

# 차축카운터 시스템 통신망의 통신 부하 및 처리 지연 분석

## Communication load and the processing delay of the axle counter system network analysis

여인창\*, 김용호\* †

InChang Yeo\*, YongHo Kim\* †

**Abstract** Axle counter system is a system for obtaining location information of a train with train detection system discontinuity. Detection of trains in the railway is the most important part to improve the speed and safety of the train. Communication load, the communication error and the communication delay of the axle counter system to determine the location of the train in real time is an important issue. The axle counter system to digitize the train detecting signal from the track change signal to be detected by the detection device installed in the line sensor and the information by using the network transmission to the central processing unit. In this paper, we modeled using queuing theory the network of the axle counter system (Queueing Theory) and performing performance analysis. And to present the direction of the axle counter system network configuration through system performance analysis, such as delay and throughput of the irregular increase of the line side information detection device.

**Keywords** : Axle counter system, The communication load, Processing delay, Queueing theory, Axle counter system networks

**초 록** 차축카운터 시스템은 불연속 열차 검지 시스템으로 열차의 위치정보를 획득 할 수 있는 시스템이다. 철도에서의 열차 검지는 열차의 속도향상과 안전을 위하여 가장 중요한 부분이다. 열차의 위치 정보를 실시간으로 확인하기 위하여 차축카운터 시스템의 통신 부하, 통신 오류 및 통신 지연은 중요한 이슈가 된다. 차축 카운터 시스템은 선로에 설치된 센서에서 검지되는 신호를 선로 변 검지장치에서 열차검지신호를 디지털화하고 이 정보를 통신망을 이용하여 중앙의 연산장치로 전송하게 된다. 본 논문은 차축카운터 시스템의 통신망을 대기행렬이론(Queueing Theory)을 이용하여 모델링하고 성능 분석을 수행한다. 선로변 검지장치의 불규칙한 정보 증가에 따른 지연 및 데이터 처리율 등의 시스템 성능 분석을 통해 차축카운터 시스템 통신망 구성에 대한 방향을 제시하고자 한다.

**주요어** : 차축카운터시스템, 통신부하, 처리지연, 대기행렬이론, 차축카운터시스템 통신망

## 1. 서 론

철도신호시스템이 지상신호방식에서 차상신호방식으로 변환하면서 열차를 검지하는 방식이 다양하게 변화하였다. 최근 궤도회로를 사용하지 않고 열차를 검지하는 방식으로 지상의

† 교신저자: 한국교통대학교 철도대학 철도전기전자공학과(ronnykim@ut.ac.kr)

\* 한국교통대학교 철도대학 철도전기전자공학과  
2015년 한국교통대학교 지원을 받아 수행하였음

엑셀카운터를 통한 불연속 열차검지방식이 사용되고 있다. 연속적으로 열차를 검지하는 궤도회로보다는 안전성은 저하되나, 열차검지장치의 시공비용이 현저하게 절약되며, 궤도회로의 길이에 관한 제약이 없어진다는 장점이 있다. 또한 기존의 궤도회로와는 달리 열차검지기 설치구간에서 열차의 평균속도 측정이 가능함으로 건널목 제어장치와 같이 열차의 속도 판단이 필요한 개소에 적용될 수 있다[1-1]. 최근 열차의 고속화로 인하여 통신 데이터의 부하에 따른 통신 지연은 중요한 이슈로 작용할 수 있다.

본 논문은 이러한 불연속 열차검지 시스템에서 통신을 이용하여 처리되는 데이터의 부하 및 처리 지연을 분석하여 실 열차의 위치 정보와 사령의 표출 정보간의 시간차에 대하여 말하고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1 차축카운터 시스템 네트워크

#### 2.1.1 구성도

본 논문에서 참고한 엑셀카운터시스템의 네트워크 구성도는 크게 레일에 설치된 센서의 입력을 받아 차축을 검지하는 선로변 유니트와 각 선로변 유니트에서 전송된 정보를 바탕으로 궤도를 연산하는 연산 유니트, 연산된 데이터를 입력받아 사용자에게 그래픽으로 표출하는 유지보수장치로 구성된다. 각각의 통신 인터페이스는 100M Ethernet으로 구성된다.

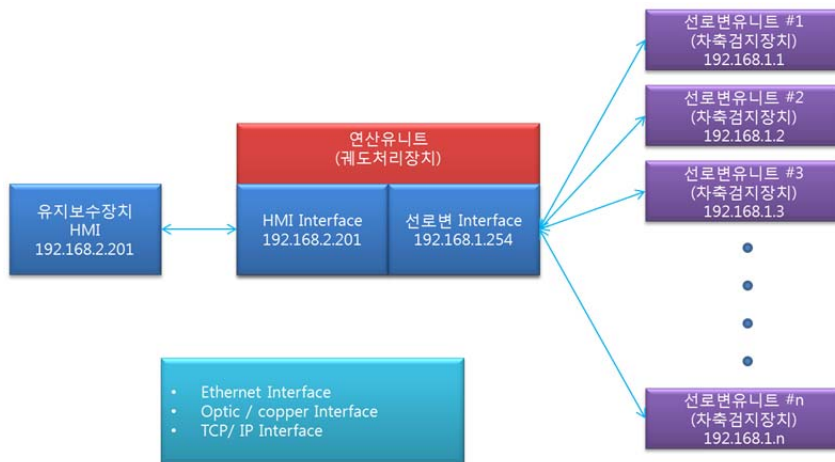


Fig. 1 Axle Counter System Network Configuration

### 2.1.2 차량별 데이터 패킷 분석

본 논문에서 검토한 차량은 지하철에서 사용되는 일반 전동차와 고속열차를 기준으로 분석하였다.

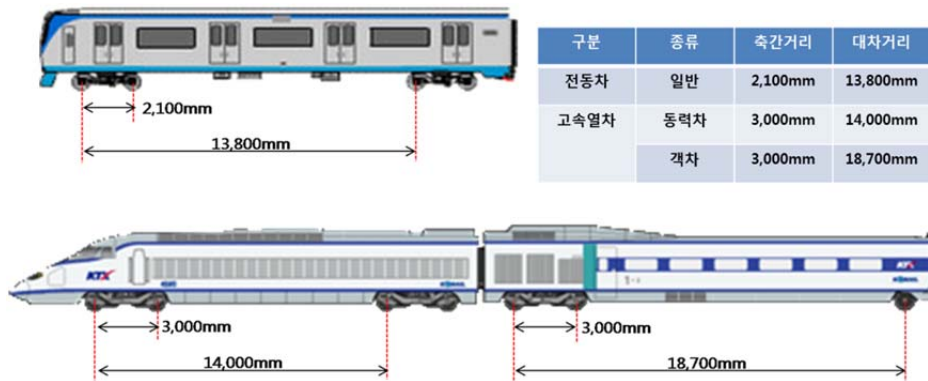


Fig. 2 Vehicle-specific center distance

## 2.2 차량 및 속도별 검지 간격

### 2.2.1 열차 검지 간격

전동차의 경우 대차 차축간 거리를 2,100mm으로 가정하고 고속열차의 경우 대차 차축간 거리를 3,000mm로 가정하였을 때 속도별 검지 간격은 그림3과 같다. 속도가 빨라질수록 검지 간격을 작아짐을 알 수 있고 따라서 데이터의 발생 간격도 작아진다.

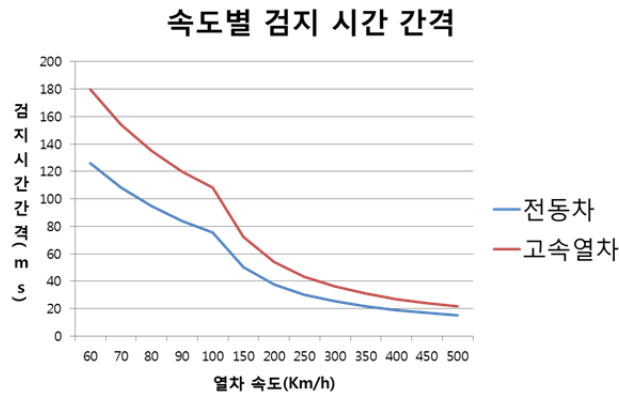


Fig. 3 Train speed by detecting the interval

### 2.2.2 열차당 패킷 데이터 량

차축을 검지하였을 때 데이터를 43Byte로 가정하고 열차의 1량당 한쪽 레일의 바퀴수를 4개 가정하였을 때 열차 편성을 10량으로 하여 데이터 발생량을 계산하면 표1과 같다.

Table. 1 Detecting the amount of data per wheel

	데이터		헤더		총 패킷 길이	
	Byte	개	Byte	개	Byte	bit
바퀴 당 데이터 량	43	Byte	54	Byte	97	Byte
1 량 당 바퀴수	4	개	388	Byte	3104	bit
10 량 바퀴수	40	개	3880	Byte	31040	bit

### 2.2.3 열차 및 속도별 데이터 량

위 에서 살펴본 전동차를 기준으로 속도별 데이터의 량은 표2과 같이 나타나고 고속열차를 기준으로 속도별 데이터의 량은 표3와 같이 나타난다. 표2와 표3을 통해서 열차 속도가 증가함에 따라 검지 시간 간격은 작아지고 데이터 발생시간 간격이 작아짐으로 초당 데이터는 증가함을 알 수 있다.

**Table. 2** Train speed by detecting the amount of data

	V	대차 검지 시간 간격 (ts)	대차간 검지 시간 간격 (ts)	1 량 소요시간 (ts)	량간 검지 시간 간격 (ts)	10 량 소요시간 (ts)	10 량 BPS
1	60	0.126	0.702	0.954	0.246	11.754	2,641
2	70	0.108	0.602	0.818	0.211	10.075	3,081
3	80	0.095	0.527	0.716	0.185	8.816	3,521
4	90	0.084	0.468	0.636	0.164	7.836	3,961
5	100	0.076	0.421	0.572	0.148	7.052	4,401
6	150	0.050	0.281	0.382	0.098	4.702	6,602

**Table. 3** High-speed train speed by detecting the amount of data

	V	대차 검지 시간 간격 (ts)	대차간 검지 시간 간격 (ts)	1 량 소요시간 (ts)	량간 검지 시간 간격 (ts)	10 량 소요시간 (ts)	10 량 BPS
1	60	0.180	0.942	1.302		13.020	2,384
2	70	0.154	0.807	1.116		11.160	2,781
3	80	0.135	0.707	0.977		9.765	3,179
4	90	0.120	0.628	0.868		8.680	3,576
5	100	0.108	0.565	0.781		7.812	3,973
6	150	0.072	0.377	0.521		5.208	5,960
7	200	0.054	0.283	0.391		3.906	7,947
8	250	0.043	0.226	0.312		3.125	9,933
9	300	0.036	0.188	0.260		2.604	11,920
10	350	0.031	0.161	0.223		2.232	13,907

### 2.2.4 연산유니트의 데이터 량

위 에서 살펴본 고속열차를 기준으로 열차 및 속도별 데이터의 량은 표4와 같이 나타난다.

**Table. 4** Data throughput calculation unit

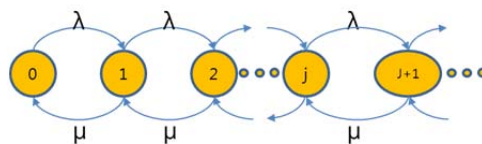
유지보수 PC					<=>	연산유니트		<=>	선로변유니트				
TCP 헤더			54	Byte		78,641,920	bps		TCP 헤더		54	Byte	
Date	header		5	Byte		78,641.92	kbps		Date	header	5	Byte	
	data0		4	Byte		78.64	Mbps			data0	4	Byte	
	WDB n	254	7,874	Byte						WDB	31	Byte	
	Track n-1	253	2,530	Byte						Tail	3	Byte	
	Tail		3	Byte					sum		97	Byte	
플링주기			0.100	sec				플링주기		0.100	sec		
sum			23,452,800	bps					WDB n	254	55,189,120	bps	
			23,452.80	kbps							55,189.12	kbps	
			23.45	Mbps							55.19	Mbps	
초당 이벤트			28					초당 이벤트			28		
고속열차			36	ms				고속열차			36	ms	

고속열차의 속도가 300Km일 때 이벤트 간격이 36ms이고 이 기준으로 선로변 유니트가 254개가 설치되어 있다면 연산유니트에 통신 부하는 78.64Mbps로 계산된다. 다만 선로변 유니트가 동시에 패킷을 발생한다는 가정으로 계산된 값이다. 따라서 선로변 유니트의 이벤트 발생이 여러 곳에서 동시다발적으로 이루어 진다면 연산 유니트의 부하는 급격히 늘어남을 알 수 있다.

### 2.3 대기 행렬 이론에 의한 모델링

#### 2.3.1 단일 서버 시스템에서의 지연 분포와 도착 패킷 분포

본 논문에서 대기행렬에 의한 성능 분석은 차축카운터 시스템의 통신 성능에 대한 경향을 살펴 보기 위한 목적으로 사용되었으며 모델링의 간략화를 위해 패킷 도착은 Poisson 분포를 따른다고 가정하였고 패킷 처리도 Exponential 분포를 따른다고 가정하였다. 패킷의 지연 시간 분석만을 고려하려 하였으므로 분석의 용이성을 위해 메모리의 제한은 없다고 가정하였다. 이러한 가정에 대기행렬 모델은 M/M/1 모델을 사용할 수 있으며 M/M/1 시스템에 대한 천이율 다이어그램은 그림 4와 같다



**Fig. 4** M/M/1 cloth-rate diagram for a system

선로변 유닛이 1대 이고, 연산유닛의 처리시간을 1ms로 가정하고, 36ms마다 데이터 패킷이 도착한다고 가정하면,

연산유닛의 네트워크 사용률은

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{1}{36ms}(1ms) = \frac{1}{36} \quad (1)$$

시스템에서 데이터 패킷의 평균 수는 식(2)와 같다.

$$E[N] = \frac{\rho}{1-\rho} = 0.028 \quad (2)$$

시스템에서의 평균 시간은 식(3)과 같다.

$$E[T] = \frac{E[N]}{\lambda} = \frac{0.028}{1/36} = 1.028ms \quad (3)$$

선로변 유닛 증가에 따른 네트워크 사용률과 패킷의 평균 수 그리고 시스템에서의 평균시간에 대한 관계를 그림4와 같이 나타낸다.

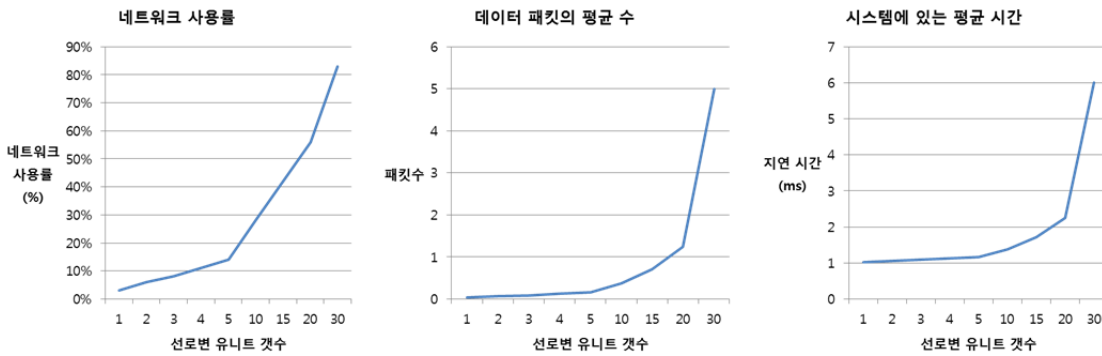


Fig. 4 Network latency and utilization of the rail side device unit increase

그림 4에서 보는바와 같이 선로변 유닛의 증가는 네트워크 사용률의 증가와 시스템 지연시간을 급격하게 증가시킴을 알 수 있다. 따라서 본 시스템의 네트워크 망을 설계할 때 연산유닛의 처리 시간 및 패킷 발생을 정확히 측정하여 선로변의 정보가 시간 지연 없이 명령의 사용자에게 보여질 수 있도록 설계하여야 한다.

### 3. 결론

본 논문에서는 패킷 데이터의 발생간격 및 연산유닛의 처리시간을 일정하게 가정하여 분석하였다. 따라서 실제 설계시 발생 간격과 연산유닛의 처리시간을 정확히 측정할 필요가 있고 이에 따른 연산유닛당 처리할 수 있는 선로변 장치에 제한을 두어야 한다. 차후 시스템의 여러 변수를 측정하여 실데이터에 근접한 값을 유추하고 이에 따른 데이터를 확보하는 연구가 필요하다.

## 참고문헌

- [1] D.A.Norris B.E.(1993) Integrating an Axle Counting Function into the VPI Computer based interlocking, IRSE Integrated Axle Counter System
- [2] Alberto Leon-Garcia (2008) Probability, Statistics, and Random Processes for Electrical Engineering, Pearson Education Korea LTD, korea, pp.696 - 704