

열차제어를 위한 무선통신 네트워크 최적화 구축 기법

김중기*
한국철도기술연구원*

최규형**
서울산업대학교**

An Optimized Construction of Telecommunication Network for Train Control

Jong-Ki Kim,

Kyu-Hyoung Choi**

Korea Railroad REsearch Institute Seoul National University of Technology**

Abstract - This paper presents a method to optimize train radio communication network for train control (CBTC) or multimedia services. To determine the optimized distance between wayside radio stations in a radio communication network constructed along railway, radio frequency allocation and hand-over capability is studied in terms of radio communication cell coverage and roaming feasibility.

품질을 확보하면서 주파수 이용효율을 높이기 위한 최적 동일 주파수의 지리적 간격을 구하는 것을 검토한다.

1. 서 론

통신이 전선에 의존하지 않고 언제, 어디서나 교신할 수 있다는 것은 무한한 가능성을 내포하고 있으며, 최근의 휴대전화 보급에서 보는 것처럼 이동체 통신의 수요는 폭발적인 증가 추세에 있다. 이와 같은 이동체 통신 수요의 증가는, 이동체 통신시스템의 종류 및 단말기의 증가라는 상황을 초래하게 되었고, 이 때문에 주파수 자원의 부족이 문제로 되고 있다. 주파수 자원의 유효 활용을 위하여, 디지털화를 하여 하나의 주파수를 복수의 단말에서 공유하거나, 하나의 무선기지국이 커버하는 지역(zone)을 작게 하는 등의 대책이 강구되고 있다.

철도에 있어서 수행중인 열차와 지상간의 열차무선 통신네트워크는 종래의 음성통화를 주축으로 하는 열차무선의 기능에 더하여, 차량상태 정보나 동영상 정보의 차량-지상간 양방향 전송을 비롯하여, 무선통신 기반 열차제어시스템(CBTC : Communication Based Train Control System) 등에 확대 응용되면서 그 중요성은 점점 더 증가하고 있는 추세에 있다. 이에 따라, 향후 시스템의 발전에 따라 통화 채널의 증가, 데이터 통신 등을 가능하게 하는 새로운 시스템의 구축이 필요할 것으로 기대되며, 이때 주파수의 유효 이용기술이 필수적으로 된다. 여기서 본고에서는 철도 연선에 있어서의 무선주파수의 효율적인 배치기법에 대하여 검토를 수행하였다.

2. 철도 무선통신네트워크 특성

2.1 전파의 유효이용

무선통신에서는, 주파수를 효과적으로 이용하기 위하여, 동일 주파수를 거리를 두고 사용함으로써, 주파수를 동시에 이용하는 것이 일반적이다. 이때 주파수를 동시에 이용하기 위해서는 어느 정도의 지리적 간격이 필요하게 되는데, 그 간격이 멀수록 통신품질은 높아지게 된다. 즉, 동일한 주파수를 출력하고 있는 다른 무선국과의 간격을 넓게 할 경우, 간섭해파로 작용하는 다른 무선국으로부터의 전파 영향이 작게 되고 통신품질이 향상된다.. 반면, 간격을 넓게 잡은 만큼 서로 다른 주파수로 무선국을 구성할 필요가 있기 때문에 주파수 이용효율은 낮아진다. 이와 같이 통신품질과 주파수 이용효율은 서로 상반되는 관계에 있다.

철도에서의 열차무선을 포함한 무선시스템에서, 통신

2.2 철도연선의 특이성

일반적인 통신시스템은 이동체가 사방팔방으로 이동하기 때문에 통신범위가 2차원적인 평면이 된다. 2차원적인 무선기지국 배치는, 하나의 지역을 정6각형으로 보고 무선국을 배치하는 것이 효율이 높기 때문에, 이 경우 하나의 무선기지국에 대해서 동일 주파수를 이용하는 간섭국은 6국이 된다.

그러나, 철도에 있어서는 이동체(열차)의 이동이 선로 상으로 한정되기 때문에, 통신 지역을 수용하는 무선기지국의 배치는 1차원 배치가 되고, 간섭국도 2국으로 감소한다. 이에 따라 일반 무선시스템에 비해 간섭량이 감소하고, 동시에 이용간격을 좁히더라도 통신품질을 유지하는 것이 가능하여 주파수 이용효율이 높게 된다.

3. 무선통신네트워크 최적화

3.1 무선통신네트워크 구성

무선통신망을 구축하는 방식은 RF router를 이용하는 방식과 무선 LAN 방식이 사용되고 있다.

이중에서 무선 LAN 방식에서는, 선로변 장치(지상기지국)와 열차 장치(이동기지국)간의 무선 링크를 무선랜을 응용하여 구현하는 방식으로, 선로변 장치간의 라우팅은 수행하지 않으며, 선로변 장치는 열차장치와 제어국 장치사이에서 중계 역할을 수행하는 데 그치도록 되어 있다그림 2는 역과 역사이를 유선으로 접속하는 유선 백본의 무선통신망 구조를 나타낸다. 이때, 선로변 지상기지국은 서로 다른 주파수대역을 사용하여야 하고, 공개 규격(IEEE 802.11b)의 범용 제품들을 사용할 경우 확장성과 경제성 제고측면에서 유리하다.

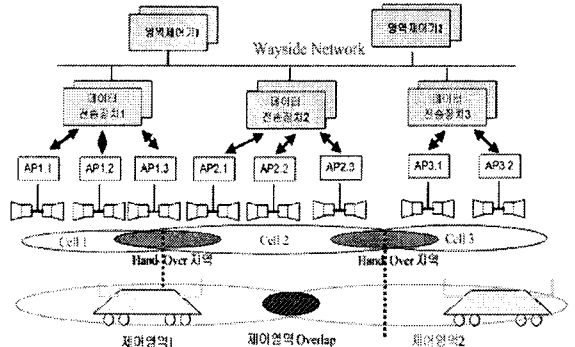


그림 1. 무선LAN 기반 열차제어 무선통신네트워크

3.2 CBTC 무선통신시스템 목표사항

CBTC시스템에서는 무선통신시스템이 시스템의 모든 성능 및 운영에 직간접적인 연관성을 갖게 되므로, 무선통신시스템에 대한 목표성능을 규정하여야 한다. 표1은 무선 랜 방식을 기반으로 하는 무선통신시스템에 대해, 도시철도 신호표준화사업(안)에서 제시하고 있는 요구사항을 보인다[1].

표 1. 열차제어용 통신시스템 목표사항

항목	목표 성능	비고
무선 데이터 전송속도	1Mbps 이상	
고속 로밍 가능 최대 속도	100Km/h	
데이터 링크 실패율	1% 이하	BER10 ⁻⁴ 이하
순수 유무선링크 반응시간	0.2초 이하	

3.3 안테나 배치 최적화

무선 통신망의 구축은 많은 투자비를 필요로 하는 사업이기 때문에 무선망을 구축하기 전에 투자비 및 무선망 관리 등의 여러 가지 복잡한 상황을 고려해야 한다. 이를 위해서는 무선망 구축 전에 반드시 실제 상황과 비슷한 환경에서 모의 실험/시뮬레이션을 통하여 무선망 설계 검토를 수행하는 것이 필수적이다. 이때 무선망 설계 검토를 위해서는 지형 데이터 베이스 구축, 전파의 범위를 예측하는 전파 모델, 무선 접속 방식에 따른 해석 기능 분석 등의 기술이 필요하며, 다음과 같은 목표를 설정한다.

- 양호한 통화권 영역(Coverage) 설정
 - o 전파음영지역 최소화
 - o 양호한 통화 품질을 위한 coverage depth 확보
 - o 통신의 연속성 보장
- 점합한 무선망 용량(capacity) 확보
 - o 통화 단절(call drop) 최소화
- 경제적인 무선망 설계(cost effective design)
 - o 최적 투자비의 산출을 통한 비용 절감
- 무선망 확장에 효과적인 대비
 - o 신규 서비스 지역 확대
 - o 기존 무선망의 트래픽 수용 증가
- 주파수 스펙트럼 사용의 효율화

3.4 핸드오프를 고려한 AP 배치

열차가 주행하면서 한 통신구간에서 인접한 통신구간으로 이동하게 되는데, 이때 통신이 단절되지 않고 송수신이 유지되는 것이 매우 중요하다. 따라서, 차상 이동국과 지상 무선기지국간의 통신범위(Cell Coverage) 및 로밍(Roaming)의 확실성을 정확하게 규정할 필요가 있다.

특히, 열차가 최고속도로 주행할 때도, 차상 무선통신장치와 지상 무선통신장치간의 무선통신이 연속적으로 가능하여야 하고, 그리고 열차가 인접의 통신범위에서 인접 통신범위로 이동하였을 때도 앞선 통신지역에서 송신하던 데이터가 뒤따르는 통신지역의 무선기지국으로 손실 없이 전송되는 데이터의 로밍이 이루어 져야 한다. 이때, 핸드 오버를 위한 로밍 파라미터는 -72dBm 과 -64dBm 으로 하며, 한 셀에서의 수신전계강도(RSS : Received Signal Strength)가 -72dBm 이하로 떨어지게 되면, -64dBm 이상의 수신전계강도를 갖는 인접 셀의 지상 무선장치로 로밍을 시도하는 것으로 한다.

이상과 같은 통신범위 및 로밍 기준에 대하여, 일차적으로 수치 시뮬레이션을 통하여 그 특성을 해석하고, 이차적으로 실험실 레벨에서의 축소모의 시험을 통하여 수치 시뮬레이션 결과를 확인하여 그 유효성을 확인한 후, 마지막으로 실제 선로상에 무선장치를 설치하고 반복 시험을 통하여 최적 거리를 구하는 접근방법을 적용하는 것이 필요하다.

이상에서 보는 것처럼, 안테나 배치 간격은 거리에 따른 전파경로 손실에 더하여, 열차의 고속주행에 대응할 수 있도록, 안정적인 로밍을 위한 마진을 고려하여 수신감도 기준을 -65dBm 이상으로 하여야 한다. 단, 철도선로에서는 이동국의 이동경로가 고정되어 있기 때문에 이를 이용하여 지상기지국간 로밍을 자동적으로 수행하는 방식을 채택할 수도 있는데, 이 경우에는 로밍에 필요한 히스테리시스 마진을 최소화할 수 있고, 결과적으로 안테나 배치 간격을 증가시킬 수 있는 여유를 갖게 된다.

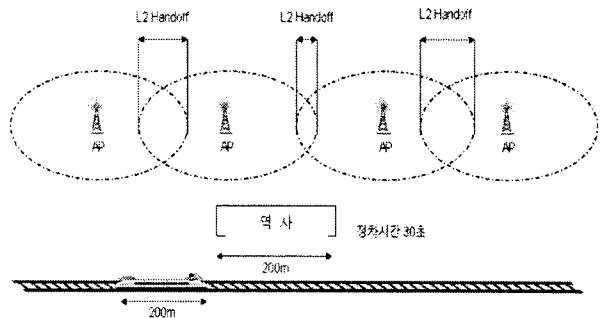


그림 2 핸드오프 시점과 정차구간을 조합한 AP배치

4. 결 론

철도에서의 무선통신시스템은 철도선로를 따라 일차원적으로 구성되기 때문에 그 구성이 간단한 반면, 열차제어시스템과 같이 높은 신뢰성 및 안전성을 요구로 하는 특성을 지니고 있기 때문에, 특히 고신뢰성 통신네트워크 구성이 특히 문제로 된다.

이와 같은 철도 무선통신시스템에서, 주행중인 열차와 통신이 단절되지 않기 위한 통신범위 및 로밍이 고속으로 이루어지기 위하여 검토하여야 할 요구사항들로부터 인접 통신지역에서 안테나 간의 최적거리를 선정하기 위한 방법을 검토하였다.

향후 시뮬레이션 및 시험을 통하여 그 적용성을 검증할 계획으로 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국철도기술연구원, "도시철도 신호시스템 표준화", 도시철도표준화사업 연구결과보고서, 2004. 12.
- [2] 한국철도기술연구원, "경량전철 신호제어시스템 기술개발", 경량전철 기술개발사업 최종보고서, 2004.12.
- [3] I. Watanabe, "위성·이동체 통신을 이용한 철도시스템", RRR pp.10-13, 1999.9.
- [4] H. Moody, "North American View of Future Communication Systems Need", pp.67-72, Proc. of WCRR '99.
- [5] N. Wunscher, "Common wave train radio : Optimizing reliability and expenditure by use of a new adjustment process", Signal+Draht, pp.37-41, June 2004.