

5875-5925 MHz 주파수 대역에서 지능형 교통 시스템과 광대역 재난구조 시스템간의 공존 연구

Study on Coexistence between Intelligent Transport Systems
and Broad-Band Disaster Relief in the Band of 5875-5925 MHz

김은철 김진영
(광운대학교, 박사과정) (광운대학교, 부교수)

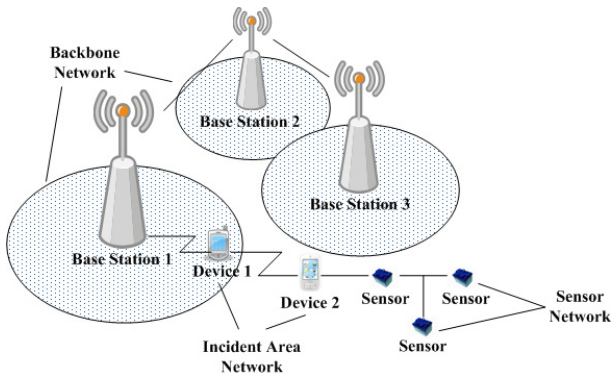
Key Words : 지능형 교통 시스템 (ITS : Intelligent Transport Systems), 광대역 재난구조 시스템 (BBDR : Broad-Band Disaster Relief), 최소 결합 손실 (MCL : Minimum Coupling Loss), 최소 이격 거리

목 차

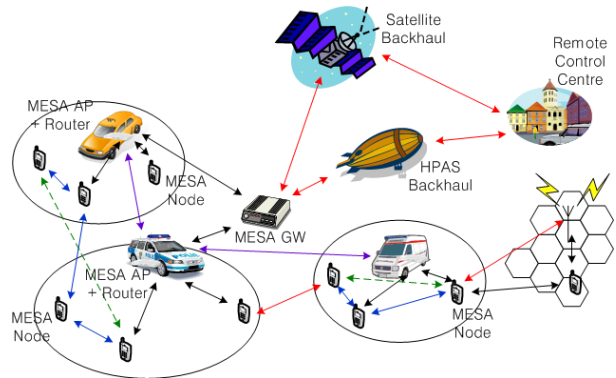
- I. 서론
- II. MCL 계산
- III. 시스템 파라미터
- IV. 간섭 분석 결과
- V. 결론

I. 서론

전 세계에서 기상 이변, 지진, 홍수 등으로 인해 많은 재난이 발생하고 있다. 이러한 재난의 발생은 재난구조 측면에서 새로운 멀티미디어 통신의 출현을 필요로 했으며, 2000년 5월 WRC (World Radiocommunication Conference)-2000 회의에서는 34개의 미래 기술과제 중에서 PPDR (Public Protection & Disaster Relief)을 Resolution 645로 결의하고, WRC-2003 Agenda 1.3으로 채택하였다 [1]. 이에 미국의 TIA (Telecommunication Industry Association)와 유럽의 ETSI(European Telecommunications Standard Institute)가 협력을 맺고 기술 규격을 제정하는 것을 목표로 MESA (Mobility for Emergency and Safety Applications)를 만들었다 [2, 3].



<그림 1> PPDR 네트워크 기본 모델



<그림 2> PPDR 전파통신 시스템 구성도

그림 1과 그림 2는 각각 MESA의 PPDR 네트워크 기본 모델과 PPDR 전파통신 시스템 구성도를 나타낸다 [4, 5]. 그림 1은 지상에 백본 망을 설치하여 재난 통신을 하는 경우를 나타낸 것인데, 실제 재난이 발생하면 그림 2에서와 같이 위성을 이용하거나 성층권 통신을 이용하거나 차량을 이용한 이동 AP (Access Point)를 통하여 통신을 할 수 있다. 이와 같이 재난이 발생한 경우 재난 구조 시스템은 지상망을 이용하거나 차량 AP를 이용해야 하는데, 이 때 지능형 교통 시스템 (ITS : Intelligent Transport Systems) [6]과 서로 간섭을 주지 않아야 시스템 성능을 최적화 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 ITS와 광대역 재난 구조 시스템 (BBDR : Broad-Band Disaster Relief) [7]간의 간섭을 분석하고, 두 시스템이 공존하기 위한 방안을 제시하였다. BBDR의 경우 4940-4990 MHz, 5150-5250 MHz, 5470-5725 MHz,

5725-5875 MHz, 5875-5925 MHz의 주파수 대역을 사용하는 데, 본 논문에서는 ITS과 동일 주파수 대역인 5875-5905 MHz에서 두 시스템이 동작하는 경우를 가정하였다. 간섭 분석 방법은 최소 결합 손실 (MCL : Minimum Coupling Loss) [8]방법을 이용하였고, 전파 환경은 자유 공간을 가정하여 간섭이 발생하지 않기 위해 필요한 최소 이격 거리를 산출하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 제 II장에서는 본 논문에서 사용한 MCL 방법에 대해 언급하고, 간섭량 측정에 필요한 시스템 파라미터를 제 III장에서 제시한다. 제 IV장에서는 간섭 분석 결과를 소개하고, 제 V장에서 두 시스템이 공존하기 위한 방안을 제안하고 본 논문의 결론을 맺는다.

II. MCL 계산

MCL 계산은 가장 큰 간섭이 발생하는 최악의 상황에서 단일 고정 간섭원이 피 간섭원에 미치는 영향을 분석하는 방법이다. 그리고 간섭원과 피 간섭원 사이에 적절한 간섭량을 유지하기 위해서 필요한 이격 거리 (Isolation)가 결과로 도출된다. 이 방법은 계산이 간단하다는 장점이 있지만, 최악의 경우에 대해 분석한 것이며, 통계적 특성을 지닌 시나리오들에 대해서는 불충분한 스펙트럼 분석 결과를 생성하여 주파수 자원을 효율적으로 활용하기 위한 방법으로는 적절하지 않다는 단점을 가지고 있다. 또한 간섭원의 위치 및 채널 환경에 따라서 결과가 상이한 단점도 가지고 있다.

MCL 계산 방법은 다음과 같다. 우선 두 시스템간에 요구되는 MCL을 식 (1)과 같이 계산한다.

$$MCL = P_I + 10 \log \frac{BW_V}{BW_I} - I_{MAX} \quad (1)$$

여기서 MCL 은 dB 단위의 최소 결합 손실이고, P_I 는 간섭원의 최대 송신 전력으로 단위는 dBm 이다. 그리고 BW_V 및 BW_I 는 각각 피간섭원의 수신기 잡음 대역폭과 간섭원의 송신기 대역폭으로 단위는 Hz 이며, I_{MAX} 는 피간섭 수신기의 최대 허용 가능한 간섭으로 단위는 dB 이다.

다음으로 식 (1)에서 계산된 결과인 MCL 값을 이용하여 두 시스템간 간섭이 발생하지 않기 위해 필요한 전파 손실 L , 단위는 dB , 을 식 (2)를 이용하여 계산한다.

$$L = MCL + G_T - L_I + G_V - L_V \quad (2)$$

여기서 G_T 는 간섭원의 안테나 이득으로 단위는 dB_i 이고, L_I 는 간섭원의 전선 손실로서 단위는 dB 이다. 그리고 G_V 는 피간섭 수신기의 안테나 이득으로 단위는 dB_i 이고, L_V 는 간섭원의 전선 손실로서 단위는 dB 이다.

마지막으로 식 (2)의 전파 손실을 이용하여 최소 이격 거리 d , 단위는 m , 를 계산한다. 이 때 경로 손실 모델을 이용해야 하는데, 본 논문에서는 자유 공간 경로 손실 모델을 가정하였다. 따라서 식 (3)과 같이 자유 공간에서 최소 이격 거리를 계산할 수 있다.

$$d = \frac{\lambda}{4\pi} \times 10^{\frac{L}{20}} \quad (3)$$

여기서 λ 는 파장으로 단위는 m 이고 식 (4)와 같이 계산할 수 있다.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (4)$$

여기서 $c = 3 \times 10^8 m/s$ 로 빛의 속도를 나타내고, f 는 주파수로서 단위는 Hz 이다.

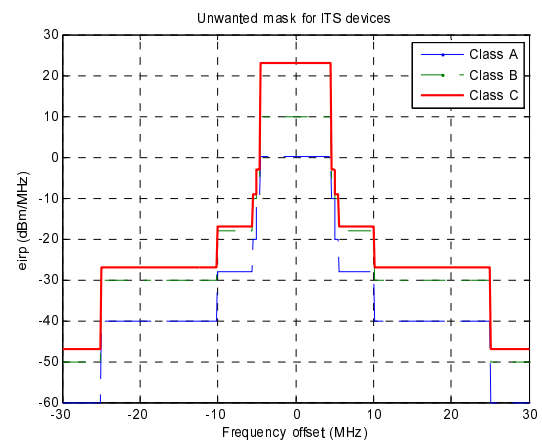
III. 시스템 파라미터

1. ITS

표 1은 ITS의 파라미터를 나타내고, 그림 3은 불요 방사 레벨을 나타낸다 [6].

<표 1> ITS의 파라미터

수신기 특성	값	단위
수신기 대역폭	10	MHz
수신기 민감도	-82	dBm
안테나 이득	8	dB_i
C/I	6	dB
수신기 안테나 입력단에서 허용 가능한 간섭	-96	dB
송신기 특성	값	단위
대역폭	10	MHz
송신 출력, e.i.r.p	33	dBm
안테나 이득	8	dB_i
부엽 감쇠	8	dB



<그림 3> ITS의 전력 스펙트럼 밀도

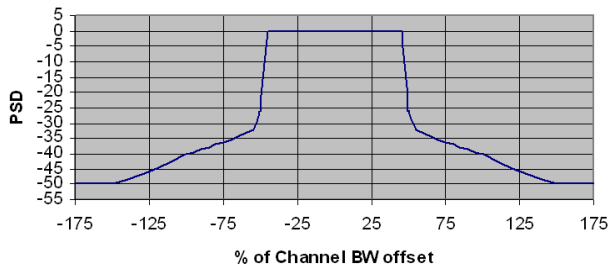
2. BBDR

표 2는 BBDR의 파라미터를 나타내고, 그림 4는 불요방사 레

벨을 나타낸다. [7].

<표 2> BBDR의 파라미터

수신기 특성	단위	값	
		기지국	단말기
수신기 대역폭	MHz	10	10
수신기 민감도	dBm	-82	-82
C/I	dB	6	6
수신기 안테나 입력단에서 허용 가능한 간섭	dB	-97	-81
송신기 특성	단위	값	
		기지국	단말기
대역폭	MHz	10	10
송신 출력, e.i.r.p	dBm	36	23
안테나 이득	dBi	9	0
사람의 몸에 의한 손실	dB	0	6
이동 사용에 의한 안테나 손실	dB	0	1



<그림 4> BBDR의 전력 스펙트럼 밀도

IV. 간섭 분석 결과

1. ITS가 BBDR 기지국에 간섭을 일으키는 경우

먼저 식 (1)을 이용하여 MCL 을 계산하면 식 (5)와 같다.

$$MCL = 33 + 10 \log \frac{10 \times 10^6}{10 \times 10^6} - (-97) \quad (5)$$

$$= 130$$

다음으로 식 (2)를 이용하여 전파 손실을 계산하면 식 (6)과 같다.

$$L = 130 + 8 + 9 \quad (6)$$

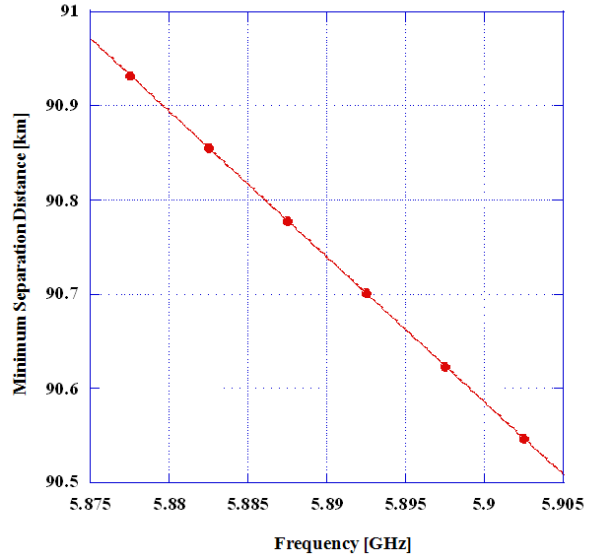
$$= 147$$

마지막으로 식 (3)과 식 (4)를 이용하여 최소 이격 거리를 계산하면 식 (7)과 같다.

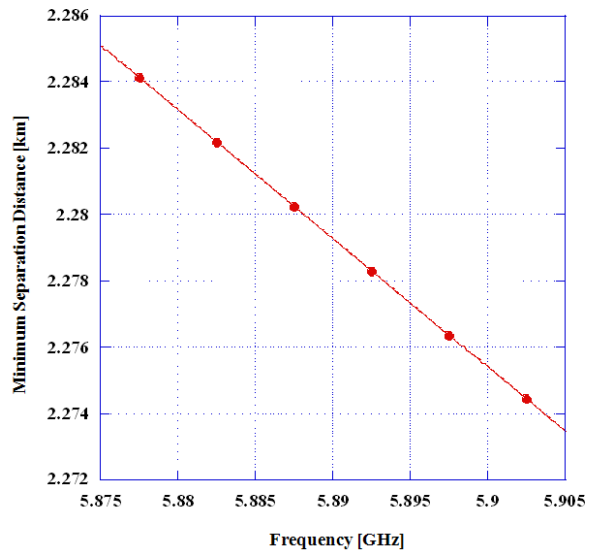
$$d = \frac{3 \times 10^8}{f} \times \frac{1}{4\pi} \times 10^{\frac{147}{20}} \quad (7)$$

그림 5는 ITS가 BBDR의 기지국에 간섭을 일으키는 경우 BBDR 기지국이 간섭의 영향을 받지 않기 위해 필요한 최소 이격 거리를 나타낸다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 ITS와 BBDR의 기지국이 5872-5925 MHz의 주파수 대역을 공

유하는 경우 BBDR의 기지국은 ITS로부터 90 km 이상의 큰 거리 이격을 확보해야 한다. 따라서 ITS와 BBDR 기지국을 정상적으로 동작시키기 위해서는 추가적인 간섭 제거 또는 완화 기술이 필요하다.



<그림 5> BBDR의 기지국이 ITS로부터 간섭을 받지 않기 위해 필요한 최소 이격 거리



<그림 6> BBDR의 단말기가 ITS로부터 간섭을 받지 않기 위해 필요한 최소 이격 거리

2. ITS가 BBDR 단말기에 간섭을 일으키는 경우

먼저 식 (1)을 이용하여 MCL 을 계산하면 식 (8)과 같다.

$$MCL = 33 + 10 \log \frac{10 \times 10^6}{10 \times 10^6} - (-81) \quad (8)$$

$$= 114$$

다음으로 식 (2)를 이용하여 전파 손실을 계산하면 식 (9)와 같다.

$$L = 114 + 8 - (6 + 1) \quad (9)$$

$$= 115$$

마지막으로 식 (3)과 식 (4)를 이용하여 최소 이격 거리를 계산하면 식 (10)과 같다.

$$d = \frac{3 \times 10^8}{f} \times \frac{1}{4\pi} \times 10^{\frac{115}{20}} \quad (10)$$

그림 6은 ITS가 BBDR의 단말기에 간섭을 일으키는 경우 BBDR 단말기가 간섭의 영향을 받지 않기 위해 필요한 최소 이격 거리를 나타낸다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 ITS와 BBDR의 단말기가 5872-5925 MHz의 주파수 대역을 공유하는 경우 BBDR의 단말기는 ITS로부터 2 km 이상의 큰 거리 이격을 확보해야 한다. 따라서 ITS와 BBDR 단말기를 정상적으로 동작시키기 위해서는 추가적인 간섭 제거 또는 완화 기술이 필요하다.

3. BBDR 기지국이 ITS에 간섭을 일으키는 경우

MCL을 계산하면 식 (11)과 같다.

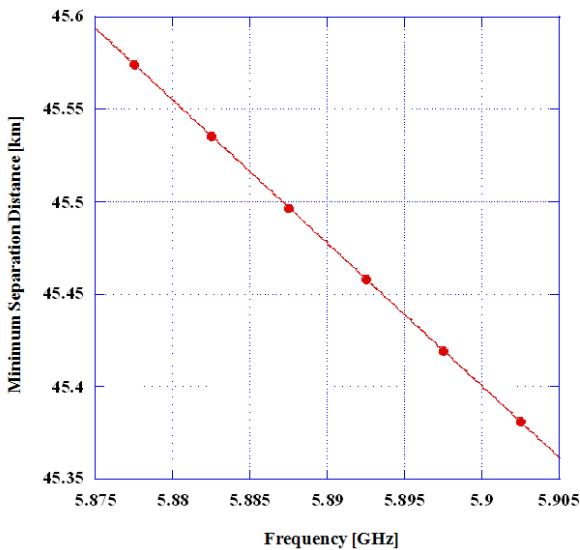
$$MCL = 36 + 10 \log \frac{10 \times 10^6}{10 \times 10^6} - (-88) = 124 \quad (11)$$

다음으로 전파 손실을 계산하면 식 (12)와 같다.

$$L = 124 + 9 + 8 = 141 \quad (12)$$

마지막으로 최소 이격 거리를 계산하면 식 (13)과 같다.

$$d = \frac{3 \times 10^8}{f} \times \frac{1}{4\pi} \times 10^{\frac{141}{20}} \quad (13)$$



<그림 7> ITS가 BBDR의 기지국으로부터 간섭을 받지 않기 위해 필요한 최소 이격 거리

그림 7은 BBDR의 기지국이 ITS에 간섭을 일으키는 경우 ITS가 간섭의 영향을 받지 않기 위해 필요한 최소 이격 거리를 나타낸다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 BBDR의 기지국과 ITS가 5872-5925 MHz의 주파수 대역을 공유하는 경우 ITS는 BBDR의 기지국으로부터 45 km 이상의 큰 거리 이격을 확보해야 한다. 따라서 BBDR 기지국과 ITS를 정상

적으로 동작시키기 위해서는 추가적인 간섭 제거 또는 완화 기술이 필요하다.

4. BBDR 단말기가 ITS에 간섭을 일으키는 경우

MCL을 계산하면 식 (14)과 같다.

$$MCL = 23 + 10 \log \frac{10 \times 10^6}{10 \times 10^6} - (-88) = 111 \quad (14)$$

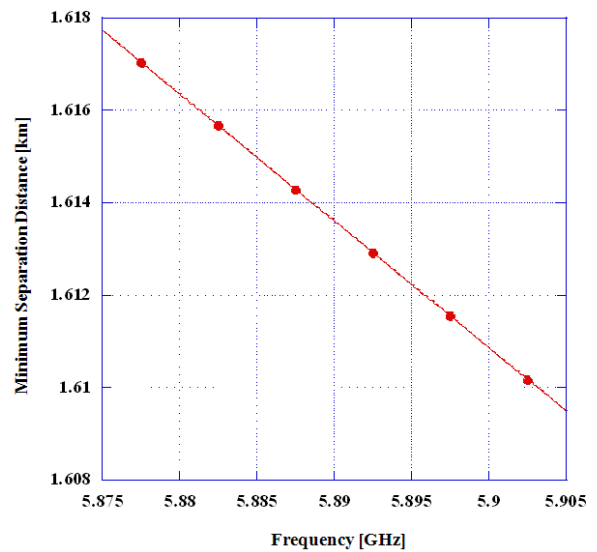
다음으로 전파 손실을 계산하면 식 (15)와 같다.

$$L = 111 - (6 + 1) + 8 = 112 \quad (15)$$

마지막으로 최소 이격 거리를 계산하면 식 (16)과 같다.

$$d = \frac{3 \times 10^8}{f} \times \frac{1}{4\pi} \times 10^{\frac{112}{20}} \quad (16)$$

그림 8은 BBDR의 단말기가 ITS에 간섭을 일으키는 경우 ITS가 간섭의 영향을 받지 않기 위해 필요한 최소 이격 거리를 나타낸다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 BBDR의 단말기와 ITS가 5872-5925 MHz의 주파수 대역을 공유하는 경우 ITS는 BBDR의 단말기로부터 1.6 km 이상의 큰 거리 이격을 확보해야 한다. 따라서 BBDR 단말기와 ITS를 정상적으로 동작시키기 위해서는 추가적인 간섭 제거 또는 완화 기술이 필요하다.



<그림 8> ITS가 BBDR의 단말기로부터 간섭을 받지 않기 위해 필요한 최소 이격 거리

V. 결론

본 논문은 BBDR 시스템과 ITS가 5.875-5.905 MHz 대역을 공유하며 동작하는 경우 두 시스템이 서로에게 간섭을 일으키지 않고 동작하기 위한 조건을 제안하였다. 간섭 분석 방법은 MCL 방법을 이용하여 최소 이격 거리를 계산하였으며, 전파 손실 모델은 자유공간 손실 모델로 가정하였다. 분석 결과 ITS와 BBDR의 기지국/단말기는 서로 주파수를

공유하며 정상적으로 동작하기 위해서는 비교적 큰 이격 거리가 요구되었다. 따라서 두 시스템을 구현할 때에는 추가적인 간섭 제거 또는 완화 기술이 필요함을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. 박재하, "PPDR (공공안전 및 재난구조)용 주파수 식별," IT Standard Weekly, 2004-32호, Aug. 2004.
2. *Project MESA*, "Making progress toward an international PPDR standard," Sep. 2003.
3. <http://www.projectmesa.org>
4. *MESA TR 70.0012 V1.1.5*, "Project MESA; Technical specification group; System reference model," Apr. 2004.
5. G. Redaelli, "Example of MESA architectures," *MESA Meeting #6*, Apr. 2003.
6. *ECC Report 101*, "Compatibility studies in the band 5855-5925 MHz between intelligent transport systems (ITS) and other systems," Feb. 2007.
7. *ETSI SRDoc TR 102 485*, "Technical characteristics for broadband disaster relief applications (BBDR) for emergency services in disaster situations," July 2006.
8. *ERC Report 101*, "A comparison of the minimum coupling loss method, enhanced minimum coupling loss method, and the Monte-Carlo simulation," May 1999.