

MAGLEV 차량의 실시간 속도 및 위치 검출

윤 여원, 박 석하, 함 상용, 손 영수*, 김 양모

충남대학교 전기공학과, 한국기계연구원*

Real-time speed and position detection of MAGLEV vehicle system

Y.W. Yoon, S.H. Park, S.Y. Ham, Y.S. Sohn*, Y.M. Kim

Chung-nam Nat'l University, *Korea Institute of Machinery & Metals

Abstract - This paper presents microprocessor-based real-time speed and position detection by inductive radio loop in new transportation system, such as magnetically levitated train system, rubber tyred train, and linear-motor car. The constant elapsed time method is used in this study for high accurate detection over a wide speed range. And for reliability and safety of the system, it is duplicated and data-bus level comparison is performed by fail-safe comparator.

1. 서 론

최근 열차 신호 시스템과 차량제어 시스템에 있어서, 열차운행의 고속화와 고밀도화의 추세로 인하여 안전한 운행제어를 위하여 열차 속도와 위치의 정확하고 실시간적인 검지가 요구되고 있다.

자기부상열차(MAGLEV)나 고무타이어식 열차, 리니어모터카(Linear motor car)등과 같은 신교통시스템에서는 기존의 레일과 차륜의 접촉이 가능한 열차 시스템과는 달리 교차유도선과 트랜스폰더를 사용한 위치검지 방식을 사용하게 된다^[2].

본 연구에서는 선행되어 왔던 유도무선을 이용한 열차의 위치 및 속도 검출연구를 바탕으로 하여 고속운전시를 고려한 폭넓은 영역의 정확한 속도검출과, 시스템의 Fail-Safe에 의한 다중화를 위하여, 기존의 F/V컨버터를 이용한 속도 검출방식을 개선하여 마이크로 프로세서 내에서 Constant Elapsed Time(CET) method를 사용하여 소프트웨어적으로 처리하도록 하였다. 또한, 실시간으로 MAGLEV를 제어하기 위하여 CET method의 Elapsed Time과 Maximum response time을 적절히 선정하였으며, RS-232Cシリ얼통신을 통하여 Supervisory 컴퓨터에 데이터를 전송하도록 하였다.

MAGLEV시스템의 운행환경에는 인버터나 쿨퍼와 같은 전력변환장치를 비롯한 다양한 노이즈원이 존재하므로 시스템의 신뢰성과 안전성을 위하여 Watchdog Timer를 이용하여 마이크로프로세서내

의 프로그램을 모니터링하며, Data bus를 Fail-Safe comparator를 이용하여 비교함으로서 시스템의 고장시 안전측으로 동작하도록 하였다.

열차의 위치와 속도 정보는 열차의 여러 제어부에서 필요로 하는 정보임을 고려하여 새로운 방식의 데이터 전송으로서 CAN(Controller Area Network)을 고려하여 보았다.

2. 속도 및 위치 검지

열차의 속도 및 위치 검지를 위하여 지상에 일정 간격으로 넣어졌다 좁혀지는 형식으로 유도선을 설치하고, 고주파 신호를 인가한다. 차상의 안테나에 유기되는 유도전압을 포락선검파기, 비교기, 가산기 등을 통하여 10cm의 위치정보를 가지는 펄스열로 만든다.

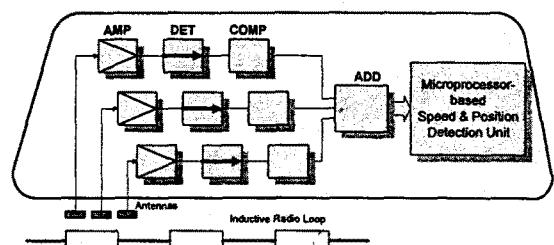


그림 1. 속도 및 위치 검지를 위한 블록도

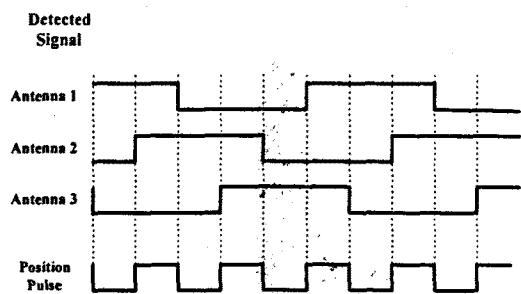


그림 2. 각 안테나 파형 및 가산된 펄스열

3. Constant Elapsed Time(CET) 방법

3.1 CET 방법의 원리[1]

펄스열을 이용하여 펄스열의 속도를 측정하는 방법은 direct pulse counting법이나 펄스주기 측정법 등을 비롯하여 여러 가지 방법이 사용될 수 있다. 본 연구에서 다루고 있는 CET법은 측정된 속도 n 의 최대 상대속도에 레 ($\Delta n/n$)와, 저속과 고속 영역에서의 속도 측정시 반응시간이 빠르다는 것 등의 장점을 가지고 있다^[1]. 또한 원침 마이크로콘트롤러인 80C196KC를 사용하여 시스템을 개발하기에 편리한점이 있으며, Supervisory 컴퓨터로 일정한 주기로 데이터를 송신하기에 적당하다.

그림 3은 CET법의 원리에 대해 설명하고 있다. 펄스카운터와 타임카운터가 펄스열의 상승 에지에서 동시에 출발하게 된다. 이들 카운터는 CET의 T_{el} 시간이 지난 후 첫 번째 상승 에지에서 멈춰지게 된다. 펄스카운터는 펄스열의 상승 및 하강에지를 검지한 값 C_p 를 나타내며, 타임카운터는 T_{el} 시간이 지난 뒤의 첫 번째 상승 에지까지의 시간의 정보 T_p 를 가지게 된다. 80C196KC의 timer1의 주기인 T_c 를 이용하여 차량의 속도는 다음과 같이 구해질 수 있다.

$$V = \frac{C_p \times 360}{T_p \times T_c} \quad [\text{km/h}]$$

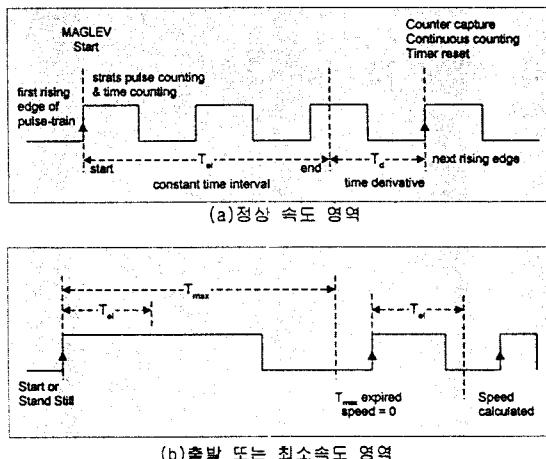


그림 3. CET 방법의 원리

만약 펄스열의 길이가 T_{max} 시간을 넘으면 속도 정보는 0이 된다. 0이 되기 직전의 측정 가능한 속도를 최저측정가능속도, V_{min} 라 하며 T_{max} 에 반비례한다.

$$V_{min} = 0.36 / T_{max} \quad [\text{km/h}]$$

3.2 프로그램 구조

80C196KC은 두 개의 타이머를 가지고 있다. Timer1은 16비트의 자유증가타이머이고, timer2는 timer1의 클럭을 바탕으로 하여 외부사건을 카운트하는 카운터로 사용될 수 있다. CET법의 주요 요소인 T_{el} 과 T_{max} 인터럽트를 발생시키기 위하여 HSO(high speed output) 소프트웨어타이머를 사용하도록 한다. 이러한 하드웨어적 특성을 바탕으로 하여 아래 그림 4의 알고리즘을 구성하였다^[4].

그림 4의 알고리즘은 메인 루틴과 소프트웨어타이머 인터럽트서비스 루틴, timer2 capture 인터럽트 서비스 루틴 등으로 구성되어 있다. Timer1은 펄스열의 시간을 측정하고, 소프트웨어타이머 동작의 기반이 되는 클럭으로 작용하게 된다. TRIG 레지스터는 T_{el} 시간이 지난 후에 T_{max} 가 되기 전에 펄스열의 에지가 검출되었음을 표시하는 레지스터이며, QUIT 레지스터는 프로그램의 루우프를 제어하는데 사용되는 레지스터이다. 속도의 계산과 데이터를 송신하는 동작은 T_{el} 시간 내에 실시간적으로 진행되어져야 한다. 즉, T_{el} 시간의 설정은 속도계산과 데이터송신, 최대 측정가능속도, 최저 측정가능속도 등을 고려하여 선정하도록 한다.

Timer2는 16비트 타이머이기 때문에 최대로 검지할 수 있는 위치는 대략 6.5km정도가 된다. 이는 1.1km 구간의 시험선로에서는 사용 가능하지만 범용시스템으로 구성할 경우를 대비하여 프로그램상에 변수를 설정하여 소프트웨어카운터를 이용한다. 최대, 최소 측정가능 속도는 T_{el} , T_{max} 에 의해 계산될 수 있으며, 본 연구에서는 최대 측정가능 속도는 약 1000[km/h], 최저 측정가능 속도는 약 5[km/h]정도이다.

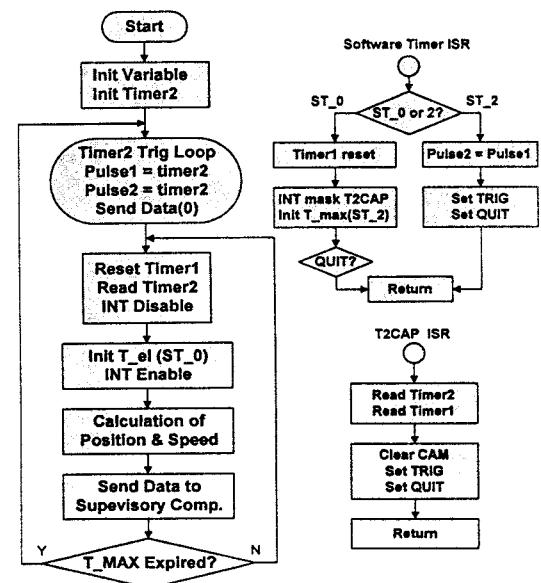


그림 4. CET 방법의 프로그램 알고리즘

4. Fail-Safe 동작

일반적으로, 마이크로프로세서나 디지털 소자들은 외란에 의해 쉽게 영향을 받을 수 있으며 이로 인해 시스템의 고장이 일어날 가능성이 높고, 그 고장의 원인 및 위치를 찾아내는 것이 쉽지 않다는 단점을 가진다. MAGLEV 차량의 선로에는 인버터나 쇼퍼를 비롯한 스위칭파워플라이에서 나오는 많은 고조파와 통신을 위한 고주파신호에서 나오는 노이즈등의 많은 전기적인 노이즈원들이 존재한다. 따라서, 이러한 노이즈들에 의해 시스템이 쉽게 영향을 받고 고장모드로 진행되기 쉽다.

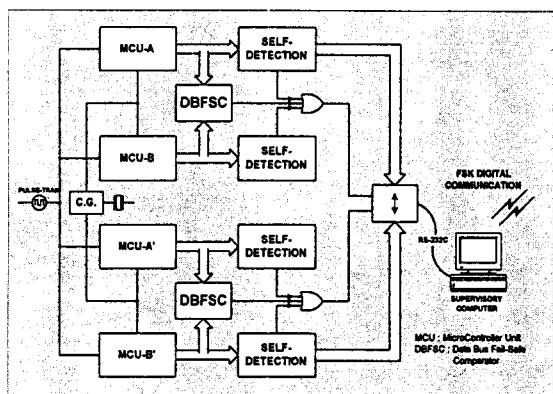


그림 6. 안전도와 신뢰도를 위한 시스템 블록도

이러한 문제점들을 극복하고 보다 안전하고 신뢰성 있는 시스템을 구성하기 위하여 중복구조의 시스템으로 구성되며 FSC에 의한 버스레벨의 비교가 수행된다. 또한 각각의 모듈은 TSC(totally self checking)회로에 의한 자기진단 기능을 가진다. 또한 이러한 중복구조로 구성된 시스템을 hot-standby sparing 구조로 동작시킨다^[3].

5. Controller Area Network

열차의 속도 및 위치정보는 차내 운전자의 모니터링 시스템뿐만 아니라 열차의 여러 제어부에서 사용되기 때문에 각 제어부를 연결하는 네트워크를 구성하는 것이 효율적이다. 또한 시스템 특성상 고도의 에러검출 기능과, 작은 지연시간, 각각의 컨트롤러와의 구성상의 용이함 등이 요구된다.

CAN 프로토콜은 CSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access by Collision Detection)의 일종으로서 한 프레임 안에 최대 8바이트의 데이터를 전송할 수 있으며, CRC(15 bit)와 bit coding, Message Frame Check등에 의한 콘트롤러에 부담을 주지 않고 error detection을 수행하며, 고장이 발생한 노드를 자동적으로 제거하는 fault confinement 기능을 가지고 있다^[6].

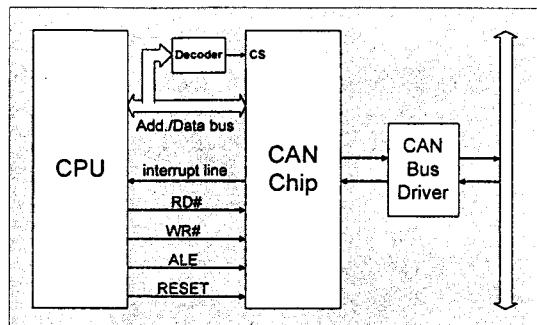


그림 7. 콘트롤러와 CAN의 연결

표 1. 데이터버스 길이와 비트율의 관계^[5]

Bus Length (m)	Bit Rate (kbit/s)
30	1000
100	500
250	250
500	125
1000	62.5

6. 결 론

본 논문에서는 MAGLEV 시스템의 실시간 열차 위치 및 속도 검지를 위한 CET 방법에 의한 알고리즘 구현하였으며, 시스템의 안전성과 신뢰성을 위한 Fail-Safe 시스템을 80C196KC 마이크로콘트롤러를 이용하여 구성하여 보았다. 또한 각각의 열차 제어부를 연결하는 네트워크를 구성하기 위한 프로토콜로 CAN을 제안하여 보았다.

[참 고 문 헌]

- [1] Richard Bonert, "Design of a High Performance Digital Tachometer with a Microcontroller", IEEE Trans. Instrumentation & Measurement, vol.38, no.6, pp.1104-1108, Dec. 1989.
- [2] E.J.Jong, et al., "A Simulator for Train Detection and its Control by Inductive Radio Line", Elesiver Science, pp.595-598, 1995.
- [3] Barry W. Johnson, *Design and Analysis of Fault-Tolerant Digital Systems*, Addison-Wesley Pub. 1989.
- [4] John B. Peatman, *Design with Microcontrollers*, McGraw-Hill, 1988.
- [5] H.Eiselen E. JUhnk, "Maximum CAN Line Length using ISO 11898 Transceivers", CAN Newsletter, pp.10-12, 1, June, 1997.
- [6] Intel 82527 Serial Communications Controller Architectural Overview, Jan., 1996.