

인공지능 기반의 LTE-R네트워크 RRU위치 자동설계시스템 개발

Automatic Allocation of RRU Location in LTE-R Using A.I Software

강상용*†, 이정혁*, 이영훈**, 조한벽**

Sang-Yong Kong*†, Jung-Huck Lee*, Y.H Lee**, Hanbyeog Cho***

Abstract 10Mhz wireless frequency was allocated for LTE-R service. Bi-directional voice and image services are supported by LTE-R. To implement the LTE-R Network, Cell planning was executed for constructing economic network. Four kind of wireless parameters(RSRP, RSRQ, SINR, RSSI) are considered to allocate the RRU(LTE-R Base station). In this paper, we calculate the 4 parameters and estimate the best position of RRU using Automatic Design System which was developed using GIS and Artificial Intelligence Software, Opta-Planner.

Keywords : LTE-R, RRU, Railway Mobile Network, Automatic Planning, LTE Parameter

초 록 차세대 열차무선통신을 위하여 도입되는 LTE-R 네트워크는 기존의 VHF 및 TRS와 달리 10MHz의 대역폭을 사용하여 음성 및 영상 서비스를 양방향으로 제공한다. 이러한 LTE-R 네트워크를 경제적으로 구축하기 위해서는 기지국(DU-RRU)의 위치가 최적으로 설계되어야 한다. 이를 위해서는 무선망의 품질지수(RSRP, RSRQ, SINR, RSSI) 및 Throughput 등을 고려하여 최적의 전파 도달거리를 갖도록 기지국을 배치하여야 한다. 본 논문에서는 철도 시설공단 등에서 LTE-R설계구간만 주어지면, 철도 선로의 선형적 특징 및 선로 변 환경 조건을 고려하여, 상기의 4가지 품질지수를 계산하고, 이를 통하여 기지국의 최적의 위치를 10분내에 자동 설계하는 시스템을 개발하였다. 본 시스템은 오픈 소스기반의 GIS Geo-server와 자동설계가 될 수 있는 인공지능 Opta-Planner가 적용되었다 같이 한다.

주요어 : LTE-R, RRU, Railway Mobile Network, Automatic Planning, LTE Parameter

1. 서 론

우리나라에서는 열차의 운행 및 운용관리를 위하여 독립적인 철도 무선통신망(VHF, TRS 방식)을 사용하고 있다. 국토부에서는 『2012.9 국토해양부, “지능형 철도 시스템(IRIS) 구축계획』을 수립하여, 철도 무선방식을 LTE로 변경하고, 기존의 열차 제어신호 까지를 함께 LTE로 통합 제공하는(이하 LTE-R), KRTCS 등의 연구사업을 추진하고 있다. 이를 위하여, 한국철도시설공단에서는 평창 올림픽에 맞추어 원주-강릉 철도 노선에 LTE-R 사업을 발주하여, 2018년 상용화를 목표로 관련시설(IMS, EPC코어, DU-RRU)을 설치하고 있다. 이는 일반 및 고속철도에 LTE 무선통신방식을 적용하는 전세계 최초의 열차무선방식의 변화이다.

† 교신저자: 대영유비텍(주) (david02@paran.com)

* 대영유비텍(주),

** 한국철도기술연구원 (yhlee@krrri.ac.kr)

*** 한국전자통신연구원 (hbcho@etri.re.kr)

다음 Fig.1 은 이러한 열차무선방식의 진화를 도식화한 것으로 신규 도입되는 LTE-R 방식은 기존, 유럽의 GSM-R보다 진화된 4세대 방식을 나타낸다. 우리나라는 700MHz 대역의 Band2 8 대역을 사용하여 현재는 익산-정읍구간에서 시험을 추진하고 있다.

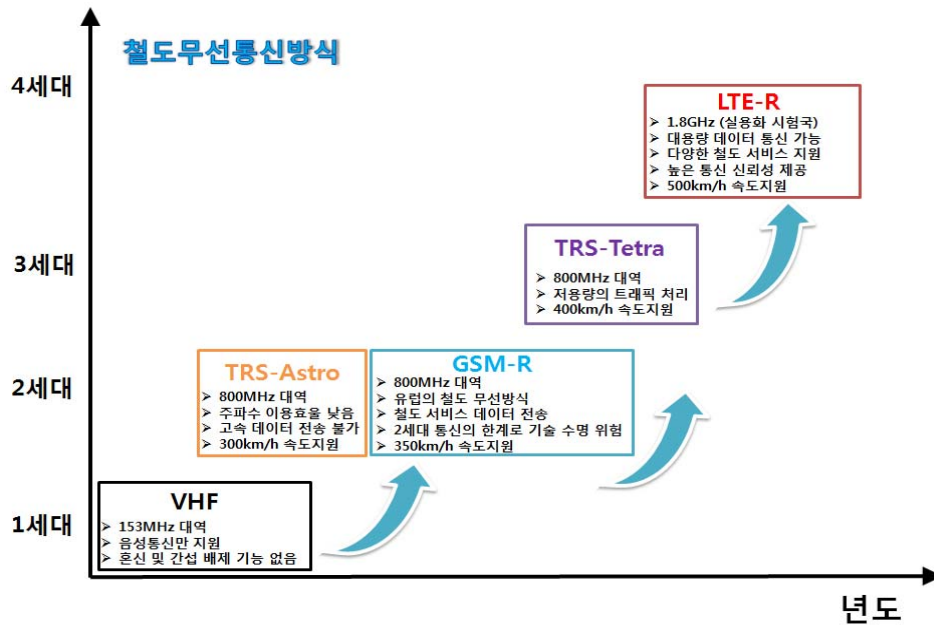


Fig. 1 Evolution of Railway Communication System

이에 따라, 우리나라의 산업통상자원부에서는 관련 산업의 발전을 도모하고 중소기업의 진흥을 위하여 2015년 Research and Business Development 연구사업에 상용화 관점의 LTE-R 네트워크의 구축에 가장 많은 재원이 투입되는 무선망 설계 효율화 틀을 개발하고자 연구사업을 추진하고 있다. 이러한 연구의 추진 배경에는 열차의 경우 열차통신이 중단되는 경우 대량의 사고로 연결 될 수 있으므로, 이를 방지하기 위해서는 정확한 커버리지 확보를 위한 망 설계가 필요하다. 본 논문은 LTE-R 무선망의 효율적인 설계를 위하여 사전현장조사단계에서 수집된 정보를 바탕으로 효과적인 기지국(RRU) 위치를 자동으로 설계하는 시스템의 개발을 위해 오픈 소스기반의 Opta-Planner 와 GIS 구축을 위해 Open-Layer 기반의 Postgre 소프트웨어를 적용하여 개발한 사례를 설명한 것이다.

2. LTE-R 네트워크 엔지니어링

2.1 LTE-R 네트워크 구조

LTE 기반 철도 통신 시스템은 Fig.2 와 같이 외부망 연동을 위한 IMS네트워크, 통화로 연결 및 호처리/이동성관리를 위한 코어네트워크, LTE 무선접속을 위한 기지국으로 구성되는 무선망으로 나뉘어진다.

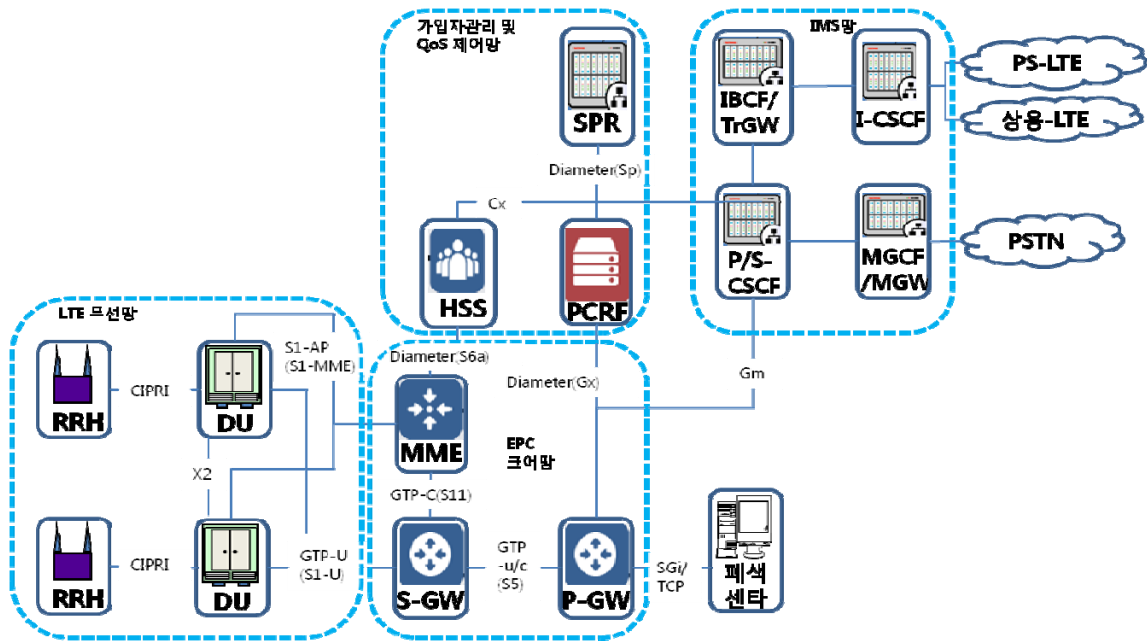


Fig. 2 Network Architecture of LTE-R

2.2 엔지니어링

Fig.3 의 다양한 환경에서도, 전파간섭이 없는 안정적인 전파환경(Coverage) 확보를 위하여 LTE-R 기지국 시스템의 정확한 위치 설계에 대한 엔지니어링이 필요하다.



Fig. 3 Consideration of Railway Communication Environment

2.3 LTE-R 무선망 설계를 위한 사전조사 사항

정확한 LTE-R 무선망의 설계를 위해서는 다음과 같은 광선로, 연선전화기, 터널구간조건, 교량등의 철도 시설물에 대한 환경 조사 작업을 통해 영향을 고려해야 한다.



2.4 LTE-R 무선망 설계

무선망의 셀 설계란 충분한 커버리지와 요구되는 서비스를 위한 수용량을 제공하기 위하여 무선 통신 시스템의 파라미터와 기지국 위치의 배치를 수행하는 것으로 주로 기지국 위치와 무선통신 파라미터를 확인하는 것이 중요한 작업이다.

2.4.1 커버리지 계산 기본 과정

한 지점에서 여러 기지국에서 송출한 신호를 지형/건물을 고려하여 각 기지국으로부터의 수신 전력 산출 각 기지국으로부터의 수신 전력과 무선 시스템의 특성을 고려하여 원하는 종류의 커버리지를 계산하는 것이다. 다음과 같은 사항을 고려토록 해야 한다.

1) 전파 예측 모델

통계적/해석적 방법으로 거리에 따라서 전파가 감쇄되는 정도를 수식으로 표현하며 자유공간 모델과, 안테나 송수신이득을 고려한 오투무라-하타모델, cost 231모델 등을 주변환경(모폴로지)에 따라 적용된다.

2) 커버리지 예측을 위한 무선망 파라미터

무선망 파라미터는 LTE 시스템 파라미터와 기지국 파라미터로 구성한다.

3) 무선 전파환경 지표

LTE 통신 방식에서 셀 커버리지 예측의 결과값은 크게 RSRP, RSSI, RSRQ, SINR이다

· RSRP : 단말에 수신되는 Reference Signal의 Power를 하며 수식은 다음과 같음

$$RSRP[dBm] = Cell\ Specific\ RS\ Tx\ power[dBm] + Tx\ ANT\ gain[dB] - PathLoss[dB] + Rx\ ANT\ gain[dB] - CPLoss[dB]$$

· RSSI : 한 지점에서 수신된 모든 신호와 열잡음의 합을 의미하며, Tx는 기지국의 총 출력
 $RSSI = \text{광대역 수신전력} = \text{서빙 셀 전력} + \text{간섭} + \text{열잡음}$

· RSRQ : 단말에 수신되는 전력 대비 기준 신호 전력의 비를 의미함. 신호 세기와 함께 간섭 등을 포함하기 때문에 핸드오버 시에 셀 선택의 지표가 되며, 계산 수식은 아래와 같음

$$RSRQ = N \times RSRP / RSSI, \text{ 이때 } N \text{은 RSSI가 측정된 대역폭의 Resource Block의 수}$$

· SINR : 신호 대 간섭 및 잡음비를 의미함. S는 Usable Signal의 수신 세기(RS+데이터), I는 평균 간섭 세기, N은 열잡음임. $SINR$ 은 $S/(I+N)$ 임

2.4.2 철도 선로 특성을 고려한 셀 커버리지 예측

무선 기지국의 셀 커버리지 조정 작업은 안테나의 틸트를 이용하며, 이에 따라 해당 경로의 안테나 이득이 변화하여 전파 도달 거리가 달라진다. 이러한 정보를 고려하기 위해서는 안테나 틸트 정보를 입력 받아 셀 커버리지 분석에 활용할 수 있어야 한다.

- 철도 무선망은 선로를 따라 셀 커버리지가 배치되기 때문에 고지향성 안테나를 사용하며, 기존 LTE 상용망과는 다른 안테나의 방사패턴을 갖게 된다.
- 정확한 셀 커버리지 분석을 위해서는 기지국에 안테나의 방사패턴 정보를 입력하여 전파 예측을 수행해야 한다.

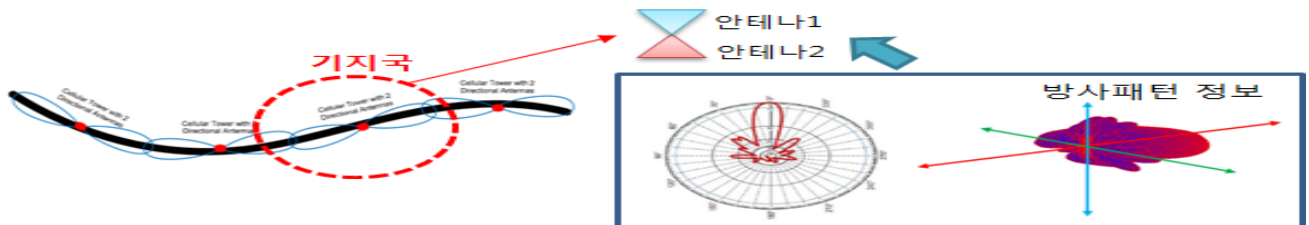


Fig.4 Enter the Radiation Pattern of Antenna for Calculate the Cell Coverage

- 고속으로 이동하는 철도 차량에서 핸드오버가 정상적으로 이루어지기 위해서는 기지국 간의 커버리지 중첩 범위를 고려할 필요가 있다.

3. LTE-R 무선망 자동설계 시스템

3.1 GIS 기반 자동설계 시스템

Fig.6 은 전문가 시스템 기술과 GIS 기술을 융합하여 LTE-R 기지국 위치를 자동 설계하는 시스템 구성도를 도시한 것으로, 철도 선로망을 따라서 지형적 특징을 고려하여 기지국을 배치함을 도시한 것이다.

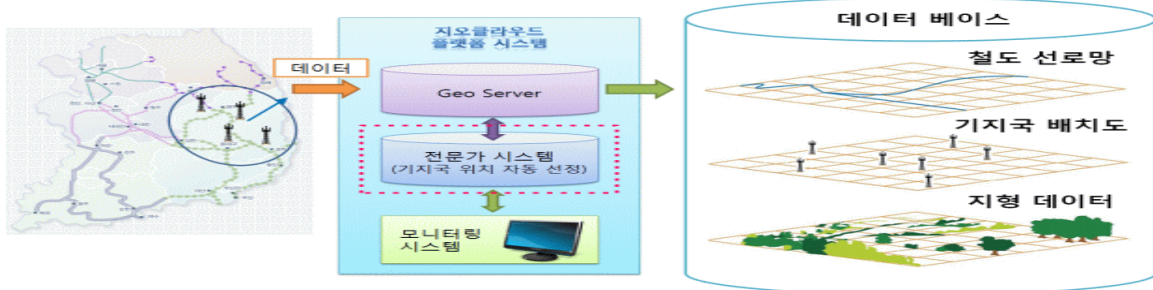


Fig.5 LTE-R Wireless Network Design System Using GEO-SERVER

3.2 선로변의 특징과 핸드오버를 고려한 셀 설계

무선통신망의 경우, 무선통신기기의 핸드오버(handover)에 대한 고려가 필요하다. 특히, 철도용, 특히 고속철도용 통신망의 경우에는, 상대적으로 고속으로 이동하는 철도차량에서 통신이 이루어지므로, 핸드오버를 고려하여 인접하는 기지국의 전파 커버리지(coverage)의 일부가 중첩되도록 배치하고 있다. 한편 철도용 통신망의 설계 시에는, 개활지 또는 터널 여부, 직선 구간 또는 곡선 여부 등에 따라서 Ray Tracing 모델, Two-Way 모델, Free Space 모델을 사용하여 전파 해석을 수행한다. 그리고 일반적인 개활지 구간의 경우에는 선로를 따라서 기지국의 전파 커버리지가 형성되도록 지향성 안테나를 사용하고, 터널 구간에서는 터널 내 설치에 용이한 누설케이블이나 야기 안테나(Yagi antenna)등을 사용한다. Fig6은 자동설계를 위하여 GIS 기반의 인공지능 설계 기준을 입력하는 창을 나타낸다.



Fig.6 LTE-R Network Design Using GIS Engine and Opta-Planner S/W

Fig.7은 철도 차량의 최고 속도에 핸드오버 시간을 곱함으로써 중첩 거리를 계산하고, 그에 해당하는 커버리지 중첩 범위를 고려하여 기지국을 배치한 그림을 도시한 것이다.

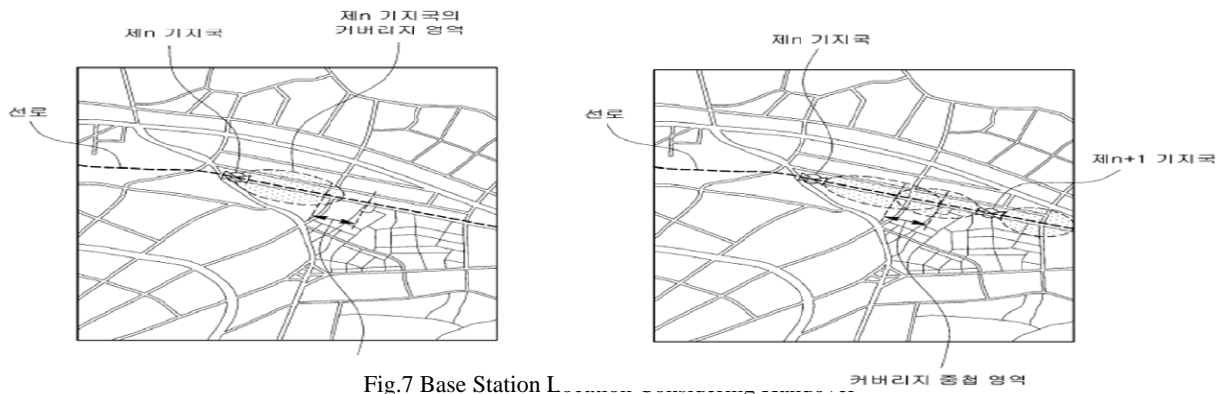


Fig.7 Base Station L

3. 결론

본 시스템은 철도용 통신망 및 기지국 설계를 위한 시스템이다. 본 시스템의 기지국 설계 방법은 철도 선로를 따라서 제 n 기지국을 설치하고, 해당 기지국의 전파를 해석하고 해석된 커버리지를 기초로 하여 기지국사이의 핸드오버를 고려하여 중첩이 필요한 영역을 산정하고, 중첩영역을 고려하여 제 n+1 기지국의 위치를 가상으로 배정한 후 n+1 기지국의 위치를 대상으로 커버리지 분석을 통하여 중첩영역이 n번째 기지국과 n+1번째 기지국의 핸드오버 조정구간에 맞는지 확인하고 n+1 기지국의 위치를 할당하는 단계를 진행한다. 이러한 단계를 GIS 기반의 자동설계시스템 상에서 구현하도록 하였다. 추후로는 알고리즘의 보안을 통하여 RSRP 값에 따라 조정된 위치가 자동으로 설계하는 시스템으로 추가 개발예정이다.

참고문헌

- (1) 3GPP TS 36.104
- (2) 한국철도공사(2016년 2월 29일) 철도전용 무선통신시스템 기술개발 및 성능평가 (250km/h 급 성능시험결과)
- (3) KRRI, (2016) 무선통신열차제어시스템에서의 열차의 이동패턴에 최적화된 핸드오버 방법, 대한민국 등록특허공보 제1632956호

Acknowledgement

This research was supported by a grant (16RTRP-B089552-03) from the Railway Technology Research Project funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) of the Korean government and by the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement (KAIA).