

# 차축카운터 시스템 무선 통신망의 통신 부하 및 처리 지연 분석

## Communication delay and processing load of the axle counter system, a wireless communication network analysis

여인창\*, 김용호\*<sup>†</sup>

In-Chang Yeo\*, Yong-Ho Kim\*<sup>†</sup>

**Abstract** Since an axle counter system, a train detection system for irregular inter-train interval, is able to provide train location information, it plays an important role in train speed improvement and safety enhancement. Since current axle counter systems employ wired communication, a large amount of cost is necessary in case of sensors and system moving requiring installation, moving and removing of communication cables between a central unit and trackside units. When wireless communication network is utilized, such cost can be reduced. However, wireless communication network is relatively inefficient and limited in terms of reliability and performance. In this paper, a communication network of an axle counter system is replaced from a wired communication to a wireless communication using Wireless Local Area Network (WLAN) and then the performance of the wireless communication network is analyzed through experiments. The objective of this paper is to provide the design guidelines of the axle counter wireless communication system with respect to delay and throughput.

**Keywords** : Axle counter system, Communication load, Processing delay, Wireless communication network

**초 록** 불연속 열차 검지 시스템인 차축카운터 시스템은 열차의 위치정보를 획득 할 수 있는 시스템으로서 열차의 속도향상과 안전을 위하여 중요한 부분이다. 유선통신을 사용하는 기존의 시스템은 센서 및 장치의 위치 이동시 선로변의 장치와 중앙의 연산장치간의 통신케이블의 신설, 이설 및 철거의 비용이 큰 비중을 차지한다. 무선통신을 사용하면 비용을 효과적으로 절감할 수 있으나 유선통신 대비 신뢰성 및 성능에서 제약 사항들이 존재한다. 본 논문에서는 유선통신망을 무선통신망으로 대체하고 무선통신망의 무선 통신 성능을 실험을 통하여 분석한다. 무선 통신망으로 대체 시 발생할 수 있는 지연 및 데이터 처리율 등의 시스템 성능 분석을 통해 차축카운터 시스템 무선 통신망 구성에 대한 방향을 제시하고자 한다.

**주요어** : 차축카운터시스템, 통신부하, 처리지연, 무선통신망

## 1. 서 론

최근 열차를 검지하는 방식으로 엑셀카운터에 대한 관심이 고조되고 있다. 엑셀카운터 시스템은 측선에 보조적으로 사용되거나 공사구간에 임시적으로 설치되어 운용되는 경우가 많다[1]. 하지만 임시적으로 설치되는 선로변의 열차 검지 장치와 궤도 처리 장치 간에 유선

<sup>†</sup> 교신저자: 한국교통대학교 철도대학 철도전기전자공학과(ronnykim@ut.ac.kr)

\* 한국교통대학교 철도대학 철도전기전자공학과

통신망은 설치 및 철거비용이 많이 발생하는 문제가 있다. 유선 통신망을 무선 통신망으로 대체 시 통신 케이블의 설치 및 철거비용이 감소하는 이점이 있다. 하지만 무선 통신망을 사용시 지연 및 데이터 처리율이 유선 통신망과 차이가 있다. 본 논문에서 선로변의 열차 검지 장치와 궤도 처리 장치간의 유선 통신망을 무선 통신망으로 대체할 시 발생할 수 있는 Packet Delay와 Packet Loss부분을 분석하여 차축카운터 시스템의 무선 통신망 구성 및 알고리즘에 대한 방향을 제시하고자 한다. 본 논문은 2.1에서 무선 통신망의 구성을 확인하고, 2.2에서 실험을 통하여 취득한 데이터 패킷을 분석하고, 2.3에서 본 논문에 사용된 통신 알고리즘을 분석하고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1 차축카운터 시스템 무선 네트워크 구성

본 논문에서 일반적인 엑셀카운터시스템의 네트워크 구성도는 Fig. 1과 같이 레일에 설치된 센서의 입력을 받아 차축을 검지하는 선로변유닛과 각 선로변유닛에서 전송된 정보를 바탕으로 궤도를 연산하는 연산유닛, 연산된 데이터를 입력 받아 사용자에게 그래픽으로 표출하는 유지보수장치로 구성된다[2]. 본 논문에서 제안한 구성은 Fig. 1과 같이 선로변유닛과 유무선 스위치 간에 통신 인터페이스는 무선네트워크를 이용하였고 802.11n을 사용하였다. 그 외의 통신 인터페이스는 유선 네트워크를 이용하였고 100M Ethernet으로 구성된다.

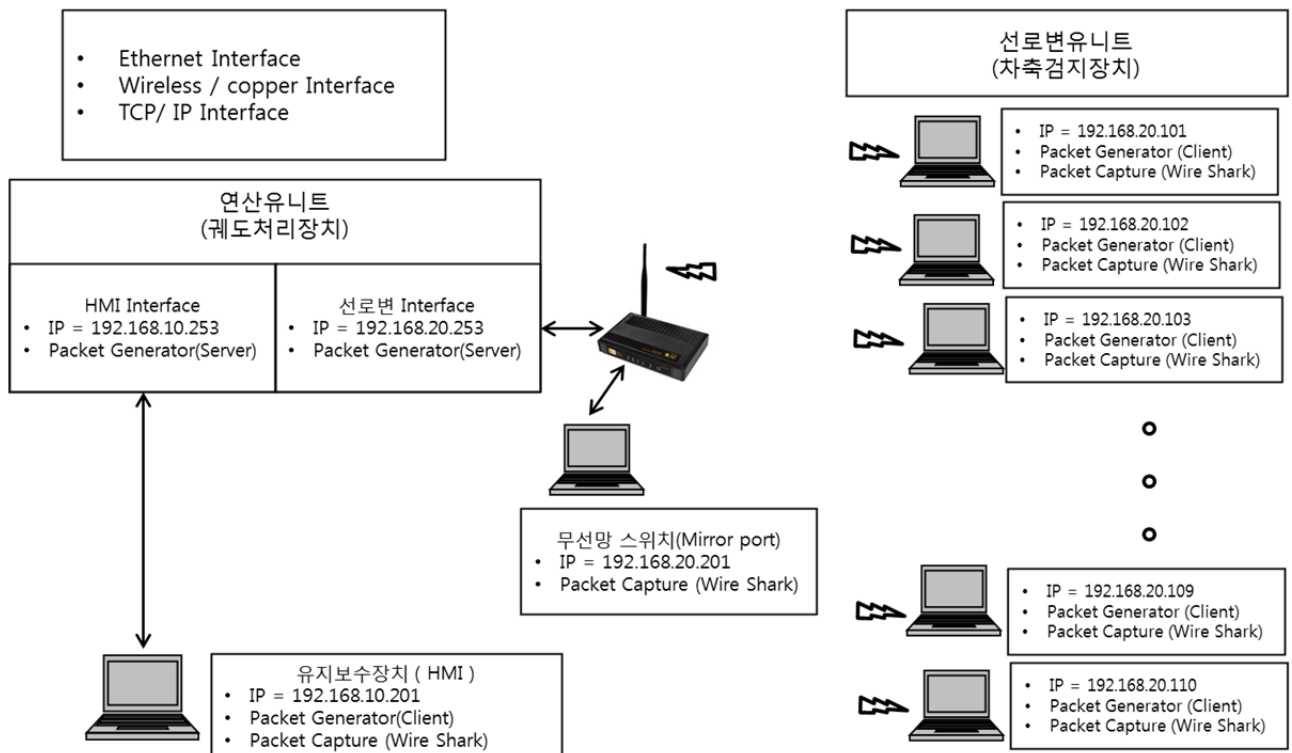


Fig. 1 Axle Counter System Network Configuration

IP	IPv4
Wireless Spec.	IEEE 802.11n CSMA/CA
LAN Spec.	IEEE 802.3u CSMA/CD
System OS	Linux
System CPU	MPC8379E
Client OS	Win7

Table 1 System parameters

## 2.2 데이터 패킷 분석

본 논문에서 분석을 위하여 사용한 시스템 파라미터는 Table 1과 같이 이루어져 있다. 본 논문에서 분석을 위하여 사용한 Packet 데이터구조는 Fig. 2와 같은 구조로 이루어져 있다 [3][4]. Fig. 2와 같이 선로변유니트의 Application 프로그램에서 18Byte의 데이터를 네트워크를 통하여 연산유니트로 송신할 때 Application Data 18Byte에 TCP Header 20Byte가 추가되어 38Byte의 TCP Data가 된다. TCP Data 38Byte에 IP Header 20Byte가 추가되어 58Byte의 IP Data가 된다. IP Data 58Byte에 Ethernet II의 Header 14Byte가 추가되어 Ethernet Frames은 72Byte로 전달된다. 따라서 Application에서 송신한 18Byte의 Data는 각 계층의 Header가 추가되어 최종적으로 72Byte의 Ethernet Frame으로 전송된다.

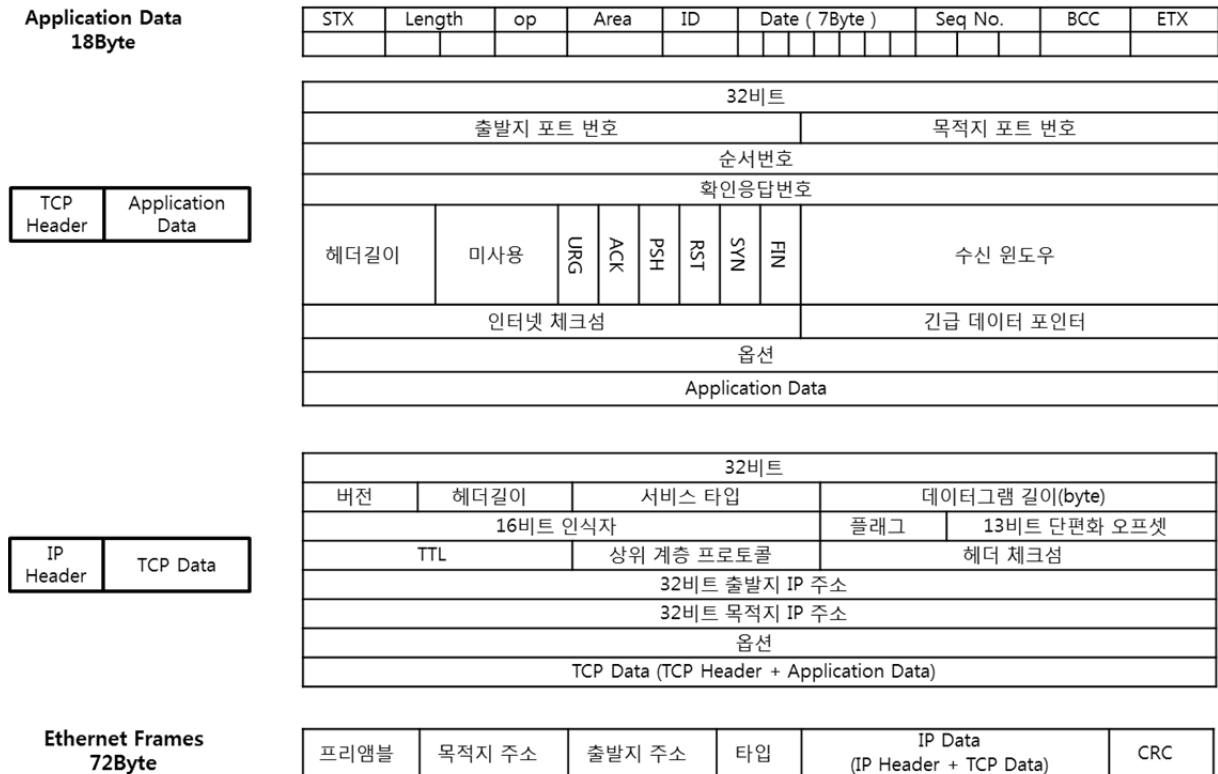


Fig. 2 Communication data structure

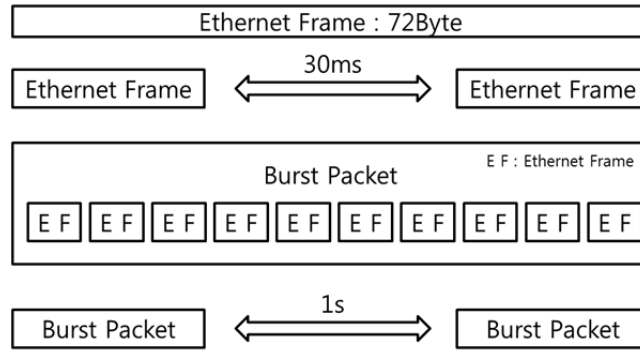


Fig. 3 The client sends a data structure

선로변유니트는 각각의 TCP포트를 사용하여 연산유니트와 통신을 한다. Fig. 3과 같이 각각의 선로변유니트는 Ethernet Frame으로 72Byte의 데이터를 30ms의 간격으로 10개의 Burst Packet을 구성하고 Burst Packet간에는 1초의 Delay Time을 두고 연산유니트에 송신을 한다. 실험을 위하여 선로변유니트와 유지보수장치는 PC를 이용하였다. 각각의 PC는 시간동기화가 필요하기 때문에 한국표준과학연구원에서 제공하는 표준시각 동기 프로그램을 이용하여 측정 PC의 시간 동기를 맞추었다. 하지만 각각의 PC에 대한 오차는 존재한다. 각각의 측정 PC에는 Packet Generator Program과 Wire Shark Program을 이용하여 패킷을 송수신하고 송수신 패킷에 대하여 캡처를 하였다. Client PC를 1대에서 10대까지 순차적으로 증가시키며 각 구성요소의 패킷과 전송 시간을 측정하였다[5].

Client PC측 송신 패킷을 분석한 결과 Application에서 송신한 데이터가 OS의 드라이버에서 각각의 성능에 따라 정상적인 패킷인 72Byte보다 큰 패킷이 송신이 된다. 본 논문에서 정상적인 패킷인 72Byte보다 큰 패킷을 Over Packet으로 정의하였고 Client에서 송신한 Over Packet의 전송횟수를 전체 송신 횟수로 나눈 백분율로 Over Packet 발생률을 나타냈다. Over Packet 발생률은 Fig. 4와 같이 나타난다. Client PC의 개수와는 상관없이 각각의 PC의 성능에 따라 발생빈도가 달라진다. 하지만 이 부분이 시스템의 Application에서는 처리하지 못하는 결과가 나타나서 최상위 유지보수장치에 정보가 전달되지 못하는 현상이 발생한다.

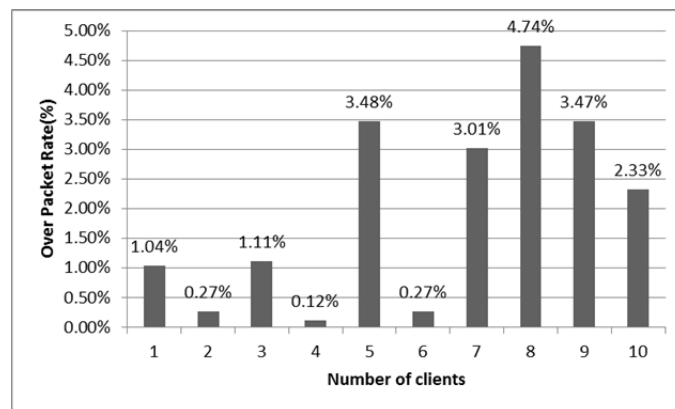


Fig. 4 Over packet rate

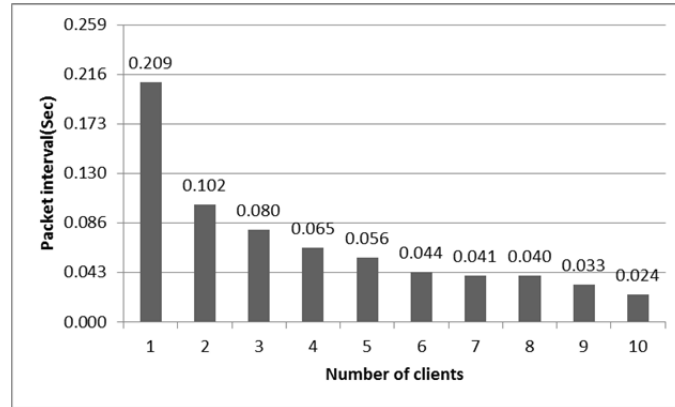


Fig. 5 Wired and wireless switch equipment packet interval

각각의 무선 Client PC에서 보내지는 송신데이터는 유무선 스위치를 통하여 연산유닛에 전달된다. 패킷간의 시간간격은 유무선스위치에서 연산유닛으로 송신하는 패킷간의 시간차를 계산하였다. 각각의 시간차의 총합을 패킷 송신횟수의 총합으로 나누어 평균값을 Packet interval로 나타내고 단위는 초단위로 나타냈다. Fig. 5에서처럼 Client PC의 증가는 유무선 스위치의 패킷량을 증가 시키고 각각의 패킷 간의 시간간격을 짧아지게 한다. 본 실험에서 Client PC의 데이터량이 10대까지는 유무선 스위치의 처리용량보다 적은 데이터량이므로 딜레이의 변화가 없으나 Client PC가 처리용량 이상으로 증가하면 유무선 스위치의 처리용량을 넘게 되면 딜레이는 점차적으로 증가할 것으로 예상된다.

하위 Client PC의 데이터를 분석 처리하여 상위의 유지보수장치로 데이터를 전송하는 연산유닛에서 분석한 결과 Fig. 6과 같이 나타난다. 연산유닛에서 송신한 데이터를 분석하여 패킷간의 송신시간차를 계산하면 하위 Client PC의 증가는 유지보수장치로 전송되는 데이터의 송신 간격의 감소로 나타난다. 또한 하위 Client의 송신데이터와 연산유닛의 송신데이터를 분석하여 동일데이터의 송신 시간차를 Process delay라 정의하고 계산하면 하위 Client PC의 증가는 데이터를 분석 처리하는 시간이 증가하여 유지보수장치로 데이터를 송신하는데 걸리는 시간이 늘어남을 볼 수 있다.

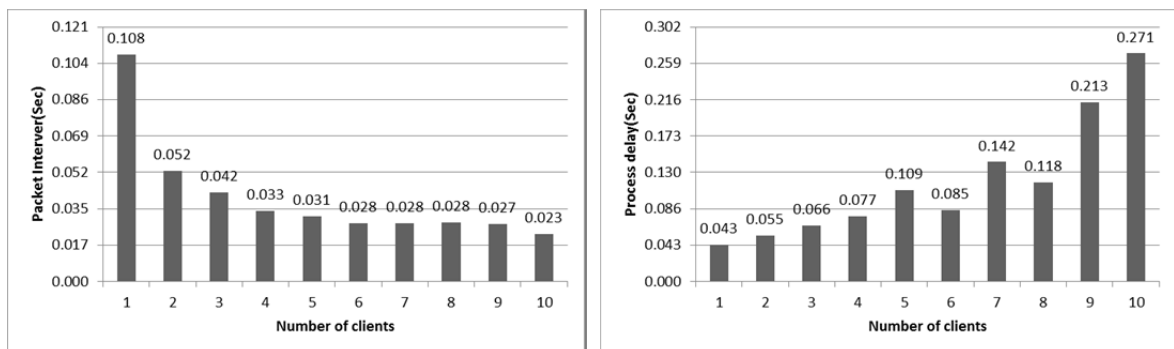


Fig. 6 System equipment packet interval & process delay

Client Application Data 18Byte	STX	Length	op	Area	ID	Date ( 7Byte )							Seq No.	BCC	ETX	
System Application Data 45Byte	STX	Length	op	Area	ID	Date ( 7Byte )							Client Data	BCC	ETX	
Client Data 30Byte	Client1 Seq No.	Client2 Seq No.	Client3 Seq No.	Client4 Seq No.	Client5 Seq No.	Client6 Seq No.	Client7 Seq No.	Client8 Seq No.	Client9 Seq No.	Client10 Seq No.						

Fig. 7 Systems Application Data Structure

각각의 하위 Client에서 수신된 데이터의 Seq No.는 Fig. 7과 같이 연산유니트에서 처리를 거쳐 해당위치에 데이터가 업데이트되어 송신된다. 하위 Client에서 송신된 Seq No.와 연산유니트에서 처리를 거쳐 송신한 데이터의 해당위치를 비교하여 처리를 하지 못하지 못한 데이터를 unprocessed로 정의하여 하위 client의 전체 송신 데이터의 횟수에서 처리하지 못한 횟수를 미처리률로 정의하고 백분율로 나타냈다.

하위 Client PC의 데이터와 유지보수장치로 송신하는 데이터를 분석하여 연산유니트에서의 미처리률을 분석한 결과 Fig. 8과 같이 Client PC의 증가는 미처리률의 증가함으로 나타난다. 미처리률의 증가는 하위 Client의 패킷 데이터와 유무선 스위치의 패킷 데이터를 분석한 결과 통신상의 오류에 의한 패킷로스나 패킷딜레이보다는 연산유니트의 통신 데이터를 처리하는 알고리즘에서 Client의 데이터 량의 증가에 의한 패킷간의 Interval감소를 올바르게 처리하지 못하는 문제가 있다. Interval의 감소는 패킷 데이터 수신버퍼에 한 개 이상의 패킷데이터가 존재하게 되는데 Application Program에서 수신버퍼에 존재하는 데이터를 한꺼번에 읽어 들이게 되고 이 데이터는 Application Program에서 데이터 오류로 판단하여 처리하지 않고 데이터를 폐기 시키는 문제가 발생한다. 또한 데이터를 처리하는 동안 수신되는 데이터가 한 개 이상일 경우에도 같은 문제가 발생한다.

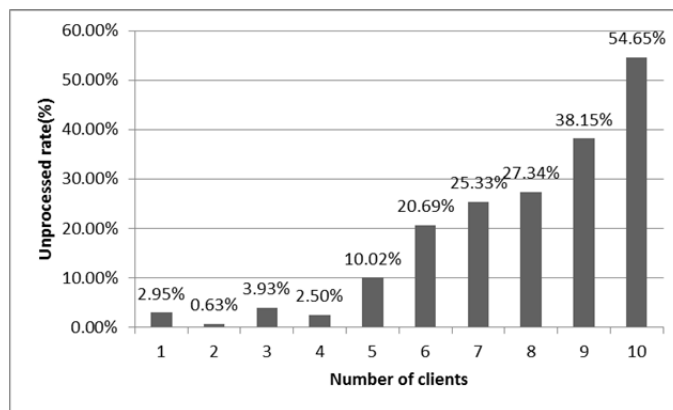


Fig. 8 System Equipment unprocessed rate

### 2.3 통신 알고리즘 분석

정보를 올바르게 처리하지 못하는 큰 이유 중 하나는 Client PC에서 송신하는 데이터 중 Application Program에서의 데이터가 정상적으로 오지 못하고 Application Program의 여러 데이터가 한 Frame으로 오는 경우가 있다. 이는 TCP 상태에서 정상적인 패킷이지만 Application Program에서 이 부분을 오류로 판단하여 처리하지 않음을 확인하였고 이에 대하여 추후 Application Program에서 연속적인 데이터가 한 프레임으로 오더라도 정상적으로 처리할 수 있도록 프로그램 알고리즘을 수정하여야 하고 또한 통신 Application Program에서 송신한 데이터가 정상적으로 수신됨을 확인한 후 다음데이터를 보내도록 알고리즘을 수정하여야 한다. 정보를 올바르게 처리하지 못하는 또 다른 이유는 유선 네트워크 상에서는 Application Program에서 데이터를 보내는 시간 간격인 30ms가 정상적으로 캡처데이터에서도 나타나지만 무선네트워크의 경우 유무선 스위치에서 데이터의 시간 간격이 30ms이하로 나타나는 경우도 발견하였다. 이는 정보를 처리하는 연산유니트에서 새로운 정보에 대한 처리를 하는 동안 다른 추가 정보가 연달아 오게 되었을 경우 처리하지 못하는 경우로 확인되었다. 따라서 연산유니트에서 데이터를 처리하는 동안에 수신된 데이터는 메모리를 이용하여 저장하고 정보를 처리하는 프로세서는 메모리의 데이터를 처리하는 것으로 알고리즘을 수정하여야 한다.

### 3. 결론

본 논문에서는 선로변유니트의 패킷 데이터 발생간격 및 연산유니트의 처리시간을 일정하게 가정하여 분석하였다. 분석 결과 데이터 처리 시스템의 처리 알고리즘에 따라 데이터를 올바르게 처리 하지 못하는 경우가 발생하며 이에 따른 알고리즘의 수정이 필요하다. 실제 설계 시 이벤트 발생 간격과 연산유니트의 처리시간을 정확히 측정할 필요가 있고 이에 따른 연산유니트당 처리할 수 있는 선로변유니트에 제한을 두어야 한다. 차후 네트워크 측정 장비를 이용하여 통신 데이터의 정확한 값을 측정하여야 하고 무선 통신 네트워크를 이용 시 발생할 수 있는 여러 변수에 대한 연구가 필요하고 시스템의 데이터 처리에 대한 알고리즘을 수정 보완할 필요가 있다.

### 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] Stefan Lugschitz (2014) New applications through axle counter communications over open networks, Frauscher Sensortechnik GmbH
- [3] James F. Kurose (2013) Computer networking: A Top-Down Approach 6<sup>th</sup> edition, Pearson Education Korea LTD, Korea, pp.430 – 444
- [4] Jochen H. Schiller (2008) Authorized translation of the English edition of Mobile Communications, 2<sup>nd</sup> Ed. HANBIT Media, Inc., Korea, pp.287 – 325

[5] Alberto Leon-Garcia (2008) Probability, Statistics, and Random Processes for Electrical Engineering, Pearson Education Korea LTD, Korea, pp.696 – 704