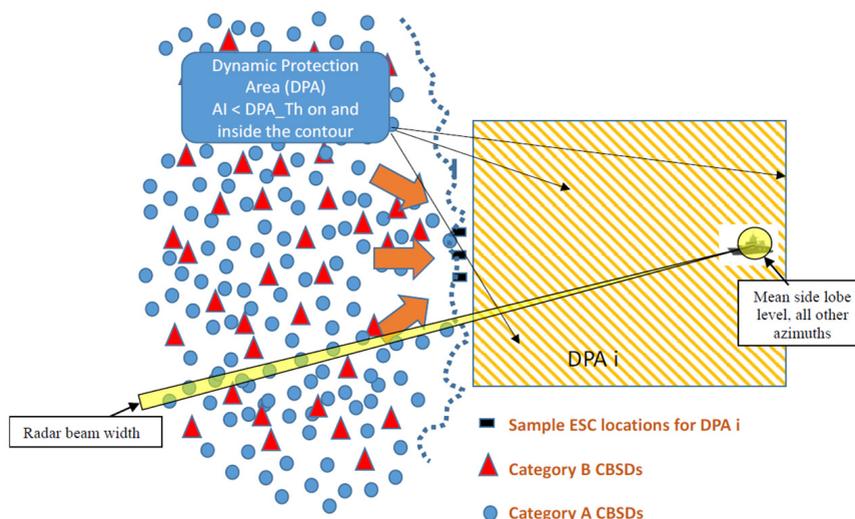
<자료> Thao T. Nguyen, Anirudha Sahoo, Michael R. Souryal, and Timothy A. Hall(NIST), "3.5GHz Environmental Sensing Capability Sensitivity Requirements and Deployment," Dyspan 2017, 6-9 March 2017. 재구성

[그림 3] 배타적 간섭보호 구역 및 보호구역, DPA 비교

경계, ESC 센서 배치로 운영이 가능한 보호구역(Protection Area: PA), 201년 5월에 FCC와 NTIA에서 발표한 DPA 지정 형태에 대해 나타내고 있다. [그림 3]에서 'Phase 1'은 NTIA에서 진행한 배타적 간섭보호 구역 경계 및 개정된 배타적 보호구역 경계를 나타내고 있으며, 'Phase 2'는 미국 해안지역에서 ESC 센서가 배치될 경우 기존의 개정된 배타적 간섭보호 구역이 보호구역으로 전환될 수 있음을 나타내고 있다. [그림 3]에서의 'Waiver'는 FCC와 NTIA에서 발표한 중첩되지 않는 다각형 모양의 고정된 형태를 갖는 개별 DPA 지정 형태를 나타내고 있다. 본 조건부 'Waiver'를 통해 FCC는 향후 군 지상 레이더와 같은 육상 인컴버트 사용자에게도 확대 적용할 것임을 제시하였다.

2. DPA 정의 및 요구사항

DPA는 군 해상 레이더에 대한 간섭보호를 위해 필요에 따라 자동적으로 활성화 또는 비활성화될 수 있는 사전에 정의된 로컬 간섭보호 구역으로 정의할 수 있다. ESC 센서에 의해 군 해상 레이더의 신호가 감지되고 이로 인해 DPA가 활성화 될 경우에는 해당 DPA 내에서는 CBSD (Citizens Broadband Radio Service Device)의 사용이 금지되어 군 해상 레이더는 CBSD로부터 발생될 수 있는 누적간섭의 영향으로부터 보호받을 수 있다. 즉, DPA 형성에 관여하는 ESC 센서는 군 해상 레이더 존재 여부에 대해 단지 '1'과 '0'에 해당하는 트리거 신호를 60초 이내에



〈자료〉 Mark Gibson(Comsearch), Citizens Broadband Radio Service, NSMA, May 2018.

[그림 4] DPA 보호기준 설정 시나리오

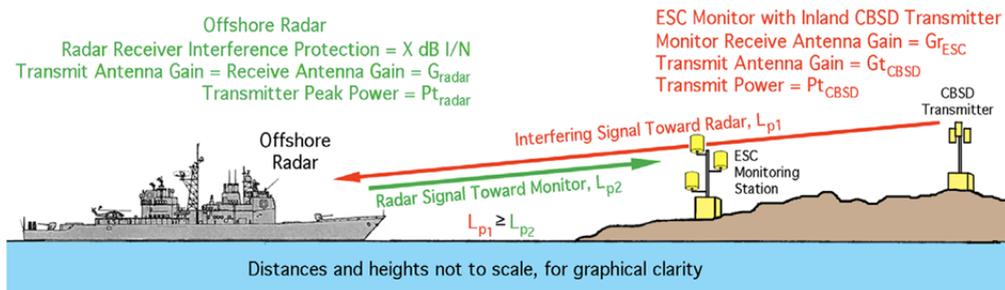
SAS에 전달해야 하며, 군 해상 레이더 신호 감지 시에는 ESC에 의해 전달된 트리거 신호를 토대로 SAS는 해당 지역에 대해 300초 이내에 DPA를 활성화 상태로 전환해야 한다. 현재 CBRS는 ESC 센서가 아직 설치되지 않은 상태인 'Phase 1'에 해당하므로 'Waiver' 공시에서 설정된 DPA는 군 해상 레이더에 대한 간섭보호를 위해 모두 활성화 상태라고 할 수 있다. 또한 SAS와 ESC 센서 간의 정보 전달을 위한 통신상태가 불량이거나 ESC의 원활한 동작이 이루어지지 않는다고 판단될 경우에도 모든 DPA는 활성화 상태를 유지하게 된다. 이를 위해 SAS는 ESC의 동작이 '실패' 했다는 것을 판단하고 결정할 수 있는 기능을 갖추어야 한다.

DPA 내 군 해상 레이더의 간섭보호 기준은 군 해상 레이더 안테나의 개구면(aperture) 주 빔 영역에서 감지될 수 있는 CBSD로부터의 최대 누적수신전력 값을 기반으로 정해질 수 있다. [그림 4]는 DPA의 활성화 및 비활성화 여부를 결정짓는 DPA의 동작 시나리오 사례를 나타내고 있다.

III. CBRS를 위한 군 해상 레이더 신호탐지 방안 연구 현황

1. 군 해상 레이더 간섭보호를 위한 ESC 동작기준 설정방안 연구

NTIA는 현재 미국의 3.5GHz 대역에서 운용 중인 군 해상 레이더 이외에도 향후 이용이 예상되는 신규 레이더 종류를 사전에 예측하여 각각의 레이더 동작 파라미터를 고려한 ESC 센서의 동작 기준 설정 값 산출방안에 대한 연구를 수행한 바 있다[6]. 본 선행 연구에서는 군 작전보안 요구사항을 충족하기 위해 군 해상 레이더로부터 취득 가능한 수신정보를 최소화 하면서, CBSD와의 주파수 공동사용을 위한 ESC 센서의 스펙트럼 센싱 기준 값과 ESC 센서의 최적 배치 위치를 결정하는



<자료> Frank H. Sanders, Edward F. Drocella, Robert L. Sole, Using On-Shore Detected Radar Signal Power for Interference Protection of Off-Shore Radar Receivers, NTIA Technical Report 16-521, March 2016.

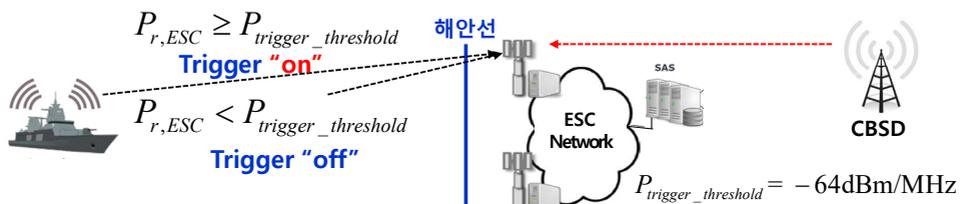
[그림 5] DAP 보호기준 설정 시나리오

방안을 제시하였다. 본 연구를 위해 지정한 파라미터 값으로는 ESC 센서 안테나 이득 값으로 0 dBi, CBSD 방사전력 47dBm/MHz, 군 해상 레이더 보호를 위한 I/N(Interference to Noise Ratio) 비율 값 -6dB, 군 해상 레이더 안테나로부터 방사되는 출력전력을 90dBm으로 설정하였다. 또한 군 해상 레이더의 송수신 가능 대역폭 크기는 1MHz로 지정하였다.

본 연구는 단일 CBSD와 ESC 센서가 위치하는 육상의 인근 해역에 위치하는 군 해상 레이더와의 상호 공존을 위한 조건으로 전파전달손실 값을 고려하였다. 즉, 군 해상 레이더 안테나 송신단에서 해안선 지역에 배치된 ESC 센서 간의 전파전달손실 값을 L_{P_2} , 육상에 위치한 CBSD로부터 군 해상 레이더 안테나 수신단까지의 전파전달손실 값을 L_{P_1} 로 지정한 후 L_{P_2} 와 L_{P_1} 의 크기 비교를 통해 군 해상 레이더에 대한 간섭보호 가능 여부를 판단하는 방안을 제시하였다. 이를 통해 군 해상 레이더에 대한 간섭발생 여부 판단을 위한 최소한의 ESC 센서 센싱 기준 값인 $P_{trigger}$ 값을 산출하였으며, ESC 센서는 군 작전보안 요구사항을 준수하기 위해 군 해상 레이더의 감지 여부를 '1' 또는 '0'의 값 형태로 전환하여 SAS에 전달하게 된다. [그림 5]는 본 연구에 대한 기본 시나리오를 나타내고 있다.

만약 $P_{trigger}$ 값을 특정 기준 값으로 고정할 경우, 해당 $P_{trigger}$ 값은 $P_{trigger_threshold}$ 값으로 변환될 수 있으며, ESC 센서에 수신되는 $P_{r,ESC}$ 값과의 비교과정을 거쳐 군 해상 레이더에 대한 간섭 여부를 판단하게 된다. [그림 6]은 $P_{trigger_threshold}$ 값이 -64dBm/MHz로 고정될 경우, ESC 센서의 트리거 동작 여부에 대한 처리 개념도를 보여주고 있다.

[그림 6]에서 $P_{trigger_threshold}$ 값 대비 $P_{r,ESC}$ 값이 크거나 같은 경우에는 군 해상 레이더에 대한 간섭이 발생한다는 것을 의미하며, ESC 센서는 트리거 정보 'On'에 해당하는 트리거 신호 '1'을 SAS에 전달하게 된다. 이와는 반대로 $P_{r,ESC}$ 값이 $P_{trigger_threshold}$ 값보다 작을 경우는 군 해상 레이더에 대한 간섭이 없는 경우를 나타내므로 해당 DPA 지역 내에서 CBSD가 군 해상 레이더에 대한 간섭의 영향 없이 동작할 수 있음을 의미한다.



<자료> 숭실대학교 자체작성

[그림 6] ESC 센서 트리거 동작관련 처리 개념도

식(1)은 ESC 센서에서 요구되는 최소 수신신호 감지 기준 값 획득을 위한 산출식을 나타내고 있다. 식(1)은 ESC 센서 수신 대역폭 크기를 고려한 열잡음 값(ktB_{ESC})과 ESC 센서 잡음지수 (NF_{ESC}), ESC 센서의 열잡음 RMS(Root Mean Square) 값 대비 최대 잡음전력 검출 수준 ($P_{peak_detector}$), CBSD 송신기로부터의 외부잡음($N_{external}$), 군 해상 레이더의 수신신호 검출을 위한 ESC 센서의 최소 신호 대 잡음비 값(SNR_{min})으로 구성된다.

$$P_{trigger_threshold} = 10\log(ktB_{ESC}) + P_{peak_detector} + NF_{ESC} + N_{external} + SNR_{min} \quad (1)$$

만약 열잡음에 해당하는 온도 값을 290Kelvin, $B_{ESC} = 1\text{MHz}$, $N_{external} = 6\text{dB/MHz}$, $P_{peak_detector} = 10\text{dB}$, $N_{external} = 6\text{dB/MHz}$, $SNR_{min} = 10\text{dB}$, $NF_{ESC} = 4\text{dB}$ 로 설정할 경우, 값은 계산에 의해 -84dBm/MHz가 산출됨을 파악할 수 있다. [표 1]은 군 해상 레이더 종류 별 방사전력 및 대역폭 크기, ESC 센서의 센싱 기준 값 산출 사례를 나타내고 있다. [표 1]과 같이 일반적으로 레이더의 송신전력이 작을수록 해당 레이더에 대한 정확한 간섭보호를 위해 ESC 센서의 최소 수신신호 감지 기준 값도 낮아야 함을 파악할 수 있다.

[표 1] 군 해상 레이더 종류 별 ESC 센싱 기준 값 산출 사례

레이더 종류	레이더 송신전력 (dBm)	레이더 송신 대역폭 (MHz)	레이더 수신 대역폭 (MHz)	ESC 센싱 기준 값 (dBm/MHz)
Radar 1(현재 운영 중)	90	1	1	-64
High power P0N Short(0.1μs) pulse	90	10	10	-74
High power P0N Long(10μs) pulse	90	0.1	0.1	-64
Lower power Q3N Narrowband Chirped	74	3	3	-85
Lower power Q3N Wideband Chirped	74	10	10	-90

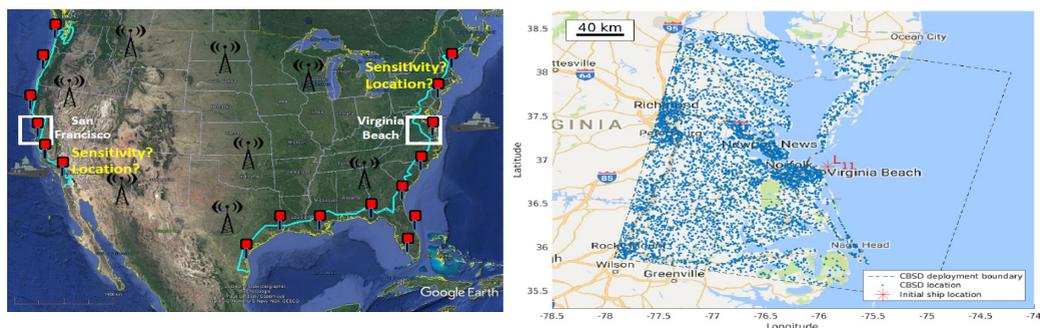
<자료> Frank H. Sanders, Edward F. Drocella, Robert L. Sole, *Using On-Shore Detected Radar Signal Power for Interference Protection of Off-Shore Radar Receivers*, NTIA Technical Report 16-521, March 2016.

IV. ESC의 설치비용 및 최소 수신신호 감도를 고려한 배치방안 연구

FCC는 [그림 3] 및 이에 대한 부가설명에서 나타난 바와 같이 CBSD와 군 해상 레이더의 주파수

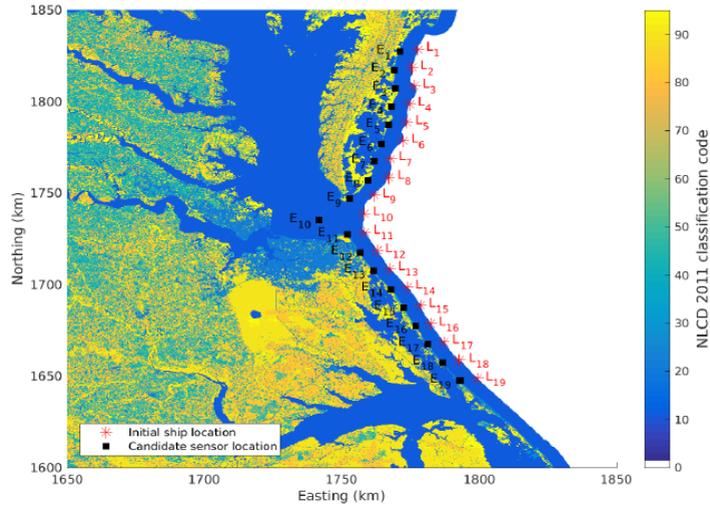
공동사용을 위해 'Phase 1'과 'Phase 2'에 해당하는 2단계의 간섭보호 적용방안을 제시하였다. 특히, 'Phase 2'에서는 ESC 센서 배치 후 기존 'Phase 1'에서의 배타적 간섭보호 구역이 보호구역으로 전환될 수 있으며, 보호구역 내에서 군 해상 레이더에 대한 간섭보호와 CBSD의 원활한 운영을 동시에 만족시키기 위해서는 ESC 센서의 동작 정확성 및 수신신호 감지 결과의 신뢰성 확보는 매우 중요한 요소라고 할 수 있다.

본 고의 III장에서 소개한 NTIA의 ESC 센서에 대한 최소 수신감도 기준 값 설정에 관한 연구는 미국 해안지역에 대한 지형적 특성 및 다중 CBSD 사용에 의한 누적 간섭 영향을 고려하지 않음으로 인해 실제 ESC 센서 운영환경에 적용하기에는 한계가 있다. 이에 미국 국립표준기술연구소(National Institute of Standard and Technology: NIST)는 인구밀도가 상대적으로 적은 버지니아 해변 및 버지니아 해변지역 대비 인구밀도가 높은 샌프란시스코 해안지역에서 30×30m 수준의 해상도를 가지는 'Geographic Information System(GIS) 2011 National Cover Database(NLCD)' 지형정보 데이터와 다수의 CBSD 운영상황, ESC 센서의 배치 수 및 배치 간격을 고려한 군 해상 레이더의 간섭보호 경계 설정과 ESC 최적 배치방안에 대한 연구결과를 발표하였다[7]. 본 연구에서 고려하는 주파수 대역은 CBRS 적용 주파수 범위에 해당하는 3.55~3.7GHz 대역 내에서 운영되는 군 해상 레이더를 고려하였다. 이를 위해 군 해상 레이더의 동작을 위한 중심 주파수 및 ESC 센서의 감지 주파수 범위를 3.6GHz 대역으로 지정하였다. 또한, 개별 해안지역에서의 인구밀도를 다중 CBSD의 이용정도를 결정하는 척도로 적용하였다. 즉, 개별 모의실험 대상 해안지역 내 밀집도심(dense-urban) 및 도심(urban), 부도심(sub-urban), 도서산간(rural) 지역 각각에 대한 인구밀도 및 낮 시간 거주정도, 시장 점유율(Market Penetration factor: MP), CBSD 채널 사용 비율 등을 감안하여 CBSD가 이용될 수 있는 사용자 환경 시나리오를 가정하였다. [그림 7]은 모의실험



[자료] Thao T. Nguyen, Anirudha Sahoo, Michael R. Souryal, and Timothy A. Hall(NIST), "3.5GHz Environmental Sensing Capability Sensitivity Requirements and Deployment," Dyspan 2017, 6-9 March 2017.

[그림 7] 모의실험 대상 위치, ESC 센서와 CBSD 배치 시나리오



〈자료〉 Thao T. Nguyen, Anirudha Sahoo, Michael R. Souryal, and Timothy A. Hall(NIST), "3.5GHz Environmental Sensing Capability Sensitivity Requirements and Deployment," Dyspan 2017, 6-9 March 2017.

[그림 8] 초기 모의실험 단계에서의 군 해상 레이더 위치와 ESC 센서 배치 시나리오

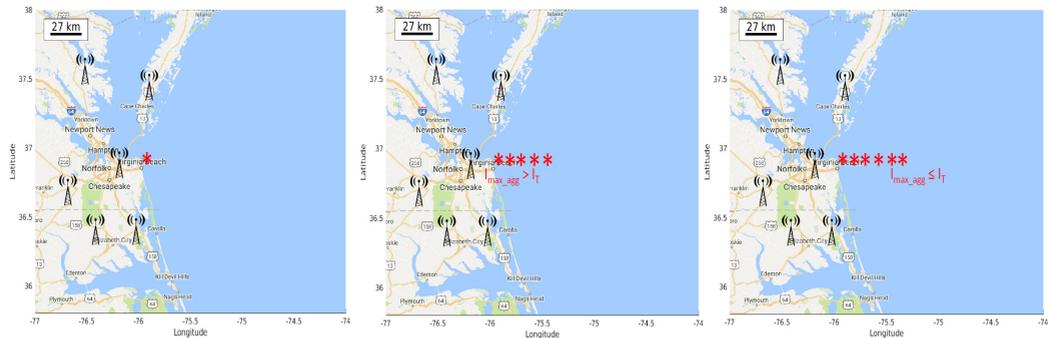
이 진행된 샌프란시스코 및 버지니아 해안지역과 ESC 센서(빨강색 사각형에 해당)의 초기 배치 시나리오와 버지니아 해안지역 내 파랑색 점으로 표시된 CBSD 배치 시나리오를 나타내고 있다. 여기서 L11으로 표시된 빨강색 별표 표시는 군 해상 레이더의 간섭보호 경계를 산출하기 위해 군 해상 레이더의 초기위치에 해당하는 해안선에서 해상 방향으로 약 10km 떨어진 지점에 위치하는 군 해상 레이더 위치를 나타내고 있다.

본 고에서는 [그림 7]에서 제시한 가상의 군 해상 레이더의 초기 위치를 [그림 8]과 같이 총 19개로 설정하였으며, 개별 군 해상 레이더의 초기 위치와 동일한 수평선상의 위치에 동일한 수의 ESC 센서(검은색 사각형에 해당)가 배치되어 있다고 가정하였다.

본 연구는 군 해상 레이더에 대한 간섭보호 경계 산출을 위해 크게 3단계에 걸친 처리과정을 수행하였다. 1단계는 군 해상 레이더의 초기위치를 시작으로 해상 방향으로 10km씩 이동하면서 CBSD로부터 누적간섭이 군 해상 레이더의 간섭보호 기준 값 보다 낮은 지점을 찾는 과정을 반복한다.

1단계 과정에서 총 19개에 해당하는 모든 군 해상 레이더 위치 각각에 대해 CBSD로부터 발생하는 누적간섭이 군 해상 레이더의 간섭보호 기준 값 보다 낮은 지점을 하나로 연결한 경계선이 군 해상 레이더의 간섭보호를 위해 요구되는 최소 간섭보호 경계선으로 취급할 수 있다.

2단계 과정은 간섭 경계선 상에서의 개별 군 해상 레이더 위치에서 레이더 신호 감지를 위한

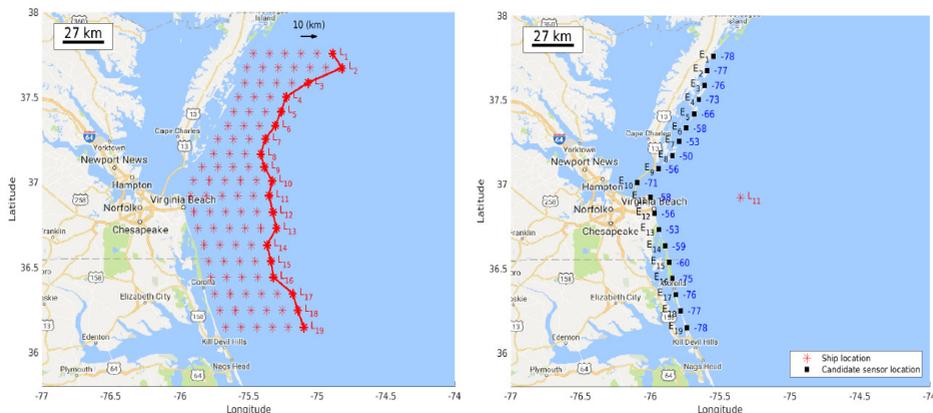


〈자료〉 Thao T. Nguyen, Anirudha Sahoo, Michael R. Souryal, and Timothy A. Hall(NIST), “3.5GHz Environmental Sensing Capability Sensitivity Requirements and Deployment,” Dyspan 2017, 6–9 March 2017.

[그림 9] 군 해상 레이더 간섭보호 경계 산출을 위한 1단계 처리과정

개별 ESC 센서에서의 신호 수신감도를 계산하는 과정을 진행한다. 여기서 ESC 센서의 신호 수신감도는 군 해상 레이더의 간섭보호를 위해 최소한도로 요구되는 수신 민감도 기준 값에 해당한다고 할 수 있다.

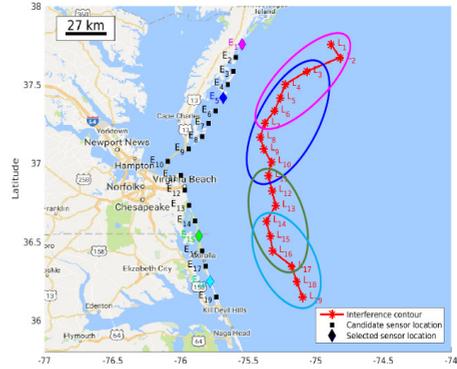
마지막 3단계는 개별 군 해상 레이더로부터의 수신신호 감지여부를 나타내는 ESC 센서 목록을 생성한 후, 군 해상 레이더 수신신호를 감지할 수 있는 ESC 센서를 선택하는 과정을 진행하게 된다. [그림 11]의 왼쪽 표에서 가로축은 [그림 10]에서 나타낸 총 19개소의 군 해상 레이더의 위치를 의미하며, 세로축은 개별 군 해상 레이더 위치로부터 수평선상의 해안선에 위치하는 ESC 센서들을 나타내고 있다. [그림 11]의 왼쪽 표에서 ‘1’은 ESC 센서가 간섭보호 경계선 상에 위치하



〈자료〉 Thao T. Nguyen, Anirudha Sahoo, Michael R. Souryal, and Timothy A. Hall(NIST), “3.5GHz Environmental Sensing Capability Sensitivity Requirements and Deployment,” Dyspan 2017, 6–9 March 2017.

[그림 10] 군 해상 레이더 간섭보호 경계선 및 ESC 센서 수신감도 결정을 위한 2단계 처리과정

		Virginia Beach: RF = 1, Sensitivity = -68 dBm/MHz																		
		Ship location																		
		L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_10	L_11	L_12	L_13	L_14	L_15	L_16	L_17	L_18	L_19
Candidate sensor location	E_1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E_2	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E_3	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E_4	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	E_5	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	E_6	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	E_7	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	E_8	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	E_9	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	E_10	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	E_11	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	E_12	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	E_13	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
	E_14	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
	E_15	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
	E_16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
	E_17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	E_18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	E_19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
No. det. sensors	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	1	1

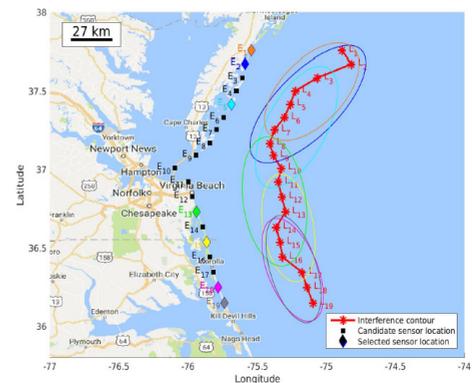


〈자료〉 Thao T. Nguyen, Anirudha Sahoo, Michael R. Souryal, and Timothy A. Hall(NIST), “3.5GHz Environmental Sensing Capability Sensitivity Requirements and Deployment,” Dyspan 2017, 6-9 March 2017.

[그림 11] ESC 센서 요구 최소수신감도(-68dBm/MHz) 대비 ESC 센서 배치결과

는 군 해상 레이더로부터의 수신신호를 감지했다는 의미이며, '0'은 ESC 센서가 군 해상 레이더의 수신신호를 감지하지 못했을 경우를 의미한다. 예로 ESC 센서의 최소 수신감도 요구 기준 값이 -68dBm/MHz로 지정되어 있을 경우, ESC 센서 'E_1'은 군 해상 레이더 위치 'L_1'에서부터 'L_7'까지의 군 해상 레이더 수신신호를 감지할 수 있음을 의미한다. 또한, 'E_5'는 군 해상 레이더 위치 'L_3'에서부터 'L_1'까지의 레이더 수신신호를 감지할 수 있음을 의미한다. [그림 11]의 연구 결과를 통해 단지 ESC 센서 'E_1', 'E_5', 'E_15', 'E_18' 4개만을 선택할 경우에 간섭보호 경계선 상에 위치하는 모든 군 해상 레이더로부터의 수신신호가 감지될 수 있음을 나타내므로 기존 19개의 ESC 센서를 모두 설치할 필요가 없어 비용 효율적 측면에서 더욱 효율적인 ESC 센서

		Virginia Beach: RF = 2, Sensitivity = -70 dBm/MHz																		
		Ship location																		
		L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_10	L_11	L_12	L_13	L_14	L_15	L_16	L_17	L_18	L_19
Candidate sensor location	E_1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E_2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E_3	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E_4	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	E_5	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	E_6	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	E_7	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	E_8	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	E_9	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	E_10	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	E_11	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	E_12	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
	E_13	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
	E_14	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
	E_15	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
	E_16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
	E_17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	E_18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	E_19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
No. det. sensors	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	4	4	4	3	2	2	



〈자료〉 Thao T. Nguyen, Anirudha Sahoo, Michael R. Souryal, and Timothy A. Hall(NIST), “3.5GHz Environmental Sensing Capability Sensitivity Requirements and Deployment,” Dyspan 2017, 6-9 March 2017.

[그림 12] ESC 센서 요구 최소수신감도(-70 dBm/MHz) 대비 ESC 센서 배치결과

배치가 가능함을 나타내고 있다. 만약 ESC 센서의 최소수신감도 요구사항 값이 -70dBm/MHz 로 [그림 11]의 -68dBm/MHz 최소수신감도 요구사항 값 보다 2dB 정도 더욱 엄격해질 경우에는 [그림 12]의 연구결과와 같이 2배 정도의 ESC 센서 수 배치가 요구됨을 파악할 수 있다.

V. 결론 및 시사점

본 고에서는 미국 CBRS 주파수 대역에서 군 해상 레이더와의 동적인 주파수 공동사용을 위한 동적 전파간섭 보호구역인 DPA의 정책 및 연구개발 추진 현황에 대해 살펴보았다. DPA는 현재의 면허기반 무선통신 서비스의 간섭보호를 위해 일정 길이의 보호이격거리를 기반으로 타 무선국의 이용이 배제되는 배타적 간섭보호 구역 체계에서 지역적 주파수 이용의 사용 가능성을 획기적으로 향상시킬 수 있는 혁신적인 제도로 평가되고 있다. DPA의 원활한 운영을 위해서는 무엇보다도 간섭보호 대상 무선통신 서비스의 전파신호 발생여부를 빠르고 정확하게 판단할 수 있는 ESC에 대한 배치방안이 매우 중요하다. 이를 위해 미국은 NTIA를 중심으로 NIST와 같은 국가연구소가 지속적인 연구를 진행 중에 있으며, 향후 미국 CBRS 기반 주파수 공동사용을 추진하는데 있어 본 고에서 소개한 ESC 센서의 최소 수신감도 기준 값 결정방안 및 ESC 배치방안이 관련 기술기준에서의 ESC 운영과 관련하여 큰 영향을 끼칠 것으로 판단된다.

마지막으로 주파수 공동사용 방식은 한정된 자원인 주파수의 효율적 이용 및 향후 모바일 트래픽 급증에 대처하기 위한 대응방안으로 간주되고 있다. 특히, 최근 개정된 미국 CBRS의 연방 기술기준 추진 사례에서도 알 수 있듯이, 기존의 소규모 센서스 트랙 크기와 거대 PEA(Partial Economic Area) 면허할당 구역 크기 대비 중간 수준의 크기를 가지는 카운티 규모의 지역적 면허할당 제도 도입을 통해 거대 이동사와 중소규모의 지역 무선 인터넷 공급자, 케이블 사업자, 인터넷 콘텐츠 공급자를 모두 아우르는 주파수 공동사용 운영 플랫폼 정착에 많은 노력을 기울이고 있다.

앞으로의 시대는 현재의 글로벌 시장에서의 우버와 에어비엔비 등 공유 서비스에 대한 급부상에 서도 알 수 있듯이 공유경제를 모토로 하는 신 시장이 빠르게 확대될 것으로 예상되며, 이에 따라 전파 또한 이러한 공유경제 시대에 부합하고 신산업 및 신규 일자리 창출을 도모하기 위한 지역적 주파수 공동사용 서비스 도입 및 활성화 방안에 대한 진지한 고민을 점진적으로 시작해야 할 시점으로 판단된다. 또한, 향후 고용량 IoT 및 드론, 자율주행자동차, 스마트 시티, 빅데이터 기반의 인공지능 탑재 서비스의 확대 등 상당히 높은 수준의 모바일 트래픽 용량을 요구하는 다양한 IT 융합 서비스의 안정적 운영과 서비스 품질 향상 요구, 6GHz 이하의 신규 주파수에 대한 분배 및 할당과

함께 주파수 회수 및 재배치에 대한 한계 상황을 고려할 때, 주파수 공동사용 방식의 도입은 앞으로의 국가 주파수 정책 수립 과정에 있어서도 지속적인 관심을 갖고 지켜봐야 할 필수 과제라고 판단된다.

[참고문헌]

- [1] 최주평, 이원철, “주파수 공동사용 정책 및 기술, 표준화 추진 현황”, IITP 주간기술동향 1856호, 2018. 7.
- [2] WINNF-TS-0016-V1.2.1, “Signaling Protocols and Procedures for Citizens Broadband Radio Service(CBRS) : Spectrum Access System(SAS)-Citizens Broadband Radio Service Device(CBSD) Interface Technical Specification,” Document WINNF-TS-0016 Version V1.2.1, 3 January 2018.
- [3] Mark Gibson(Comsearch), “Citizens Broadband Radio Service,” NSMA, May 2018.
- [4] NTIA Letter with DoD, “RE: Promoting Investment in the 3550~3700MHz Band(GN Docket No. 17-258),” 17 May 2018.
- [5] FCC Order, “In the Matter of Promoting Investment in the 3550~3700MHz Band(GN Docket No. 17-258),” DA 18-538, 22 May 2018.
- [6] Frank H. Sanders, Edward F. Drocella, Robert L. Sole, “Using On-Shore Detected Radar Signal Power for Interference Protection of Off-Shore Radar Receivers,” NTIA Technical Report 16-521, March 2016.
- [7] Thao T. Nguyen, Anirudha Sahoo, Michael R. Souryal, and Timothy A. Hall(NIST), “3.5 GHz Environmental Sensing Capability Sensitivity Requirements and Deployment,” Dyspan 2017, 6-9 March 2017.