

무선통신기반 열차제어시스템과 무선랜간의 간섭영향 평가

(Evaluation of Interference Effect between RF-CBTC System and WLAN)

신용재
(세종대학교)

류명선
(포스콘 기술 연구소, 팀장)

김형석
(세종대학교, 교수)

Key Words : Interference, RF-CBTC, Wireless LAN

목 차

- I 서론
- II 간섭영향평가
- III 결론

참고문헌

I 서론

전 세계적으로 무선 통신 기술은 급격하게 발전하였으며 그 수요가 팽창하였고 다양한 무선통신 서비스가 출현하여 그 적용대상도 광범위하게 확장되어 가고 있다. 이동중에도 음성, 텍스트, 영상 등을 고속으로 교환할 수 있는 와이브로, WCDMA 등 무선 기술이 현재 사용되고 있으며, 다양한 산업에 이용할 수 있는 방안 또한 마련되고 있다. 이러한 기술을 이용하여 궁극적으로는 지능형 교통 시스템을 구축하여, 고속 열차 또는 지하철의 신호제어 시스템을 무선통신 기반으로 발전시켜 제한된 철도 자원을 효율적, 경제적으로 운용할 수 있도록 한다. 더 나아가 미래에는 광대역 무선 고속통신으로 CCTV 영상 전송 및 인터넷 서비스 등을 끊임없이 공급할 수 있을 것으로 기대하고 있다 [1].

무선통신 열차제어(RF-CBTC : Radio Frequency Communication Based Train System) 시스템은 ATP(Automatic train protection), ATO(Automatic Train operation), ATS(Automatic Train Supervision)을 제공하여 보다 더 안전하고 빠르게 열차의 운용이 가능하게 해 줄 것이다 [2]. RF-CBTC 시스템의 차상과 지상간의 무선을 이용한 정보 전송은 궤도회로, 비콘, 송신기 케이블 같은 선로 상에서 영구적으로 설치된 인프라구조나 자동운전 시스템을 위한 시스템의

비용을 최소화 할 수 있으며, 기존 통신시스템에 비해 정보 전송률의 향상을 가져다 줄 수 있으며 운영과 유지보수를 더 간편하게 할 수 있다는 장점이 있다 [3].

RF-CBTC는 유럽에서 GSM-R이라는 900MHz의 무선 주파수 대역을 지정하여서 사용하고 있으며, 미국과 다른 나라 등에서는 주로 2.4GHz의 ISM밴드를 사용하고 있다 [4]. 우리나라에서도 현재 2.4GHz의 주파수 대역을 사용하는 RF-CBTC 방식의 열차통신이 여러 지역에서 시운전 또는 설치되고 있다.

그러나, 무선을 사용하기 때문에 다른 무선 통신기 기술들의 영향으로 인한 통신 지연, 통신 왜곡 및 정보 손실 등이 발생할 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 RF-CBTC와 이중 무선기기나 동일주파수인 2.4GHz의 대역을 사용하는 무선랜과의 간섭을 측정실험하며 그에 따른 안전하고 정확한 통신을 위하여 서로간의 간섭을 최소화하는 방안을 제안한다.

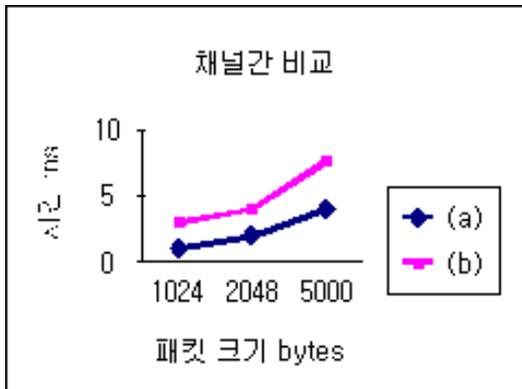
II 간섭영향평가

간섭영향평가를 위한 실험으로 국내의 경산 경전철 시험선의 RF-CBTC와 무선랜 AP의 간섭을 평가한다. 사용된 AP 장비로는 유니콘 사의 Wi-Fi bw-740 모델을 사용하며 채널은 11번과 7번을 각각 사용하였다. 노드로 각각 두 대의 노트북 A와 노트북 B를 두

고 노트북 A를 케이블을 이용하여 AP에 WAN으로 연결하고 노트북 B를 Wi-Fi로 무선으로 연결하여 실험하였다.

실험은 기본적으로 두 노트북간의 ping 시험을 통하여 PER(packet error rate)과 평균 도달 시간 등을 측정한다. 이 때 ping 시험 시에는 각각 1024bytes, 2048bytes, 5000bytes의 패킷을 보내며, 각각 실험에 100회의 패킷을 발생시켜서 3회 보낸다. 또한, 각 실험은 채널을 달리 하여 측정하고 WRS(Wayside Radio Set) 안테나와 Wi-Fi 사이의 거리를 0m, 10m, 20m, 50m, 각각 떨어져서 측정을 하고 WRS 안테나와 열차가 최대한 가까운 거리에 있을 때와 열차 안에서 시험을 수행한다.

경산 시험선의 RF-CBTC에서 사용되는 주파수 대역은 2424.75MHz ~ 2455.75MHz이며 802.11b/g 은 중심 주파수 2.412 ~ 2.462GHz의 11채널을 사용하며 각 채널 간 중심 주파수의 차이는 5MHz이다. 이에 따라서 RF-CBTC의 주파수를 겹치지 않은 채널 11(2.462GHz)과 채널 7(2.442GHz)을 비교하였다. 그림 1과 표1은 AP가 기지국과 열차로부터 각각 10m 떨어진 지역에서 AP의 채널만 7과 11로 각기 달리하여 1024, 2048, 5000bytes를 한번 실험에 각각 100번씩 총 3회 보낸 것의 평균 도달시간과 PER을 측정한 것이다. 무선 열차와 기지국으로부터 10m 떨어진 곳에서의 무선 통신일지라도 채널 11에서는 최소/평균/최대 시간의 차이가 별로 없고 RF-CBTC가 무선 LAN 통신에 영향을 덜 주는 것을 확인할 수 있다. 반면에 RF-CBTC와 같은 주파수 대역을 쓰는 채널 7에서는 주파수 간섭이 일어나서 최대시간이 큰 폭으로 증가한 것을 알 수 있으며 평균 도달시간도 두 배 증가한 것을 알 수 있으며 PER은 5000bytes를 보낼 때 0.3%에서 0.6%로 증가하였다.

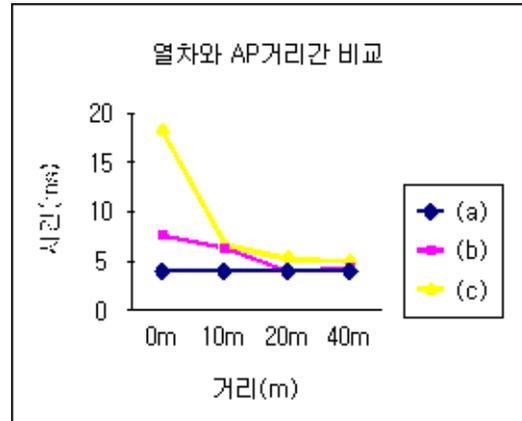


<그림1> 채널7과 11에서의 두 노트북 간 ping 평균 도달시간 (실험 조건은 기지국 AP간 거리 5m, 열차

AP간 거리 300m, 송신데이터 크기는 1024bytes, 2048bytes, 5000bytes) (a) ch11에서의 평균도달시간, (b) ch7에서의 평균도달시간

ch	packet크기	ap와 기지국 간 거리	ap와 기차 간 거리	per
7	1024	10 m	300 m	0%
7	2048	10 m	300 m	0%
7	5000	10 m	300 m	0.6%
11	1024	10 m	300 m	0%
11	2048	10 m	300 m	0%
11	5000	10 m	300 m	0%

<표1>채널7과 11에서의 두 노트북 간 PER



<그림2> 간섭원(기지국, 열차)과 AP 사이 거리 간(0m, 10m, 20m, 50m) 두 노트북 간 평균도달시간 (a)간섭이 없는 상태, (b) 간섭으로 기지국으로 부터만 영향을 받는 상태, (c) 간섭으로 기차, 기지국 둘로 부터 영향을 받는 상태 (실험 조건은 5000bytes의 패킷만 보냈을 때)

ch	packet크기	ap와 기지국 간 거리	ap와 기차 간 거리	per
7	5000	x	x	0%
7	5000	0 m	300 m	0.6%
7	5000	10 m	300 m	0.3%
7	5000	20 m	300 m	0%
7	5000	40 m	300 m	0.3%
7	5000	0 m	0 m	2.6%
7	5000	10 m	10 m	0 %
7	5000	20 m	20 m	0 %
7	5000	40 m	40 m	0.3 %

<표2> 간섭원(기지국, 열차)과 AP 사이거리 별(0m, 10m, 20m, 50m) 두 노트북 간 per

그림 2와 표2는 간섭원(기지국과 열차)과 무선 중계기인 AP 간의 거리를0m, 10m, 20m, 50,달리 하여서 두 노드 간 ping 평균 도달시간과 per을 측정한 결과이다. 그림 3에서 보듯이 열차와 기지국이 동시에 Wi-Fi에 간섭을 주면 기지국에서만 간섭을 받을 때보다 무선 환경은 더 안 좋다는 것을 알 수가 있다. 즉 평균 시간을 보면 열차가 없고 기지국 바로 옆에 AP

가 있을 때는 7.6ms이지만 열차와 기지국이 동시에 있을 때에는 18.3ms 로 2배 이상 차이가 나는 것을 알 수 있으며, PER 역시 0.6%에서 2.6%로 많은 증가를 보였다. 주목할 만한 특징은 Wi-Fi가 기지국과 열차로부터 거리가 멀어질수록 평균 도달 시간은 단축된다는 것이다. 즉, 기지국과 AP사이의 거리가 10m 만 되더라도 평균 도달시간은 6.3ms(열차가 없을 때) 6.6ms(열차, 기지국이 동시에 있을 때)로 차이는 대폭 줄었으며 20m 이상 되었을 때는 4ms, 5.3ms로 간섭이 없을 때인 4ms와의 차이가 거의 안 나타나는 것을 알 수 있다. 단 40m에서는 더 환경이 좋아 질 거라 생각되었지만 무선 특성상 일부에서 PER이 발생하여서 실험 결과 값이 20m일 때 보다 조금 낮게 나왔지만 가까이 있는 0m 나 10m 보다는 향상된 결과이다.

마지막 실험은 이동 중인 열차 내부에서의 무선 통신 실험 결과이다. 열차 안에서의 통신은 간섭이 제로에 가까우며 간섭이 없이 실험한 결과와 거의 일치하였다는 것을 알 수 있다. 그 이유로는 열차에 부착된 안테나가 전후방 주시 안테나여서 오히려 열차 안에는 영향을 덜 끼친다. 또한 열차가 이동 중이므로 기지국 안테나에서 받는 간섭도 거리가 고정적이지 않아 최대한 가까이 있는 경우도 (약 5m ; 선로와 열차 사이의 간격) 금방 지나가기 때문에 거리가 다시 멀어지는 것을 확인 할 수 있다. 또한, 기지국의 안테나에서 나오는 간섭을 열차 외부가 일차적으로 막아주는 역할을 하여서 열차 밖의 실험보다 더 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

III 결론

본 논문에서는 경량전철 열차의 차상무선통신설비와 노변기지국의 RF-CBTC 시스템에서 무선랜 AP 및 단말 장치 실험을 통해 상호 간섭에 대한 실험을 수행하여 그 결과를 분석 정리하였다.

실험결과에서 알 수 있듯이 기지국과 열차가 AP를 통한 무선 랜 통신에 영향을 끼치며 핑 시험에서

패킷 에러가 일어나며 지연되기 때문에 평균 도달 시간이 증가됨을 확인할 수 있다. 그러나, IEEE 802.11 b/g의 채널이 선택 가능하므로, RF-CBTC의 주파수 대역이 아닌 채널 11(2.462GHz)을 선택하면 서로간의 무선 통신 시 영향을 거의 받지 않는 것을 확인하였다. 또한 기지국, 열차가 AP와의 거리가 가까울수록 간섭이 커지며 열차와 기지국이 같이 있고 AP가 지상 기지국 바로 옆에 있을 때 가장 큰 간섭을 받는 것을 확인하였다. 또한 다른 실험에서는 열차 안에서의 무선 통신은 기지국과 열차로부터의 간섭을 더 적게 받는다.

결론적으로 우선 AP의 채널을 11로 맞추어서 중심 주파수대역을 피하면 상호간 간섭을 최소화 할 수 있으며 만약 이것이 여의치 않을 시에는 AP와 기지국간의 거리를 최소 20m 두거나 또는 50m이상 아니면 80m인 지역에서 사용하게 된다면 간섭의 영향을 줄이는 방안이 됨을 알 수 있다.

참고문헌

- [1] Telefunken Racoms, A Broadband IP-Based Radio Systems for a Wide Spectrum of Train Applications
- [2] IEEE Std 1474.1TM-2004, IEEE Standard for Communications-Based Train Control(CBTC) Performance and Functional Requirements.
- [3] 운용기의 6명, 안정성과 신뢰성을 고려한 무선통신기반 열차제어시스템 (Radio CBTC) 구조 및 핸드오프 방법.
- [4] 조봉관외 3명, 무선을 이용한 지상과 차상 간 통신방식에 관한 연구.
- [5] 포스콘 기술 연구소 철도 시스템 팀, 경산 시험선 CBTC 무선시스템.