

루프검지기와 피에조 센서를 이용한 차량정보 수집 시스템 설계

(Design of Traffic Data Acquisition System with Loop Detector and Piezo-Electric Sensor)

한경호* · 양승훈

(Kyong - ho Han · Seung - hun Yang)

요 약

본 논문에서는 지능형 교통 시스템(ITS)의 기본 정보인 차량정보와 도로정보를 실시간으로 제공하기 위하여 루프 검지기와, 피에조 센서를 사용한 차량정보 수집 시스템의 설계를 다루었다. 루프검지기와 피에조 센서를 도로 차선마다 설치하고 프로세서와 입/출력 보드를 통하여 샘플링 주기에 의하여 센서의 신호를 읽어들이어 차량 및 교통 정보를 생성한다. 생성된 정보는 패킷형태로 만들어져 RS232C 직렬 통신과 모뎀을 통하여 원격에 있는 교통 관제 시스템으로 전송된다. 이를 위하여 EISA BUS규격의 32채널 입/출력 보드와 차량정보 수집 프로그램을 설계하고 시뮬레이션 시스템에서 확인하였다.

Abstract

This paper handles the design of a real time traffic data acquisition system using loop detector and piezo-electric sensor to acquire the vehicle information. EISA compatible parallel I/O interface card is designed to sample 30 I/O channels at variable rates for raw traffic data acquisition. The control software is designed to generate the traffic data informations from the raw data. The traffic data information provides vehicle length, speed, number of axles, etc. Vehicle types are detected and categorized into eleven types from the vehicle length, axles positions and axle counts information. The traffic information is formed into packet and transferred to the remote hosts through serial communications for ITS applications.

Key Words : Loop Detector, Piezo Sensor, Vehicle Information Acquisition, Traffic Information Acquisition

1. 서 론

본 논문에서는 루프 검지기와 피에조 센서를 이용

한 교통정보의 기초 데이터인 차량정보를 추출하는 시스템의 설계를 다루었다. 현대의 대도시에는 기하 급수적으로 증가하는 차량 수에 비하여 도로면적의 추가 확보는 더욱더 어려워지며 비용 또한 막대하다. 따라서 선진국에서는 도로의 신설과 함께 기존 도로의 효율적 이용과 교통흐름을 원활하게 하기 위한 지능형 교통 시스템 (Intelligent Transportation System: ITS) 을 도입하여 운영하고 있으며 우리나라도 일부

* 주저자 : 단국대학교 전기전자컴퓨터공학부 부교수
Tel : 02-709-2831, Fax : 02-793-1387
E-mail : kyonghan@dankook.ac.kr
접수일자 : 2002년 9월11일
1차심사 : 2002년 9월17일
심사완료 : 2002년10월22일

지역 및 고속도로, 국도 등에 도입하고 있다. 지능형 교통 시스템은 통과차량에 대한 개별정보 및 주기별 통과 차량에 대한 통계정보를 관제 센터에 제공하는 차량정보 수집 장치가 필수적인 요소가 된다. 본 연구에서는 PC 시스템을 기반으로 한 차량정보 수집장치와 제어 프로그램의 개발을 다루었으며 시뮬레이션 장치에 의하여 그 성능을 확인하였다. 본 연구를 통하여 설계된 시스템은 각 차선에 설치된 센서에 의하여 개별 차량의 길이, 속도, 통과대수, 차종 등의 차량 정보를 생성하고 이를 토대로 도로의 점유율, 차종 분포율 등의 도로정보를 생성하고 이를 원격의 관제 센터로 전송하도록 하였다.

2. 본 문

2.1 차량 기초정보 센서

차량의 기초정보를 수집하기 위하여 센서를 도로에 설치하여 통과하는 차량의 점유시간을 추출한다. 센서는 차량의 점유시간을 측정하는 센서(occupation sensor)와 차량축의 위치를 측정하는 센서(axle sensor)로 구성된다. 점유 센서로는 루프 검지기를 사용하였고 차축위치 센서는 피에조(piezo electric) 센서를 사용하였다. 루프 검지기는 도로 표면에 매입한 루프 코일에 발진신호를 인가하고 노면에 금속성 물체가 있을 경우 자장의 변화를 감지하여 차량의 점유 여부를 감지한다. 루프 검지기는 초음파, 영상 등의 방식에 비하여 도로 공사 시 절단에 취약하다는 단점 외에 가격이 매우 저렴하며 환경조건에 관계없이 안정적인 성능을 가지므로 차량 점유 센서로 가장 널리 사용하고 있다[1][2]. 루프 검지기는 차선 당 한 개 또는 한 쌍을 설치하며, 근접한 루프코일에서 유도되는 자장의 영향으로 인한 오류를 방지하기 위하여 서로 다른 주파수의 발진 파형을 사용하고 있다[3][4]. 차축의 위치를 검지하기 위한 피에조 센서는 세라믹형과 필름형이 있으며 센서 부분에 차륜이 통과하는 순간 센서에 압력이 가해지고 펄스가 발생한다. 이때 발생하는 펄스의 수 및 펄스간의 시간 차에 의하여 차축의 수 및 축간 거리를 알아낼 수 있다. 또한 피에조 센서의 전압펄스 크기는 차축의 압력

에 비례하므로 발생 펄스의 면적 및 크기에 의하여 이동중 중량 측정 (Weight In Motion: WIM) 기능도 부가적으로 구현할 수 있다[5]. 루프검지기와 피에조 센서를 조합하면 각 센서의 출력 파형으로부터 차량 정보 및 도로 정보를 추출할 수 있으며 표 1 에서 센서들로부터 추출하는 정보의 내용을 보인다.

표 1. 센서로부터 추출되는 기초정보
Table 1. Basic data from sensors

| 정 보 | 단 위 | 종 류 |
|--------|--------|------|
| 차 량 수 | [대] | 차량정보 |
| 차량속도 | [km/h] | 차량정보 |
| 차량길이 | [dm] | 차량정보 |
| 도로점유율 | [%] | 도로정보 |
| 차량간 시간 | [msec] | 차량정보 |
| 축간 거리 | [dm] | 차량정보 |

1[dm]=10[cm]

2.2. 차량정보의 추출

도로 표면에 루프 검지기와 피에조 센서를 설치하는데 두 가지 방법이 있으며 A, B 각각의 경우를 그림 1 에서 보이고 있다. A 경우에, 2개의 피에조 센서 P1, P2에 의하여 차량의 속도, 차축의 수에 대한 정보를 추출하며, 루프검지기 L1에서는 차량의 길이 정보를 추출한다. B의 경우에는 2개의 루프 검지기에서 차량의 속도, 차량의 길이 정보를 추출하며 피에조 센서에서는 차축 수에 대한 정보를 추출한다. 두 가지 경우 모두 유사하므로 본 논문에서는 설치 면적이 상대적으로 작은 A 경우를 다루었다.

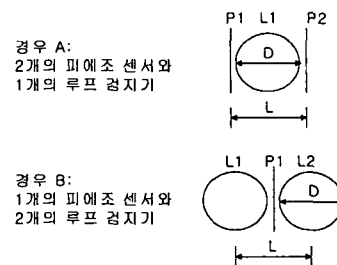


그림 1. 피에조센서와 루프검지기의 사용
Fig. 1. Usage of piezo sensor and loop detector

루프검지기 및 피에조 센서를 이용한 차량정보 수집 시스템 설계

각 차선마다 루프검지기 1개의 신호(L1), 피에조센서 2개의 센서신호(P1,P2)를 발생하며 10개의 차선을 다루기 위해 매 샘플링 주기마다 30개의 센서 신호를 동시에 읽어들이어 각 신호들의 시간 정보를 실시간으로 처리한다. 그림 2에서 이들 신호의 타이밍을 보인다.

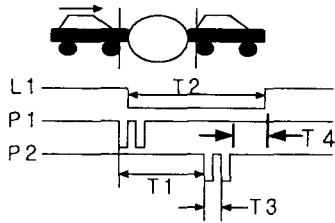


그림 2. 경우 A에서 차량통과시 피에조센서와 루프검지기 센서 타이밍
 Fig. 2. Case A: Signal timing from piezo sensor and loop detector during vehicle passage

루프 검지기는 평소에는 High 레벨을 유지하며 차량이 통과하는 동안 신호레벨을 Low로 유지한다. 루프 검지기의 출력이 Low를 유지하는 시간 T2는 차량의 전 범퍼부분이 루프에 들어오는 순간부터 차량의 후 범퍼 부분이 루프를 벗어나는 시간으로 이 동안의 차량의 이동 거리는 루프의 직경과 차량 길이의 합과 같다. 세 가지의 신호는 동일한 샘플링 클럭에 의하여 T1, T2, T3의 시간이 측정된다. 차량속도 V는 피에조 센서 P1과 P2 사이 거리 L을 통과하는 데 걸리는 시간으로 두 피에조 센서 사이의 거리 L을 통과하는 시간 T1으로 나눈 값이며 이는 식 (1)에서 간단히 구할 수 있다. 차량의 길이 LX는 차량이 속도 V로 루프 검지기 L1을 통과하는 데 걸리는 시간이 T2이므로 식 (2)에서 구할 수 있다. 차량의 오버행의 계산은 차량이 루프검지기에 점유되기 시작부터 피에조 센서에 전륜 축이 감지되기 시작하는 시간에 차량의 속도를 곱하여 식 (3) 과 같이 구할 수 있다. 이와 같이 추출한 차량의 길이, 차축의 수, 차축간의 길이 정보를 이용하여 차종을 분류할 수 있으며 차축에 연결된 차륜 수를 포함하여 분류하기도 한다. 표 2 에서 차종분류 기준을 보인다.

표 2. 차종분류 기준표
 Table 2. Vehicle Categorization Table

| 차종 | 차축수 | 축간 거리 | 차륜수 | 분 류 |
|----|-----|-----------|-----|-------|
| 1 | 2 | 2.8M 이하 | 4 | 승용차 |
| 2 | 2 | 2.8M-3.5M | 6 | 소형버스 |
| 3 | 2 | 3.5M-6.5M | 4/6 | 대형버스 |
| 4 | 2 | 3.5M 이하 | 4/6 | 소형트럭 |
| 5 | 2 | 3M-6M | 6 | 중형트럭 |
| 6 | 3 | 5M | 10 | 대형트럭A |
| 7 | 3 | 5M-8M | 10 | 대형트럭B |
| 8 | 4 | | 12 | 대형트럭C |
| 9 | 4 | | 14 | 대형트럭D |
| 10 | 5 | | 18 | 대형트럭E |
| 11 | 6 | | 22 | 대형트럭F |

$$V = L / T1 \quad (1)$$

$$LX + D = V \times T2 \quad (2)$$

$$LF = T4 \times V \quad (3)$$

- T1 : P1과 P2의 펄스 시간 차이
- T2 : 차량이 L1을 통과하는 시간
- T3 : 전, 후차축의 통과 시간 차이
- T4 : 차량진입시작부터 전륜축 검지사건 차이
- L : 피에조 센서 또는 루프 검지기 간격
- D : 루프 검지기의 직경
- V : 차량 속도
- LX : 차량의 길이
- LF : 차량 오버행의 길이

샘플링 주기는 센서신호들의 시간 측정 단위 값이며 차량속도, 길이 등의 차량 정보 값의 허용오차와 밀접한 관계를 갖는다. 따라서, 0.1[msec]의 샘플링주기를 사용한 데이터는 1[msec]의 샘플링주기를 사용한 경우보다 10배의 측정시간 정밀도를 가진다. 그러나, 한 샘플링 주기 이내에 30개의 센서 입력의 시간정보를 처리하여 교통정보를 생성하여야 하므로 샘플링 주기를 감소하면 데이터 연산처리 시한이 줄어들어 프로세서의 연산속도가 증가해야한다. 따라서, 시스템의 고속연산처리 프로세서를 사용하거나, 연산 알고리즘을 빠른 시간에 수행하여야 한다. 본 연구에서는 30개의 입력 신호를 병렬포트에 의하여 동시에 입력하고 입력신호를 32비트 고정 소수점 변수를 사용하여 연산처리 속도를 빠르게 하도록 하였다.

3. 차량정보 수집 시스템 설계

3.1 시스템 구조

시스템의 구성은 486급의 프로세서를 이용하였으며 EISA 버스 규격의 입/출력 보드를 설계하였다. 입, 출력 보드의 펄스 발생 부는 샘플링 주기마다 프로세서에 인터럽트 신호를 발생하며 이때, 프로세서는 입/출력 보드를 통하여 30개의 센서의 상태를 읽어 들인다. 센서의 상태가 High에서 Low 또는 Low에서 High로 변할 경우 그때의 시간 값을 각 센서에 할당된 변수에 저장하여 통과 차량에 대한 시간정보를 생성한다[6]. 생성된 시간 정보를 바탕으로 각 차량에 대한 속도, 길이, 차종 등의 차량정보와, 차량의 도로 점유율, 통과 차량 대수, 등의 도로 정보는 패킷 형태로 만들어져 RS232C 직렬 통신 프로토콜과 전용선 모뎀에 의하여 원격에 있는 교통관제 센터의 호스트에 전송한다. 그림 3에서 시스템의 구조도를 보인다.

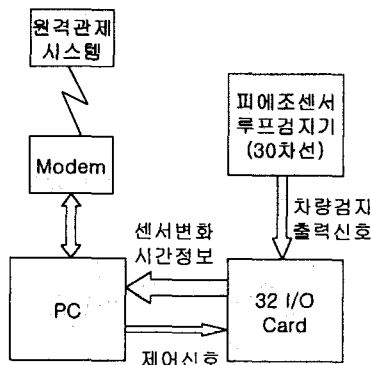


그림 3. 시스템 구조도
Fig. 3. System Block Diagram

3.2 센서 입/출력 보드의 설계

입/출력 보드는 EISA 버스에 의하여 PC에 연결되며 10개의 차선에 설치된 30개의 센서의 신호를 검출하는 32비트 입/출력 병렬 포트와, 펄스발생부, 디코더 부로 구성되며 그림 4에서 회로 블록도를 보인다. 펄스 발생 부는 10[MHz]의 오실레이터의 출력을 분주 회로에 의하여 10, 1, 0.1[Khz]의 샘플링 주파수

들을 만들어 IRQ 단자를 통하여 프로세서에 인터럽트 신호로 공급한다. 인터럽트 주기를 더 짧게 하면 샘플링 주기, 즉 각 센서의 측정 시간 주기가 짧아지며 결국 차량정보의 오차가 줄어들게 된다. 그러나 한 샘플링 주기 내에 30개의 센서 입력신호의 변화를 처리해하므로 프로세서의 처리시간이 짧아진다. 따라서 차량정보의 오차를 줄이기 위하여 인터럽트 주기를 줄이는데는 프로세서의 처리속도에 의하여 제한된다. 본 논문에서는 산업용 PC에 사용되는 486 프로세서를 사용하고 제어프로그램을 C로 작성하였으며 0.1[msec], 1[msec], 10[msec]의 인터럽트 주기에 대하여 시뮬레이션 실험을 실시하였으며 0.1[msec]의 인터럽트 주기를 사용하여도 10개 차선의 30개 센서 입력을 실시간 처리할 수 있었다. 입력 부는 8개의 입력 버퍼를 갖는 드라이버(74HC245)를 4개를 사용하였으며 입력제어 신호로 IN_SEL 신호를 디코더에서 발생한다. 출력부는 8개의 출력 버퍼를 갖는 버퍼(74HC573)를 4개를 사용하였으며 출력을 제어하는 신호로 OUT_SEL 신호를 역시 디코더에서 발생하도록 하였다. 본 실험에서 출력부는 사용하지 않지만, 루프검지기 및 피에조 센서의 프로세서의 리셋기능 등의 제어 신호에 사용될 수 있다. 입/출력 보드의 어드레스는 프로세서의 I/O MAP에 할당되었으며 16비트 I/O 어드레스를 사용하여 디코더(AT22V10)에서 입/출력 제어 신호를 발생하도록 하였다.

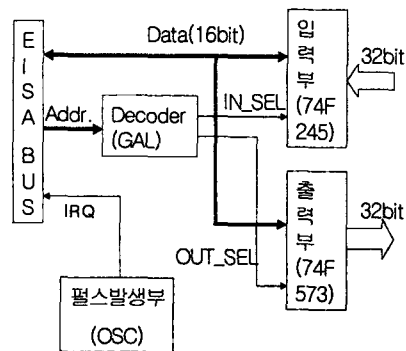


그림 4. 입/출력 보드 회로 블록도
Fig. 4. Block diagram of I/O board

3.3 제어 프로그램

시스템을 제어하는 프로그램은 C 언어를 사용하여 제작하였으며 이는 어셈블리 코드 보다 실행코드가 다소 늘어나지만 프로세서의 실행속도가 빠르므로 0.1[msec]의 샘플링주기에서 실시간으로 처리할 수 있으며 유지보수가 용이한 장점이 있다[7]. 제어 프로그램은 메인 루틴과 인터럽트 루틴으로 구성된다.

인터럽트 루틴은 샘플링 주기마다 발생하는 인터럽트 신호에 의하여 수행되며 입/출력 보드를 통하여 30개의 센서의 상태를 읽어 들여 이전 샘플링 주기 때의 센서 상태와 비교하여 그 상태가 다를 경우, 그 센서에 할당된 메모리에 변화한 순간의 시간 값을 기록한다. 또한 차량이 3개의 센서를 모두 통과하였는지를 검지하고 차량이 마지막 센서를 통과하였을 때에 그림 2의 시간정보 T1, T2, T3 값을 계산하여 저장한다. 이를 위하여 32개의 입력 버퍼를 동시에 읽어 들이고 각 센서에 해당하는 메모리에 차량의 변화가 탐지된 순간의 시간정보를 기록하는 과정이 한 샘플링 주기 이내에 완료되어야 한다.

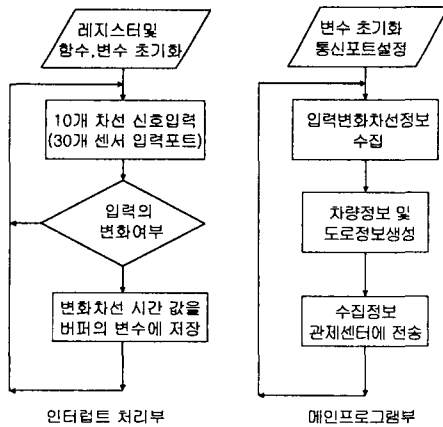


그림 5. 제어프로그램의 흐름도
Fig. 5. Flowchart of control program

메인 루틴은, 인터럽트 루틴에서 수집된 각 센서의 시간정보를 이용하여 통과 차량의 길이, 속도, 차축의 수 그리고 해당 차선을 통과한 차량의 수를 내용으로 하는 차량정보를 생성한다. 이러한 동작은 10개 차선에 대하여 동시에 차량이 통과하더라도 모두 실시간으로 수행되며 차량이 통과하는 차선에 대하여만 차

량정보를 발생한다. 또한 차량정보를 바탕으로 일정 주기마다 도로 점유율, 평균 차량속도, 평균 통과 차량수, 차선별 차종 분류 등의 도로교통정보를 생성한다.

3.4 원격 데이터 전송

생성된 각 차선에 대한 차량정보 및 도로교통정보는 패킷의 형태로 만들어지고 RS232C 프로토콜과 전용선 모델을 이용하여 원격의 관제소에 전송되어 도로 상황을 파악할 수 있도록 한다. 본 시스템은 주로 고속도로 및 순환도로, 국도 등의 차량 전용도로에 사용하도록 설계되었으며 수 [km] 마다 시스템이 하나씩 설치된다. 따라서 다수의 시스템이 통신선로를 공유하면 통신선로의 수를 줄일 수 있다. 이를 위하여 각 시스템마다 고유 ID를 부여하고 통신패킷에 ID를 부가하여 통신선로를 공유하도록 하였다. 데이터 전송은 관제 시스템이 시스템 ID와 함께 정보 전송 요청을 하면 지정된 시스템은 차량정보 및 도로교통 정보를 전송한다[8].

4. 시뮬레이션

4.1 시뮬레이션 장치

본 시스템의 입출력 보드와 제어 프로그램의 기능 시험을 위하여 모형 자동차와 원형 모형 도로를 사용하여 시뮬레이션 장치를 그림 6과 같이 자체 제작하였다. 모형 자동차의 길이는 9[cm]와 15[cm]의 두 가지를 사용하였으며 트랙은 타원형으로 장축이 60[cm]이고 단축이 45[cm]이며 모형 자동차는 건전지로 구동되어 트랙을 반복하여 회전하며 그림 6의 왼쪽에 위치한 차량 감지부분을 통과하도록 하였다. 트랙에서 차량 감지부분에 Photocoupler를 사용하여 실제 도로상에서의 루프검지기 와 피에조 센서의 기능을 대신하도록 하였다. 루프 검지기의 차량 점유 감지 기능을 하는 Photocoupler는 2개를 설치하고 모형 차량의 차체의 높이에 설치하여 차량이 통과하는 동안 펄스가 High에서 Low로 유지하도록 하였으며 설치 간격은 루프의 직경에 해당한다. 첫 번째 Photocoupler는 차량이 루프 검지기에 들어오는 순간을 탐지하고 두 번째 Photocoupler는 차량이 루프 검

지기를 빠져나가는 순간을 감지한다. 두 개의 Photocoupler의 출력을 AND 연산함으로써 도로상의 루프 검지기와 같은 파형을 발생하도록 제작하였다.

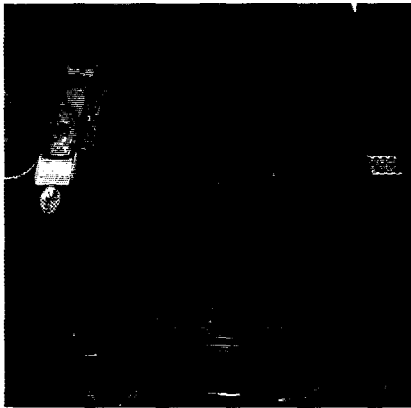


그림 6. 시뮬레이션장치의 사진
Fig. 6. Picture of simulation kit

2개의 피에조 센서의 차속 감지 기능을 위하여 루프 검지기 기능의 Photocoupler 전, 후에 각각 한 개의 Photocoupler를 설치하였다. 그리고 모형 차량의 상부에 차속에 해당하는 부분에 작은 돌출부를 만들어 Photocoupler의 광 출력을 차단하도록 하여 돌출부가 통과하는 순간 Photocoupler의 출력이 펄스를 발생하도록 하였다. 원형 모형 도로에서 계속 차량을 주행시키면서 본 시스템에 의하여 차량정보를 수집하는 동시에 디지털 오실로스코프를 이용하여 수집된 값을 비교하도록 하였다. 그림 7에서 Photocoupler A, B는 피에조 센서의 역할을 하며, C, D는 루프 검지기의 역할을 한다. 차량의 상단부 돌출부분이 차량의 차속과 같은 위치에 있고 이는 A, B에 의하여 검지 된다.

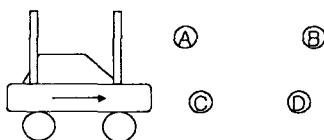


그림 7. 시뮬레이션장치 Photocoupler 위치
Fig. 7. Photocoupler location of simulation kit

4.2 시뮬레이션 결과

그림 6의 시뮬레이션 원형 도로에서 길이가 동일한 차량과, 길이가 다른 차량을 계속 주행시키며 본 연구에서 제작된 시스템의 입출력 보드에 연결하여 시뮬레이션을 실시하였다. 10개 차선을 시뮬레이션하기 위하여 1개의 차선의 입력 신호를 입력보드의 10개 차선에 대한 입력 신호로 연결하였다. 이 경우는 차량이 10개 차선에 동시에 지나가는 상황과 같은 조건이 되므로 실제 도로상에서 가장 차량이 많이 통과하는 조건이 되며 시스템에 가장 많은 처리 부담을 시뮬레이션을 실행하였다. 시뮬레이션에서 디지털 오실로스코프를 이용하여 센서의 출력 파형의 시간 차이를 측정하여 이를 계산식을 이용하여 계산한 값과 시스템에서 추출한 값과 비교하여 시스템의 성능을 평가하였다. 그림 8에서 10개의 차선에 대한 차량의 속도, 차량길이, 차축수, 축간 거리 정보에 대한 시뮬레이션 실험의 결과를 보이고 있으며, 오차는 2% 이하를 보였다. 시뮬레이션의 경우에는 샘플링 주기는 0.1[msec], 피에조 센서간의 거리가 10[cm]이며 차량의 주행속도가 53[cm/sec]인 경우 차량이 센서를 통과하는 동안 1880-1890개의 샘플링 주기가 걸리며 이는 0.5%의 편차 범위를 보인다. 실제 도로상에서는 루프 검지기 및 피에조 센서의 설치 거리가 70[cm] 정도 되므로 이 경우 차량이 통과하는 동안 시뮬레이션 경우보다 7배 많은 샘플링 주기가 걸린다. 그러나 샘플링 주기의 편차 수는 동일하며 따라서 편차로 인한 오차의 범위는 더욱 줄어든다. 따라서 실제 도로에 응용할 경우 오차가 더욱 줄어들 수 있다.

```

N02 LINE V=53[CM/S] L=90[MM] Axle =2 Axle_dist= 65[MM]
N03 LINE V=53[CM/S] L=90[MM] Axle =2 Axle_dist= 65[MM]
N04 LINE V=53[CM/S] L=91[MM] Axle =2 Axle_dist= 65[MM]
N05 LINE V=53[CM/S] L=91[MM] Axle =2 Axle_dist= 65[MM]
N06 LINE V=53[CM/S] L=90[MM] Axle =2 Axle_dist= 64[MM]
N07 LINE V=53[CM/S] L=90[MM] Axle =2 Axle_dist= 64[MM]
N08 LINE V=53[CM/S] L=90[MM] Axle =2 Axle_dist= 65[MM]
N09 LINE V=53[CM/S] L=91[MM] Axle =2 Axle_dist= 65[MM]
N10 LINE V=53[CM/S] L=91[MM] Axle =2 Axle_dist= 65[MM]
N11 LINE V=53[CM/S] L=91[MM] Axle =2 Axle_dist= 65[MM]
    
```

그림 8. 시뮬레이션 결과
Fig. 8. Simulation results

루프검지기과 피에조 센서를 이용한 차량정보 수집 시스템 설계

본 연구의 시뮬레이션 결과를 상용 시스템에 응용하여 도시 외곽 순환 고속도로에서 실험하였으며 표 3 에서 도로 현장에서 수집된 차량정보의 신뢰도의 결과를 보인다.

표 3. 현장 실험 시스템 평가 결과
Table 3. On Site System Evaluation Results

| 구 분 | 교 통 량 | | 속 도 | 점 유 율 |
|-----|-------|-------|-----|-------|
| | 1차로 | 2차로 | | |
| 신뢰도 | 97.5% | 97.2% | 98% | 97% |

현장 실험 방법은 시스템이 실장된 지점에서 시스템에 수집된 자료와 오실로스코프, VTR 그리고 실측에 의한 자료를 비교하여 분석, 평가하였다. 시스템은 차선마다 각 차량 당 속도, 차량길이, 점유시간, 교통량의 자료를 출력한다. 디지털 오실로스코프를 이용하여 각 차량마다 루프의 점유 신호의 시간을 1[msec] 샘플링 주기로 두 개의 루프사이의 시간 차이를 측정하여 차량의 실제 점유시간, 속도 및 차량의 길이를 계산하여 이를 시스템의 출력 정보와 비교한다. 차량의 대수는 실측에 의한 값과 시스템의 출력 값과 비교한다. VTR을 이용하여 주행차량을 녹화하고 이를 프레임 단위로 재생하여 한 프레임당 차량의 이동 거리로부터 속도를 계산하고 이를 시스템의 출력과 비교하여 평가하였다. 현장 실험결과, 수집된 차량정보의 정확도는 상용 시스템의 성능 기준인 95%이상을 만족하였다. 현장설치장치는 샘플링 시간이 1[msec]로 시뮬레이션의 경우의 0.1[msec]보다 10배의 길이를 가짐으로 시뮬레이션에서 예측보다 낮은 정밀도를 보였으며 이는 추후 상용 시스템에서 샘플링 주기를 0.1[msec]로 줄이면 보다 높은 정밀도를 달성하리라 본다.

5. 결 론

본 논문에서는 루프검지기과 피에조 센서를 사용하여 통과 차량 대수, 속도, 길이, 차축 수, 축간 거리 등의 기본 정보를 실시간으로 수집하는 시스템의 설계 및 개발을 다루었다. 이들 기본 정보는 차종분류, 평균속도 등의 도로 교통 정보를 생성하여 ITS의 기

본정보로 사용된다. 시스템은 0.1[msec]의 샘플링 주기로 10개 차선의 30개 센서 입력을 병렬로 실시간 처리하며 2% 이하의 오차를 가진다. 성능 시험은 시뮬레이션과 현장 실험을 통하여 확인하였다. 본 연구의 결과는 고속도로 및 국도등의 자동차 전용도로에 차량 정보 및 도로 정보 수집장치의 설계에 사용될 수 있다. 또한 차량의 축간 거리 및 축 수에 의한 차종 분류기술과 피에조 센서에 의한 이동중 중량 측정 (Weight In Motion: WIM) 기술도 조합하여 응용할 수 있어 교량, 고가도로 등에 교통정보와 함께, 도로 충격 감시 기능을 병행할 수 있다.

References

- (1) 장덕명, 박창수, 김영남, "루프식 검지기의 형태별 성능 비교 분석", 도로교통안전협회, 1994.8.
- (2) 이철기, 오용태, "자기 검지기 알고리즘 개발 및 평가", 대한교통학회지, 제16권 제3호, pp 101-111, 1994.8.
- (3) 이승환, 이철기, "실시간 교통신호제어를 위한 루프검지기 체계연구", 대한교통학회지, 제14권 제2호, pp 59-88, 1996.8.
- (4) 오용태, 이철기, "실시간신호제어를 위한 차량검지기 정보의 신뢰성 비교평가", 대한교통학회지, 제14권 제3호, pp.91-125, 1996.9.
- (5) 김재범, "센서회로 실험", 世和, 제2장, 2000.2.10.
- (6) 조순복, "제어 프로그래밍 ROM화 기법", 기한재, 1993.
- (7) 김석주, "C로 하드웨어 주무르기, 가메출판사, 1995.
- (8) Joe Campbell, "C Programmer's Guide to Serial Communications", 인포북, 1995.

◇ 저자소개 ◇

안 경 호 (韓敬浩)

1959년 6월 25일생. '82년 서울대 전자공학과 졸(학사). '84년 서울대 대학원 전자공학과 졸(석사). '92년 미 Texas A&M Univ. Dept. of EE 졸 (Ph.D). '84-'85년 삼성 휴렛팩커드(연구원). '85-'87년 한국전기통신공사 (전임연구원). '89-'92년 미 Texas A&M Univ. (Unix & Network Administrator). '92-'93년 한국전자통신연구소 이동통신연구단 (선임연구원). '93-'95년 단국대학교 공과대학 전기공학과 전임강사. '95-'99년 동대학 전기공학과 조교수. '99년 -현재 동대학 전기전자컴퓨터공학부 부교수.

양 승 훈 (梁承勳)

1973년 8월 14일생. '99년 단국대학교 공과대학 전기공학과 졸(학사). 2001년 단국대학교 대학원 전기공학과 졸 (석사).