

열차의 위치측위 알고리즘 및 검증

Location detection algorithm and verification

정택교¹⁾ 신기동²⁾ 정상근³⁾ 조홍석⁴⁾
Jeong, Rak-Gyo Shin, Ki-Dong Chung, Sang-Gi Cho, Hong-Shik

ABSTRACT

Accurate and reliable tracking system is essential for the central train control system. There are two systems widely being used, one is the fixed block system which utilizes the track circuit for the detection of train position, the other is the moving block system which has the advantage over the former since it enables shorter radio signal for the train position detection. In this paper a new algorithm is proposed which uses signal's phase difference of arrival to detect the train position. Experimental verification of the algorithm is presented in the paper.

1. 서론

부선으로 열차의 위치를 추적하는 알고리즘으로서[1,2], 위상지연시간을 이용해서 이동부선국의 위치를 추적하기 위한 실험과정으로 그 가능성을 검증하게 된다. 위상을 비교하기 위해서는 그 기준신호가 필요하며 위상정보를 갖고 있는 신호가 필요하고 이동하는 부선국의 위치에 따라 위상 지연시간이 다르게 계산된다는 것을 확인할 수 있을 것이다. 따라서 두 개의 신호와 관련된 간단한 수식을 먼저 살펴보고[3], 실험 결과를 검토한다.

$$\Psi_{rf}(x, t) = \text{Asin}\left[\frac{2\pi f_1}{c}(x - ct)\right] \dots\dots\dots(1)$$

$$\Psi_{ra}(x, t) = \text{Asin}\left[\frac{2\pi f_1}{c}(x - ct) + 2(2\pi f_1 t_1)\right] \dots\dots\dots(2)$$

식(1)은 기준신호이고 식(2)는 위상정보신호이다. $2\pi f_1/c$ 은 양의 상수로 자유공간에서 전파상수이고, c 는 전파 속력을 나타낸다. 이동부선국의 위치에 따라, 식(2)에서 t_1 의 지연시간에 의해서 위상지연이 발생한다.

- 1 한국철도기술연구원 도시열도기술개발사업단 경량전철연구팀 선임연구원, 회원
- 2 한국철도기술연구원 도시열도기술개발사업단 경량전철연구팀 연구원
- 3 한국철도기술연구원 도시열도기술개발사업단 경량전철연구팀 책임연구원, 회원
- 4 한국철도기술연구원 도시열도기술개발사업단 경량전철연구팀 선임연구원, 회원

2. 시험방법 및 고찰

실험을 하기 위해서 그림1과 같이, A의 위치에 지상무선국(Wayside Radio Station)이 설치하고, B의 위치에 이동무선국(Vehicle Radio Station)을 설치한다. 지상 무선국은 고정되도록 하고 이동 무선국은 위치를 변할수 있게 하였다. 그림1에서 함수발생기는 375kHz sin신호나 삼각파신호(Triangular wave signal)를 발생시키고 발생된 신호는 2.4GHz 대역의 송신기(Tx1)를 이용해서 지상무선국에서 이동무선국(Rx1)으로 전송하고 지상무선국에서 이동무선국으로 전송한 신호는 위상정보를 갖고 있는 위상정보신호이다. 이동무선국에 도착한 신호는 커패시터를 통과시켜 이동무선국에 있는 송신기(Tx2)를 통해서 지상무선국의 수신기(Rx2)로 다시 전송한다. 지상무선국에서는 Tx1의 입력신호와 커패시터를 통과시킨 Rx2의 출력신호를 계속하고 계속한 신호는 컴퓨터로 모니터 하였고 계속은 5MHz NI계측카드를 사용하였다. 여기서, Tx1의 입력신호는 기준신호(RS: reference signal)이고 커패시터를 통과시킨 Rx2의 출력신호는 위상정보를 갖고 있는 위상정보신호(PS: phase information signal)이다.

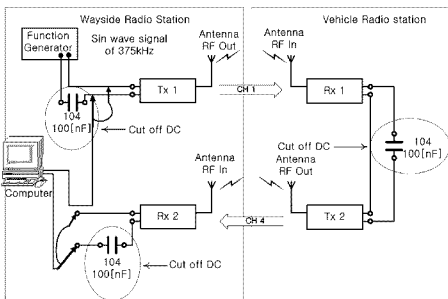


그림1. 실험구성도

먼저, sin파를 이용해서 A점과 B점의 거리가 0m, 20m, 30m, 50m, 90m, 그리고 135.6[m]에서 신호를 계속하고, 삼각파를 이용해서 같은 실험을 했다. 0m의 경우에 RS와 PS가 위상차가 있다는 것을 알 수 있다. 이것은 시스템에서 생기는 위상지연 값으로 시스템위상지연시간이라고 한다. 따라서, A점과 B점이 거리가 있을 때는 거리에 의한 위상지연시간과 시스템위상지연시간이 같이 존재한다. 전체위상지연시간에서 시스템에 의한 위상지연시간을 감해주면 거리에 의한 위상지연시간이 구해진다.

계측카드는 5MHz로 계속을 하기 때문에, 연속적인 아날로그 신호는 200[nsec] 간격으로 샘플링

을 해서 양자화 하게 된다. 양자화하면서 샘플과 샘플 사이의 중요한 위상정보가 사라질 수 있다. 특히, 신호 크기의 부호가 바뀌는 점은 특히 중요하다. 그리고 \sin 신호의 크기가 0에 가까울 수록 크기가 선형적으로 증가하거나 또는 감소하는 것으로 근사화했다. 두 개의 샘플에서 샘플링한 시간을 알고 신호의 크기를 알기 때문에 이 두 개의 샘플의 부호가 바뀌면, 크기의 값이 0인 시간(부호의 시간이 바뀌는 시간)은 계산된다. 그림2-1에서 그림2-6까지는 \sin 파를 이용한 결과이다. 그림2-1은 시스템위상지연시간으로 616.6928924[nsec]이다. 결과는 표1에 나타나 있다.

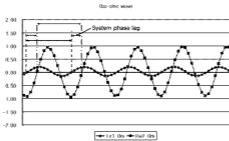


그림 2-1. 0[m]인 경우

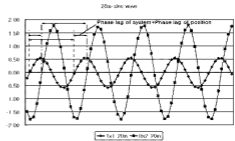


그림 2-2. 20[m]인 경우

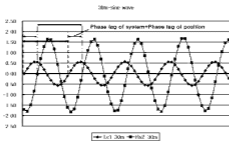


그림 2-3. 30[m]인 경우

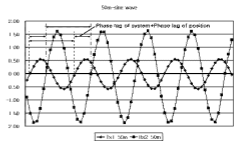


그림 2-4. 50[m]의 경우

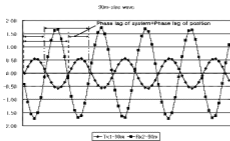


그림 2-5. 90[m]의 경우

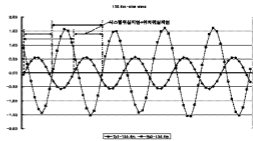


그림 2-5. 135.6[m]의 경우

그림3-1에서 그림3-6까지는 삼각파를 이용하여 계측한 과정이며 삼각파를 이용했을 때, 그림3-1에서와 같이 RS와 PS의 시스템 위상 지연 시간을 계산할 수 있다. 시스템 위상 지연시간은 591.8967798[nsec]이며 그 결과는 표1에서 실제 거리와 비교할 수 있다. 이 실험과정에서 Tx1에서 Rx1으로 위상정보신호를 전송할 때 반송파의 채널과 Tx2에서 Rx2로 위상정보신호를 전송할 때 반송파의 채널의 기능하된 별이져서 실험을 하고, 지상무선국의 Tx1과 Rx2의 약간 떨어져서 실험을 하고, 이동무선국의 Rx1과 Tx2의 거리도 약간 떨어져서 실험을 하는 것이 좋다. 그러면, 인접 채널에 의한 누설 전력에 의한 영향을 덜 받는다.

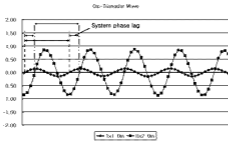


그림 3-1. 0[m]인 경우

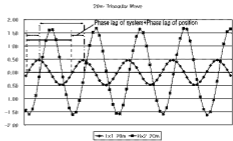


그림 3-2. 20[m]인 경우

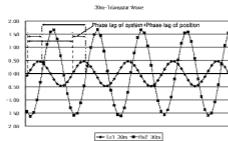


그림 3-3. 30[m]인 경우

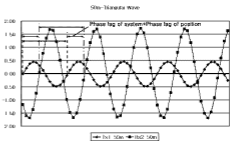


그림 3-4. 50[m]인 경우

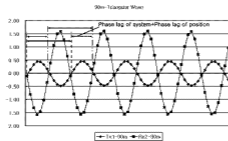


그림 3-5. 90[m]인 경우

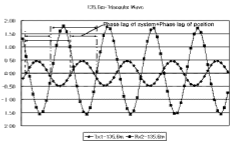


그림 3-6. 135.6[m]인 경우

표1. 결과 비교표

No.	실제거리[m]	삼각파 신호 추정계산 거리[m]	sin 신호 추정계산 거리[m]
1	20	20.58022994	17.38204571
2	30	33.58022994	27.07490027
3	50	57.51234516	50.9770244
4	90	94.73707887	122.3811769
5	135.6	107.1886818	133.3894128

실험결과 비교

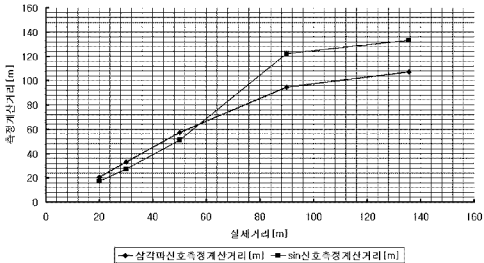


그림 4. 결과 비교 그래프

3. 결론

실험 결과는 실제 거리와 차이가 있으나 실험에서 주위 환경 영향이 많이 받기 때문에 실험에서 이것을 고려하여야 할 것 같고, sin과 및 삼각파에 따른 변화는 알 수 없었으나 초기 시스템상에서 지연된 시간을 잘못 측정하면 그 다음에 측정되는 모든 데이터들은 이동하는 부선국의 위치를 잘못 추정하게 된다. 그리고 이동부선국이 운동상태에서 도플러효과에 의해서 주파수가 변하는 현상과 같은 작은 페이딩에 대한 고려를 해야 할 것이나, 본 논문에는 아주 작기 때문에 무시하였다.

참고문헌

- [1] T. S. Rappaport, J. H. Reed, and B. D. Woerner, "Position Location using Wireless Communication on Highways of the Future", IEEE Communication Magazine, Vol. 34, No. 10, pp.33-41 Oct.1996.
- [2] Li Cong, and Weihua Zhuang, "Hybrid TDOA/AOA Mobile User Location for Wideband CDMA Cellular Systems", IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol.1, No.3, July 2002
- [3] Eugene Hecht, "Optics", Fourth Edition, ADDISON-WESLEY