

CBTC무선통신장치와 무선데이터통신시스템간 전파간섭 분석

윤 용 기, 최 규 형
한국철도기술연구원, 한국철도기술연구원

The analysis of wave interference between the CBTC RF system and Wireless Data communication systems

Yong-Ki Yoon, Kyu-Hyoung Choi
Korea Railroad Research Institute, Korea Railroad Research Institute

Abstract - 국내 전파법을 바탕으로 경량전철신호제어 시스템용 무선통신장치와 무선데이터통신시스템간 간섭 거리를 계산하였다. 무선데이터통신시스템이 실내에 설치되어 있는 경우 경량전철신호제어시스템용 무선통신장치를 사용하는 것이 문제없음을 확인하였다. 또한 실외의 경우에도 큰 문제없이 신호제어시스템용 분석장치를 사용할 수 있음을 확인하였다.

1. 서 론

한국철도기술연구원이 총괄주관기관이 되어 수행하고 있는 경량전철시스템기술개발사업의 열차제어방식은 케도회로를 사용하지 않고, 2.4[GHz]대역의 무선통신을 기반으로 하는 CBTC시스템을 사용하고 있다. 이 시스템의 주파수대역은 국내 전파법에서 법률로 정하고 있는 특정소출력 무선국중 무선데이터통신시스템용(음성, 영상포함) 주파수대역과 같다. 양 시스템을 동일한 공간에서 사용하는 경우 전파간섭이 발생되어 양질의 서비스를 제공받을 수 없는 등 장애가 발생할 수 있다. 따라서 양 시스템의 특성을 확인하여 각 시스템이 상호간에 주는 간섭특성을 확인하는 것이 요구된다.

본 논문은 국내 전파법, 무선데이터통신시스템과 CBTC시스템 모델링 및 간섭내용 분석을 포함하고 있다.

2. 본 론

2.1 전파법

국내 전파자원 관리를 위한 법률은 전파법, 시행령, 시행규칙, 무선설비규칙, 무선국의 운용등에 관한 규칙 및 정보통신부 고시 등으로 체계화되어 있다. 이 법률에 의해서 2.4[GHz]대역의 용도는 아마추어무선국, 도서통신, 특정소출력무선이다. 여기에서 문제가 되는 것은 특정소출력무선으로 데이터통신시스템, 이동체식별장치 및 영상전송용이 포함된다. 이 장치는 법률이 정하는 범위내에서는 허가없이 사용할 수 있다.

2.1.1 이동체식별용

이동체식별용은 다음의 표에서 알 수 있듯이 무변조 또는 진폭변조만을 사용하고 있다. 공중선의 절대이득은 20[dB]로 제한된다.

표 1 이동체식별용 무선설비

주파수(MHz)	전파형식	출력
2,440(2,427 ~ 2,453)	NON	
2,450(2,434 ~ 2,465)	A1D	300mW이하
2,455(2,439 ~ 2,470)	AXN	

2.1.2 무선데이터통신시스템

이 시스템의 주반송파 변조방식은 주파수변조, 위상변조, 진폭·가변조 등을 사용한다. 주반송파를 변조하는 신호특성은 양자화 및 디지털화이다. 송신되는 정보형태는 문자, 음성 및 영상을 조합하여 송출된다. 이 시스템은 다음과 같이 3가지 종류로 구분된다.

- 1) 직접확산방식의 스펙트럼확산방식
- 2) 직교주파수분할다중방식
- 3) 주파수호평방식의 스펙트럼확산방식

4) 스펙트럼확산방식을 사용하지 않는 경우
특히, 이 시스템은 운용 중 전파혼신이 발생하는 것을 어느 정도 허용하고 있다.

2.1.3 영상전송용

이 기기의 송신공중선은 무지향성안테나를 사용하며 공중선의 절대이득은 20[dB]이하로 제한된다. 주파수변위, 변조방식 및 출력 등을 다음 표와 같다.

표 2 영상전송용 무선설비

주파수(MHz)	전파형식	출력	주파수대역
2,410.0	A2F		
2,430.0	F2F		
2,450.0	A9W	10[mW]이하	16[MHz]이하
2,470.0	F9W		

이외에 ISM기기가 있는데, 이것은 산업용, 과학용 및 의료용기기로서 통신을 목적으로 하지 않고 고주파를 사용하는 설비이다.

2.2 주파수공용화 및 공존조건

2.4[GHz]대역을 공동으로 사용하는 대상은 아마추어무선국, 이동체식별용 및 무선데이터통신시스템이 있으나 CBTC시스템과 간섭영향이 가장 큰 무선데이터통신시스템을 대상으로 공존조건을 분석하였다. 주파수 공동사용을 위해서 우선 정의할 사항은 다음과 같다.

- 1)간섭전력:기기의 송신전력 및 안테나이득을 갖고 EIRP(실효방사전력)을 상정
- 2)내간섭입력:표준수신입력에서 재밍마진을 뺀 크기
- 3)전달손실모델:자유손실모델, 오쿠무라-하타모델, 실내손실모델(3.5승)
- 4)간섭조건
 - 소출력통신장치가 SS변조일 경우:백색잡음
 - 간섭파 송신대역폭 < 희망파 수신대역폭일 때 :간섭파 EIRP가 간섭전력
 - 간섭파 송신대역폭 > 희망파 수신대역폭
간섭전력 = 간섭파 EIRP*(희망파수신대역폭/간섭파점유대역폭)

2.2.1 내간섭입력 계산

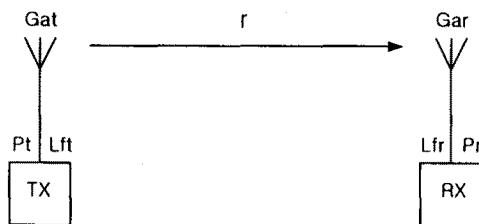


그림 1 내간섭입력모델

기기 Rx가 받는 수신전력은 식(1)과 같다.

$$Pr = Pt \cdot Lft \cdot Gat \cdot r + Gar \cdot Lfr \cdot Pr \quad (1)$$

L : 금전선 손실, G : 공중선 이득, r : 전달손실
수신전력 Pr을 구하는 과정은 다음과 같다.

1) 소요Eb/N0

신호출력의 크기, 대역폭, 지역분포특성 및 확산부호 속도를 갖고 소요BER을 달성하기 위해서 요구되는 Eb/N0(Energy per bit to the spectral noise density)를 구한다.

2) 소요수신전력 Prd

소요Eb/N0를 얻기 위해서 요구되는 소요수신전력 Prd는 다음과 같이 구해진다.

$$Prd = C/N + (Pdn + 10\log Ws) + Mjam + Msys \quad (2)$$

Pdn: 단위주파수에서의 잡음전력밀도

$$Pdn = 10\log(kT) + NF = -197(dBw) = -167(dBm)$$

Ws : 확산대역폭

$$Mjam : Jamming 마진 = 10dB$$

$$Msys : 시스템내부손실 마진 = 3dB$$

$$C/N = Eb/N0 + 10\log(Rd/Ws)$$

3) 전달손실

실내공간에서의 전달손실은 식(3)과 같다.

$$PL(d) = PL(d0) + 10n\log(d/d0) \quad (3)$$

2.4GHz 대역에서 PL(d0)=40dB이다. 실내에 있어서는 n=3.5로 한다. 개활지, 도심지 등에서는 오쿠모라-하타모델을 적용하여 계산한다.

4) 표준수신입력 및 내간섭입력

표준수신입력은 수신전력 Pr을 의미한다.

$$\text{간섭입력} = \text{수신입력} - \text{재밍마진} - \text{안테나마진} \quad (4)$$

2.2.2 CBTC시스템의 주요 인자값 추출

1) 사용수신전력 Prd 산출

$$Prd = Eb/N0 + 10\log(Rd/Ws) + Pdn + 10\log Ws + Mjam + Msys = 100$$

$$Eb/N0 = 10dB, Mjam = 0dB$$

Pdn은 단위주파수(1MHz)에서의 잡음전력밀도

$$Pdn = -197(dBw) = -167(dBm)$$

$$Rd/Ws = 전송속도/대역폭 = 238kbps/3MHz$$

2) EIRP산출

$$\text{송신출력} = 1W/3MHz = 30dBm$$

안테나 이득 : 6dB

$$EIRP = 30 + 6 = 36$$

3) 통신가능거리 산출

자유공간에서의 손실은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$Prd = EIRP(\text{송신출력}) + Gr(\text{수신안테나 이득}) - 손실 - 100 = 36 + 6 - 손실$$

$$\text{손실} = 142dB$$

손실이 142dB인 상태에서 실내조건, 도심지 조건 및 자유공간조건에서의 통신가능거리는 다음과 같다.

-자유공간에서의 송신거리 : 122km

-오쿠모라-하타 : 2500m

-실내(3.5층) : 820m

2.2.3 모델

위에서 논한 방식에 의해서 무선테이터통신시스템(제품A, B, C)과 CBTC무선통신시스템의 주요 인자를 계산하여 다음 표와 같이 정리하였다.

표 3 간섭모델계산

항목	제품 A	제품 B	제품 C	CBTC
용도	LAN	LAN	LAN	유외LAN
전송속도	10Mbps	2Mbps	1Mbps	238kbps
변조	SS	DS	DS	DS
방식	무선	QPSK	QPSK	MSK
확산율	11	11	11	21
송신	/MHz	10mW	10mW	1W/3MHz
출력	계	30dBm	24dBm	24dBm
안테나	송신	2dBi	2dBi	6dBi
이득	수신	2dBi	2dBi	6dBi
조건	급전선	송신	0dB	0dB
	손실	수신	0dB	0dB
	사용환경	실내	실내	실내, 터널
	통신거리	30m	30m	30m
	소요BER	10^{-5}	10^{-5}	10^{-4}
	NF	6dB	6dB	6dB
	수신기잡음	-88dBm	-94dBm	-105dBm
	장치마진	3dB	3dB	3dB
	간섭마진	10dB	10dB	0dB
간섭	주파수대역	2.4 ~ 2.5		
	송신대역폭	100MHz	26MHz	26/2MHz
	수신대역폭	100MHz	26MHz	2MHz
조건	EIRP	32dBm	26dBm	26dBm
전	내간섭입력	-76dBm	-76dBm	-106dBm

2.2.4 간섭모델

위 모델을 갖고 CBTC시스템이 각 무선테이터통신시스템에 미치는 간섭을 계산하였다. 시스템간의 간섭을 분석하기 위한 간섭모델을 2가지로 가정하였다. 하나는 동일공간(실내 또는 자유공간)에 양 시스템이 설치되는 것, 두 번째는 콘크리트벽(1개)에 의해서 양 시스템이 서로 구분되는 것이다. 여기에서 콘크리트벽에 의한 감쇄는 평균치인 17[dB]로 처리하였다.

간섭파의 간섭수신전력은 식(5)와 같다.

$$Pr = Pt \cdot Lft \cdot Gat \cdot rd + Gar \cdot Lfr \cdot Pr' \quad (5)$$

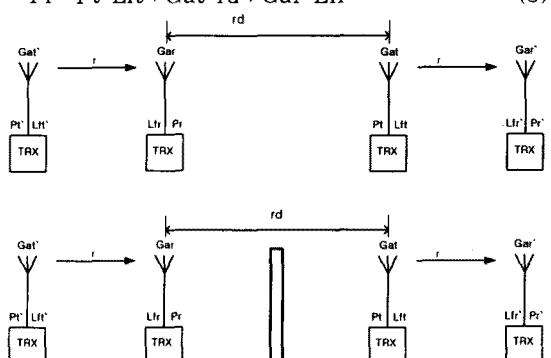


그림 2 간섭전력계산 모델

1) 동일시스템간 간섭

제품A가 제품A에 간섭을 주는 경우 간섭파를 노이즈로 처리한다. 이때는 재밍마진을 10으로 놓기 때문에 간섭파의 전달손실 rd는 표준전달손실r보다 10정도 크게 한다.

2) 이종시스템간 간섭

- (1) 간섭파 점유대역폭 < 희망파 점유대역폭
간섭파의 모든 전력이 희망파의 수신기 대역안으로 들어가는 것으로 재밍마진을 10으로 처리한다.
- (2) 간섭파 점유대역폭 < 희망파 점유대역폭
희망파 수신기의 필터에 의해서 간섭파전력의 일부가 제거된다. 대역비만큼 간섭파전력이 감소하는데 약10dB로 한다.

2.3 간섭거리계산

일반적으로 무선데이터통신시스템은 실내용이므로 거리계산은 실내(3.5승)을 적용한다. CBTC시스템은 실외에 설치되므로 벽에 의한 손실 17dB를 추가한다.

표 4 간섭거리

		간섭 시스템				
		무선데이터통신시스템		CBTC시스템		
		제품A	제품B	제품C	무벽	유벽
피 간 섭 시 스 템	제품A	26dBm	26dBm	36dBm	36dBm	
		96dB	96dB	106dB	89dB	
		39m	39m	76m	25m	
	제품B	26dBm	26dBm	36dBm	36dBm	
		102dB	102dB	112dB	95dB	
		59m	58m	114m	37m	
	제품C	16dBm	15dBm	34dBm	34dBm	
		92dBm	81dB	110dB	93dB	
		30m	15m	100m	32m	
	CBTC (무벽)	17dBm	16dBm	16dBm		
		123dB	122dB	122dB		
		235m	220m	220m		
	CBTC (유벽)	17dBm	16dBm	16dBm		
		106dB	105dB	105dB		
		76m	71m	71m		

표에서 알 수 있듯이 각 칸을 3개로 구분을 하였다. 첫 번째줄은 간선시스템의 간섭출력을 대역을 변환하여 피간섭시스템의 출력으로 환산을 하였다. 두 번째줄은 양 시스템간의 전달손실을 나타내고 있다. 세 번째줄은 내간섭입력을 갖고 계산하였을 때 양 시스템간의 거리를 구한 것이다.

3. 결 론

CBTC시스템이 무선데이터통신시스템에 미치는 영향은 다음과 같다.

- (1) 무선데이터통신시스템이 옥외에 설치되어 있는 경우 80m에서 130m 범위에서 CBTC시스템이 영향을 주지 않을 가능성이 있다.
- (2) 무선데이터통신시스템이 실내에 있는 경우(이것이 대부분으로 생각)는 시스템내의 간섭치가 약1/2로 되어 간섭문제는 없다.
- (3) 특히 CBTC시스템이 설치되는 선로변의 사용환경, 안테나 지향성을 고려한다면 무선데이터통신시스템에 대한 간섭은 극히 적은 것으로 고려된다.
- (4) CBTC무선장치출력을 1w/6dBi로 할 경우 상호간섭 거리가 수 100m단위가 되어 공용 조건의 설정만으로는 불가능하다고 생각된다.

(참 고 문 헌)

- [1] 전파법시행령, 2002. 12. 26
[2] 방송해상전기통신사업용외의 기타업무용무선설비의 기술기준과법시행령, 2003. 2. 14

[5] 한국철도기술연구원"경량전철시스템기술개발사업 4차년도 보고서 ", 2002

[4] Rapport T.S. Indoor Radio Communication for Factories of the Future", IEEE Commun.magazine, pp15-24, May 1989