Regular paper http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2014.9.4.537

하이브리드 궤도회로 태그 인식율 향상에 관한 연구

양동인* · 이창룡* · 김철환* · 이기서** · 고윤석***

A Study on Hybrid Track Circuit Tag Recognition Enhancement

Dong-In Yang* · Chang-Long Li* · Zhe-Huan Jin* · Key-Seo Lee** · Yun-Seok Ko***

요 약

철도신호시스템에서 열차위치 검지기능은 선로의 레일을 전기회로의 일부분으로 사용하여 차륜에 의해 단락되어 열차의 유무를 검지하는 궤도회로, RFID와 차륜센서, GPS 등과 같은 여러 가지 방식으로 구현·연구가 되고 있다. 하이브리드 궤도회로는 안테나와 리더기를 차량에 설치하고, 태그를 침목위에 설치하여, 안테나에서 태그에 저장된 절대위치정보를 제어장치에 전송하여 열차위치를 인식하는 RFID 방식의 궤도회로이다. 열차위치검지기능에서 태그의 인식율은 열차운행의 안전에 직접적인 영향을 주게 되므로 고신뢰도를 요구한다. 본 논문에서는 방향각을 갖는 태그를 이용한 태그인식율의 향상에 관한 연구를 하였다.

ABSTRACT

Track circuit is a simple electrical device which lies in the connection of the two rails by the wheels and axle of locomotives and rolling stock to short out an electrical circuit, used to detect the absence of a train on rail tracks. In railway signaling system, there are similar systems such as RFID and wheel sensor, GPS etc, are research and developing. Hybrid track circuit is using RFID antenna and reader on the cab and RFID tag on the sleeper. because of the safety in railway operation, tag detection of train position detection function in the hybrid track circuit needs high reliability. This paper studied tag recognition enhancement used tag angles.

키워드

Hybrid Track Circuit, RFID, Tag Recognition Enhancement
하이브리드 궤도회로, RFID, 태그인식율 향상

Ⅰ. 서 론

철도신호시스템에서 궤도회로는 열차의 위치를 검지하고, 폐색구간을 형성하여 열차의 안전거리를 보장해주는 기능을 한다. 해외에서는 철도의 운영효율성을 개선하기 위하여 궤도회로를 대치하고, 열차의 절대위치의 정확성을 확보하기 위하여 GPS등의 위성항법기술, RFID기술, 차륜센서, 도플러센서, 가속도계와 자이로스코프로 구성된 센서를 복합적으로 사용하여 열차위치검지를 한다. 최근 북미 및 유럽지역에서 대표적인 CBTC(Communication Based Train Control)와 ETCS(European Train Control System)은 무선통신을 매개로 차량과 지상설비 사이에 열차정보를 교류하고, 오도미터(odometer) 또는 타코미터(tachometer)

* 광운대학교 일반대학원 제어계측공학과(ydi60@korea.kr) *** 남서울대학교 전자공학과
** 교신저자(corresponding author) : 광운대학교 교수(kslee@kw.ac.kr)
접수일자 : 2014. 02, 03 심사(수정)일자 : 2014. 03. 21 게재확정일자 : 2014. 04. 11

와 같은 차륜센서와 RFID시스템을 이용하여 열차위치를 검지하고 있다. [1-2] 국내의 한국형 무선기반 열차제어시스템(KRTCS:Korea-Radio Train Control System)도 위와 비슷한 시스템으로 열차위치검지기능을 한다.

ETCS에 적용중인 RFID는 발리스(balise)라 부르며, 절대위치정보 외 터널, 교량, 절연구간, 선로구배 등 고정정보를 제공하는 고정발리스와 이동권한 등 변경 가능한 열차제어정보를 제공하는 가변발리스로 구분이 된다. CBTC시스템에 적용된 RFID는 발리스와 달리 인식속도, 내환경성과 같은 제약 때문에 신분당선, 김해경전철, 인천2호선등과 같은 지하철에 차륜센서의 열차위치 보정장치로 적용되고 있다.[3]

본 논문에서는 연구하는 하이브리드 궤도회로는 이와 같은 RFID방식의 궤도회로로써 태그에 방향각을 주어 태그안테나의 방사엽과 차상안테나의 방사엽의 접촉면을 넓혀, 태그의 인식횟수를 높이고 인식율을 향상하여 안정적인 인식율을 유지하고자 한다. 이를 위하여 철도환경에서 열차속도에 따른 인식횟수와 인식율 테스트를 하였다.

II. 하이브리드 궤도회로

2.1. 하이브리드 궤도회로 정의

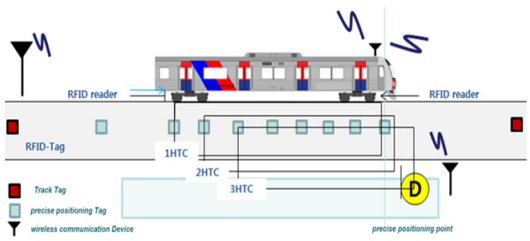


그림 1. 하이브리드 궤도회로
Fig. 1 Hybrid track circuit

하이브리드 궤도회로는 그림 1과 같이 궤도회로의 가장 기본적인 열차위치검지기능을 구성하기 위한 안테나, 리더기, 태그와 제어장치로 구성이 되었다. 이 시스템은 전방과 후미에 각각 900MHz의 특수 안테나를 설치하여 침목위의 태그를 읽어 제어장치에 전달하여 계산된 절대위치정보를 열차에 전달한다.[4-5]

하이브리드 궤도회로 리더기는 하부인식용 안테나와 측면인식용 안테나로 구성이 된다. 측면 인식용 안테나는 태그와 빔이 동일선상에서 위치를 하고 안테나 이득은 11dBi이고 선형이면서 빔폭은 30도이다. 하부 인식용 안테나는 방사체를 분리하여 배치를 하여 가변속도에서의 안테나 방사엽의 접촉면을 일정하게 유지하여, 안정적인 인식율을 유지 가능하게 하고, 하부의 전장하부 노이즈제거를 위한 발룬을 사용한다. [6-8] 리더에서 응용프로그램과 외부인터페이스로 연결되는 데이터 통신 및 전원사용케이블은 전장노이즈와 철도차량의 자계에 대한 신뢰성을 극복할 수 있게 EMI/ESD기능을 가진다. 차량의 속도가 저속일 때 측면안테나가 동작이 되고 하부안테나에서는 송수신 일체형 방사체가 동작을 할 수 있게 한다. 차량의 속도가 높아지면 안테나 방사엽의 접촉면을 넓혀 인식율 향상을 위해 송수신(TX/RX) 일체형 방사체 및 수신(RX)방사체가 모두 동작을 하게 한다. 수신(RX) 방사체는 배열간격(d=1/2)에 따라 케이블 길이에 따른 보상회로를 구현한다. 정밀위치인식을 위해 리더에서는 통신 속도에 대한 알고리즘으로 처리를 한다. 통신 속도에 대한 알고리즘은 리더에서, 송출된 신호는 태그에 전달이 되고 태그의 정보를 다시 리더에게 전달한다. 이때 일반적으로 통신속도는 75kbps로 리더와 태그가 통신을 한다. 그림 2는 사용된 일체형 리더에 대한 개념도이다.[4]

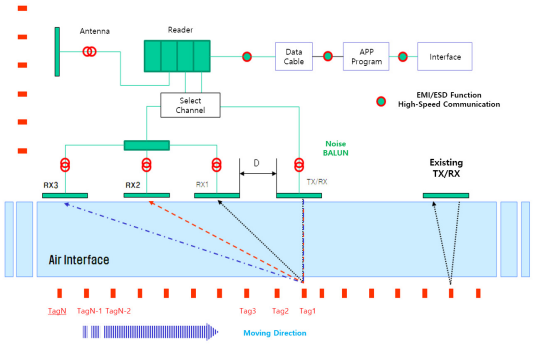


그림 2. 일체형 리더 개념도
Fig. 2 All-in-one reader concept map

리더 안테나는 2개의 원형편파를 가지는 방사체를 사용하였다. 표 1은 리더에 대한 규격사항이다. 프로토

콜은 EPC Class 1 Gen2 & ISO18000-6C 모두 지원을 하고 주파수는 글로벌 UHF대역을 만족한다. 최대출력은 1W(30dBm)이고 실효방사전력은 4W(36dBm)미만이다. 표 1은 일체형 리더 사양이고 그림 3은 제작된 일체형 리더기이다.

2.2. 하이브리드 궤도회로 RFID모듈 구성

표 1. 일체형 리더 사양
Table 1. All-in-one reader specification

Item	Specification
Supported Tag Protocol	EPC Class1 Gen2 & ISO18000-6C
Frequency band	860-960 MHz(Global UHF band)
Maximum RF Power	1W (1dB step)
Power	12 V
Communication	LAN, RS232
Antennas	2Ports Bi-static
GPIO	IN:2, OUT:4
Dimensions	(W) 260 mm*(L) 580 mm*(T) 50 mm

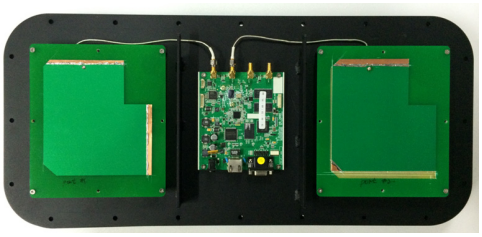
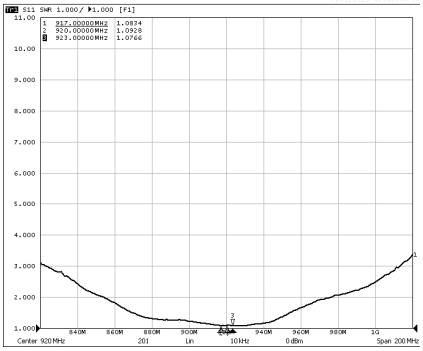


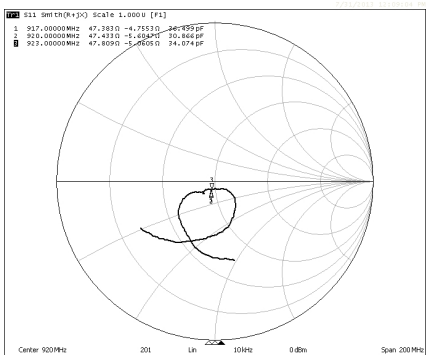
그림 3. 일체형 리더기
Fig. 3 All-in-one reader

그림 4-(a)에서와 같이 제작된 일체형 리더기는 2:1 이하의 정재파비(V.S.W.R., Voltage Standing Wave Ratio)에서 확인하였다. 그림 4-(b)의 스미스차트 결과에서는 모든 안테나는 50Ω 임피던스 정합이 잘 이루어졌음을 알 수 있으며 원형편파로 형성되었음을 확인할 수 있다.

태그는 PIFA(Planar Inverted-F Antenna)형 구조를 사용하였고, 인셋 급전을 이용하여 금속면에서의 주파수와 임피던스 정합의 변화를 최소화 하였다. 그리고 Higgs3의 마이크로 칩을 선택하여 RFID태그를 제작하였다.



(a) V.S.W.R.



(b) 스미스 차트
그림 4. 리더기 안테나 특성
Fig. 4 Properties of reader antenna

III. 대불선 현장 테스트

철도환경은 일반적인 RFID통신환경보다 매우 열악한 외적인 요인을 갖고 있다. 열차의 속도는 비선형적이고, 고주파장애, 유도장애와 같은 EMI간섭과 차량 하부의 금속면으로 인한 난반사간섭과 다양한 무선시스템으로 인한 환경적인 요인이 RFID시스템의 성능을 저하 시킨다.

하이브리드 궤도회로 실험테스트는 연구실에서 원

형태그와 선형태그의 인식실험을 하고 서울메트로 지하철구간에서는 30km/h~50km/h의 속도로 테스트를 진행하였다. KRTCS 대불선구간에서는 적합한 테스트공간 부족상황으로 60km/h의 속도에서 현장테스트를 진행하였다.

연구실테스트에서는 태그간격이 3m이고 속도가 30km/h일 때 인식횟수가 최소 60회로 나타났다. 서울메트로 지하철구간 현장테스트에서는 단위 태그에서 2~3회의 인식횟수와 98~100%의 인식율이 나타났다. [9-10]

그림 5. 리더 설치사진
Fig. 5 Picture of reader installation

그림 6. 태그 설치사진
Fig. 6 Picture of tag installation

그림 5와 같이 현재 시험운행 중인 대불역-일로역 사이의 구간에서 차세대전동차의 연결고리에 특수제작된 거치대를 사용하여 리더를 고정하고, 전원은 차세대 전동차의 일반전원을 사용하였다. 리더와 침목위의 태그직선거리는 50cm로 유지하고 출력파워는 25dBm을 사용하였다.

그림 6과 같이 태그는 일로역 7km구간의 0m지점부터 시작하여 3m(침목 5개에 해당)에 하나씩 총 20개의 0도, 10도, 15도, 20도의 태그를 각각 5개씩 설치하였다. 태그에 방향각을 주었기 때문에 열차의 전진방향과 후진방향을 나뉘어 총 8번의 왕복주행을 거쳐 실험을 진행하였다.

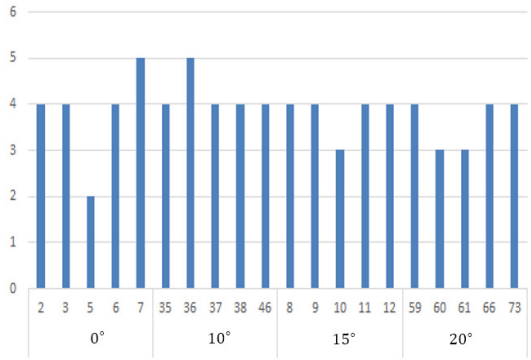


그림 7. 전진방향 실험결과
Fig. 7 Result of experiment in forward movement

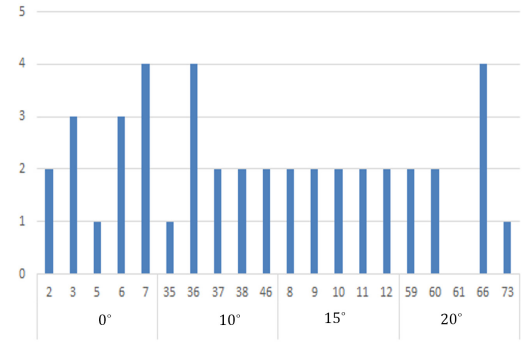


그림 8. 후진방향 실험결과
Fig. 8 Result of experiment in backward movement

그림 7은 차세대 전동차 60km/h에 따른 전진방향 RFID태그의 인식횟수에 대한 테스트 결과이다. 전동차는 0km구간에서 출발하여 6km구간까지 60km/h의 속도유지를 위해 가속하여 운행하여 7km구간부터 약 60km/h의 속도를 유지하여 운행하였다. 태그 인식율 향상에 대한 실험이므로 8번의 실험에서 선로구간에 외부간섭이 최소인 3번째 실험데이터를 선택했다. 전진방향에서 20개의 태그를 모두 인식을 하였으나, 0도

의 태그 중 7번 태그에서는 5회 인식을, 5번 태그에서는 2회의 인식횟수로 불안정한 인식횟수로 보인다. 10도의 태그에서는 36번 태그가 5회 인식을 빼면 모두 일정하게 4회 인식했다. 15도와 20도의 태그에서는 10번, 61번, 66번 태그를 3회 인식하고 나머지 태그는 4회 인식했다. 따라서 전진방향에서 안정적인 인식율을 유지하려면 약 10도의 방향각을 갖도록 하는 것이 태그인식횟수 향상에 도움이 된다고 생각한다.

그림 8은 차세대 전동차 60km/h에 따른 후진방향에서 RFID태그의 인식횟수에 대한 테스트 결과이다. 전동차는 15km구간에서 출발하여 9km구간에서부터 60km/h의 속도를 유지하면서 주행하였다. 후진방향 실험에서는 20도의 태그 중 61번 태그를 인식하지 못했다. 이는 열차가 이동할 때 태그안테나에 전송한 전자기장이 태그안테나의 방향각 때문에 방사엽을 지나 반사되지 못한 경우로 생각된다. 또한 후진방향에서 태그의 인식횟수는 0도에서는 1~4회로 불규칙적이고, 10도와 15도에서는 2회의 낮은 인식횟수를 보여준다. 따라서 후진방향에서의 태그인식율은 전진방향과 반대의 효과가 작용된다고 생각한다.

Ⅴ. 결 론

본 논문에서는 하이브리드 궤도회로의 방향각을 갖는 태그를 이용한 태그인식률 향상에 관한 연구를 대불선 현장에서 실험테스트를 진행하여 고찰하였다. 현장테스트에서는 열차전진방향에서 약 10도의 태그에서 태그인식횟수 증가현상이 안정적으로 나타났고, 후진방향에서는 반대의 효과가 나타났다. 이는 약 10도의 태그에서 태그안테나와 리더안테나 방사엽의 접촉면이 최대일 것을 생각한다. 다만 본 논문에서는 안테나 전자기장의 밀도 또는 세기에 대한 부분을 무시하였기에 보다 안정적인 인식율을 유지하기 위한 RFID 열차위치검지 시스템을 위하여 더 많은 태그로 많은 실험이 필요하다고 생각한다. 따라서 본 연구가 CBTC 또는 KRTCS 시스템 중 열차위치검지기능 또는 보정기능으로 사용되는 RFID시스템이나 하이브리드 궤도회로의 연구에 도움이 되어 GTX(Great Train eXpress)와 같은 지하철, 경전철에 유용하게 사용이 되었으면 한다.

감사의 글

본 논문의 일부는 2013년도 광운대학교 지원으로 수행되었음. 본 논문의 일부는 2014년도 국토교통부 건설교통 기술촉진사업의 지원(12PRTD-C061738-01-000000)으로 수행되었음.

참고 문헌

[1] K.-H. Shin, D. Shin, Y.-S. Song, and J.-H. Lee, “Study on the improvement of GNSS positioning accuracy on Korean railroad lines,” *2011 Autumn Conf. & Annual Meeting of the Korean Society for Railway 2011*, Jeju, 2011.

[2] L. Peng, Z. Yu, Y.-H. Shin, and H.-S. Shin, “A study on RFID technology and application of China,“ *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 2, 2011, pp. 330-336.

[3] K.-H. Shin and J.-H. Lee, “The technology of Positioning in Railway Transportation,“ *J. of Railway*, vol. 15, no. 1, 2012, pp. 16-21.

[4] H.-H. Jung, Y.-O. Ko, C.-L. Li, and K.-S. Lee, “Study on Precise Positioning using Hybrid Track Circuit system in Metro,” *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 3, 2013, pp. 471-477.

[5] B.-S. Kwon, H.-H Jung, K.-S. Lee, and C.-L. Li, “Study on Test methods and Procedures of Hybrid Track Circuit,” *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 3, 2014, pp. 335-342.

[6] H.-Y. Lee, “High-Tag anti-collision algorithm to improve the efficiency of tag Identification in Active RFID System,” *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 2, 2012, pp. 235-242.

[7] I.-S. Kim and C.-S. Kim, “Anti-Collision Algorithm for High-Speed Tags in Active RFID System,” *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 12, 2013, pp. 1891-1903.

[8] M.-S. Kang, E.-B. Jung, and K.-S. Lee “A Study on the Optimal Train Recognition Ratio Instrumentation based on RFID,” *J. of*

The Korea Society for Railway, vol. 10, no. 6, 2007, pp. 663-639.
[9] J.-S. Kim, C.-L. Li, and K.-S. Lee, "Study on RFID Tag for Stabilizaion System in Metro," *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 2, 2014, pp. 249-254.
[10] K.-S. Lee, C.-L. Li, S.-H. Oh, H.-H Jung, and D.-I. Yang, "Development of a Hybrid Track Circuit," *WCRR 2013*, Sydney, 2013.

저자 소개

양동인(Dong-In Yang)

1988년 방송통신대학교 행정학과 졸업(행정학사)
2004년 인하대학교 대학원 교통경제학과 졸업(경제학석사)
2011년~현재 광운대학교 대학원 제어계측공학과 박사과정
※ 관심분야 : 철도신호, RFID

이창룡(Chang-Long Li)

2008년 8월 煙台대학교 제어계측공학과 졸업(공학사)
2008년~현재 광운대학교 대학원 제어계측 공학과 석박사통합과정
※ 관심분야 : 철도신호, RAMS

김철환(Zhe-Huan Jin)

2000년 8월 연변과학기술대학교 재료기계공학과 졸업(공학사)
2003년 2월 광운대학교 자동제어공학과
2003년~현재 광운대학교 대학원 제어계측 공학과 박사과정
※ 관심분야 : 철도신호

이기서(Key-Seo Lee)

1977년 2월 연세대학교 전기공학과 졸업(공학사)
1979년 2월 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사)
1986년 2월 연세대학교 대학원 전기공학과(공학박사)
1981년~현재 : 광운대학교 정보제어공학과 교수
※ 관심분야 : RAMS, 철도신호

고윤석(Yun-Seok Ko)

1984년 2월 광운대학교 전기공학과 졸업(공학사)
1986년 2월 광운대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사)
1996년 2월 광운대학교 대학원 전기공학과(공학박사)
1986년~1996년 한국전기연구소 선임연구원.
1996년~1997년 포스코 경영연구소 연구위원.
1997년~현재 남서울대학교 전자공학과 교수.
2012년~2013년 University of Utah 방문교수
※ 관심분야 : 전력시스템 자동화, 배전자동화, 스마트 그리드, 주택자동화, 로봇제어