1999년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 1999. 7.19-21

레이저를 이용한 교통 데이터 수집장치 개발에 관한 연구

문학룡* 최도혁 최대순 류승기 김영춘
한국건설기술연구원 토목연구부 첨단도로시스템연구그룹

A Study on the Development of Traffic Data Acquisition System Using Laser

Hak-Yong Moon*, Do-Hyuk Choi, Dae-Soon Choi, Seung-Ki Ryu, Young-Chun Kim
Korea Inst. of Const. Tech. Civil Eng. Div. Advanced Highway System Research Group

Abstract - In this paper, we propose an traffic data acquisition method and automatic vehicle classification system using laser,

We use a invisible laser to minimize measuring error caused by environmental variation. also we use radio frequency data communication and PCMCIA for operating convenience.

1. 서 론

고속도로, 일반국도 및 지방도는 도시 및 지역간 인적, 물적 수송의 중요기능을 담당하고 있다. 따라서 도로의 계획, 설계 및 운용을 최적화하기 위해서는 신뢰성 있는 도로 교통정보의 수집이 필수적이다. 교통정보의 수집 방식에는 고정식과 이동식 조사장비를 이용하고 있으며, 이는 도로 지면에 설치하여 정보를 검출하는 차량 접촉 방식이다. 즉, 루프, 피에조, 지자기 센서를 도로 면에 설치하여 교통정보를 수집하고 있으며, 이런 방식은 센서들을 도로에 직접 매설하므로 설치방식, 유지관리, Overlay 파손, 센서 성능 저하시의 보정 등 문제점이 발생한다. 따라서, 도로의 형태, 기후적인 요소 등 주변 환경에 영향이 적은 비접촉식의 레이저 방식을 도입할 필요가 있다[1].

본 논문에서는 레이저를 이용하여 교통 데이터 검출 방법과 이를 이용한 장치 개발에 관하여 연구하였다. 본 논문에서 제안한 레이저 검지기는 적외선 파장대의 비가시 반도체 레이저를 사용하여 기후 및 환경변화로 발생할 수 있는 교통 데이터의 측정오차를 최소화하도록 하였으며 취득 정보는 무선 데이터 통신 방식으로 데이터베이스에 적재되도록 구성하였다.

2.1 기존 검지기의 종류 및 장단점

가. 초단파 검지기(Microwave Detector)

초단파 검지기는 도플러 효과(Doppler effect)와 레이더의 원리를 이용하며 현재 과속 차량의 단속을 목적으로 많이 이용되고 있다. 주·야간 구분없이 작동이 가능한 특징이 있으나 검지기 주변의 전자 기기나 통신장비에 전자기 장애(Electromagnetic Interference : EMI)를 일으킬 수 있으므로 운용시 주의를 요한다[1].

나. 영상 검지기(Video Image Processor)

영상 검지기는 영상 처리기술을 이용하여 도로의 교통데이터를 측정하는 검지기로 인간의 눈과 같은 기능을 하는 카메라를 정보의 입력 수단으로 사용하기 때문에 기존의 루프 센서 뿐만 아니라 초음파나 초단파, 적외선 검지기의 성능보다 한 단계 앞선 시스템으로 차량의 검지 기능과 모니터링 기능을 동시에 수행할 수 있다. 영상 검지 시스템에서 카메라의 위치가 불량할 경우 인접 차선의 차량들에 의해 검지 시선이 차단될 수 있으며, 차량속도와 길이의 측정에 있어 오차가 커지게 된다[1].

다. 적외선 검지기(Infrared Detector)

적외선 검지기는 적외선 검지기는 검지 대상에 광선을 발사되어 되돌아오는 빛을 감지하여 검지 대상을 인식하는 방식의 능동형 검지기와, 검지 대상이 방출하는 에너지를 통해 검지 대상을 인식하는 방식의 수동형 검지기로 구분할 수 있다. 적외선 검지기도 영상 검지기와 마찬가지로 도로의 상공이나 노측에 설치, 운용된다. 특히, 능동형 적외선 검지기는 대기의 영향을 많이 받기 때문에 빛 에너지를 송수신하는 과정에서 산란현상이 자주 발생하며 태양광으로 인한 혼신이 야기되기도 한다. 또한 적외선 검지기에서 발사되는 빛 에너지는 연기나 먼지 등 오염 물질 뿐만 아니라 안개나 강우에도 매우 민감하며, 이러한 점이 적외선 검지기의 성능을 저하시키는 주요 원인으로 작용하고 있다[1].

라. WIM 센서(Weight-In-Motion Sensor)

WIM 센서는 도로 면에 설치되어 주행중인 차량의 중량, 속도, 차종 등의 교통 매개변수를 측정하는 검지기로 영상 검지기나 초단파 검지기, 적외선 검지기와 같은 비매설형(non-intrusive) 검지기들과는 달리 차량의 중량을 측정할 수 있는 유일한 검지기이다. 특히, WIM 센서는 차량의 중량을 정적인 상태가 아닌 주행중인 상태에서 측정하기 때문에 측정 정도가 센서 설치 지점의 도로 조건에 의해 영향을 많이 받게 된다. 이러한 점이 도로 조건에 의한 영향을 적게 받는 비매설형 검지기들과 크게 다른 점이라고 할 수 있다. 따라서 WIM 센서의 설치 지점은 종단 및 횡단 구배와 최소 곡선 반경, 포장 상태 등 제반 도로 조건이 양호하여야한다[1].

표 1. 차량 검지기별 특성

항 목	검 지 기 종 류				
	WIM 검지 시스템	영상 검지기	초단파 검지기	초음파 검지기	레이저 검지기
정 확 성	◎	○	○	○	○
시 장 성	○	○	○	○	○
경 제 성	△	○	△	△	△
간 편 성	×	◎	○	○	○
도로파손	×	◎	◎	◎	◎
환경요인	△	○	○	×	◎
기술난이도	○	◎	○	△	○
기술 활용도	○	○	○	○	◎

◎ : 아주 좋음, ○ : 좋음, △ : 중간, × : 나쁨

2.2 레이저의 특징

레이저는 유도방출에 의해 광을 발진시키거나 증폭시키는 장치 또는 이장치를 이용해서 만들어 낸 광을 총칭하며 크게 기체 레이저, 액체 레이저, 고체 레이저 등으로 구분한다. 보통광과 비교한 레이저광의 특징을 살펴보면 다음과 같은 특징을 갖는다[2][3].

(1) 간섭성(coherence)
(2) 단색성(monochromaticity
(3) 지향성(directionality)
(4) 고휘도(brightness)

2.3 레이저 출력에 따른 위험도

일반적으로 사용되고 있는 가시광선의 연속파 레이저를 대상으로 레이저 출력 등급에 따라 위험도를 열거하면 표 2와 같다[3].

표 2. 레이저의 등급에 따른 위험도

등급 (Class)	내용
1	0.9[㎼] 이하로 인체에 장해를 일으킬 가능성이 없다.
2	1[㎽] 이하로 짧은 시간의 조사로 인하여 상해를 입지는 않으며 장시간 연속적으로 눈에 조사하면 장해를 일으킨다. 소출력 레이저에 해당하며 피부에 장해가 없다.
3a	5[㎽] 이하로 육안으로는 안전하나 망원경 등을 이용하여 집광된 상태에서는 장해를 일으킬 수 있다. 직접 레이저광에 연속적으로 노출되면 위험하다. 등급 3a 이상의 레이저를 취급할 때는 보안경을 착용해야 한다.
3b	0.5[W] 이하로 파장 200~1[㎜]의 파장의 전자기파 스펙트럼에 해당하며 직접 레이저광에 비보호 상태에서 노출되거나 또는 반사면에서 나오는 반사광도 비 보호 상태에서 노출되면 매우 위험하다.
4	0.5[W] 이상으로 집광된 레이저광은 물론 확산반사광이라도 매우 위험하다. 또한 직접 레이저광에 의해 피부화상을 일으킬 수 있으며 화재의 위험성이 높아 세밀한 주의를 기울여야 한다. 레이저 가공에 사용되는 레이저는 이 등급의 레이저이고 레이저 광 자체뿐만 아니라 피 가공물에서 반사되는 빛도 위험함. 눈으로 감지가 안되는 파장영역이므로 더욱 위험하다.

본 논문에서 제안한 레이저 검지기는 운전자의 시각보호를 위해 등급 3a에 해당하는 5[mW]미만의 출력을 갖는 905[nm]파장의 레이저를 사용하였다.

2.4 레이저 검지기의 구성

가. 차량 검지 방법

그림 1은 본 논문에서 제안한 레이저 검지기에 사용한 차량 검지 방법을 타나낸 것이다.

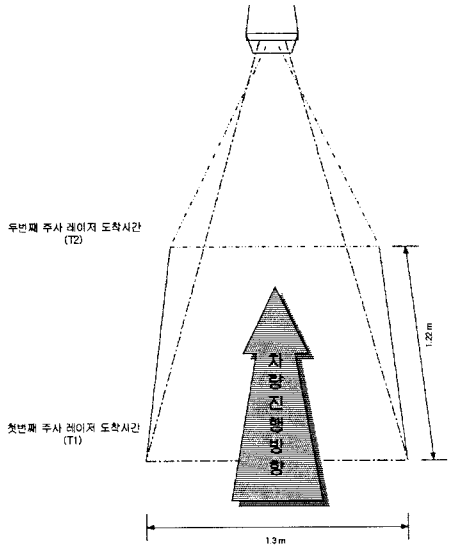

그림 1. 레이저를 이용한 교통 데이터 측정 방법

본 논문에서 제안한 레이저 검지기는 평상시 도로면을 향하여 수직으로 2개의 검지 레이저를 주사하게 되고 차량이 검지 영역으로 진입하면서 첫 번째 주사 레이저 광선을 통과한 후 두 번째 주사 레이저 통과시까지 소비된 시간을 측정하여 차량 통과속도를 계산하고 같은 방법으로 교통량, 차두시간, 차두간격 등의 교통 데이터를 계산하게 된다.

$$\text{속도} = \frac{T2 - T1}{d}$$

T1 : 첫 번째 검지 레이저 통과시간
T2 : 두 번재 검지 레이저 통과시간
d : 검지 레이저간 거리

나. 시스템 구성도

레이저 검지 시스템의 전체 구성도는 다음 그림 2와 같으며 각 차선별로 설치된 레이저 검지기로부터 취득된 데이터들이 무선 데이터 통신을 이용하여 데이터 수집장치로 전송된다.

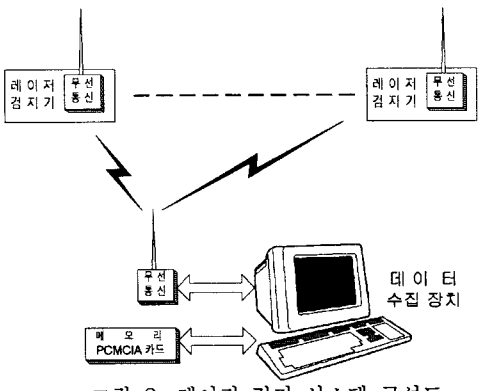

그림 2. 레이저 검지 시스템 구성도

제어기용 CPU는 시스템의 크기, 구성비용, 구현의 용이성을 고려하여 원칩 마이크로 프로세서(one-chip micro processor)인 인텔사의 80C196KC를 사용하여

설계하였다.

레이저 검지기의 제어기는 4[MB]의 flash memory를 사용하여 검지된 차량 데이터를 보관하며 데이터 수집장치는 PCMCIA memory 카드를 이용하여 교통 데이터를 수집하여 interface 및 보관의 편리를 도모하였다. 또한 RS-232포트 2개, RS-422 포트 1개를 통신 포트로 구성하였고 RS-232 포트 하나를 무선 통신 모듈로 구성하여 레이저 검지기의 설치가 용이하도록 하였다.

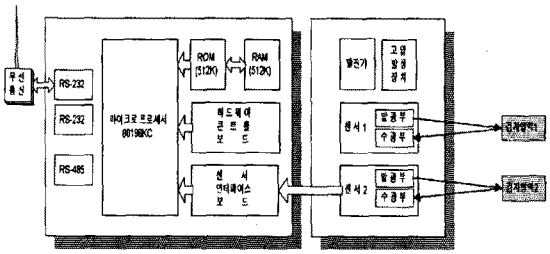

그림 3. 레이저 검지기의 구성도

그림 3은 레이저 검지기의 구성도를 나타낸 것으로 905[nm]의 파장을 갖는 pulse laser를 3[kHz]로 주사하여 차량의 존재 여부, 차량의 운행 속도, 교통량, 점유율, 차두간격 등의 교통 데이터를 산출하였다.

다. 소프트웨어의 구성

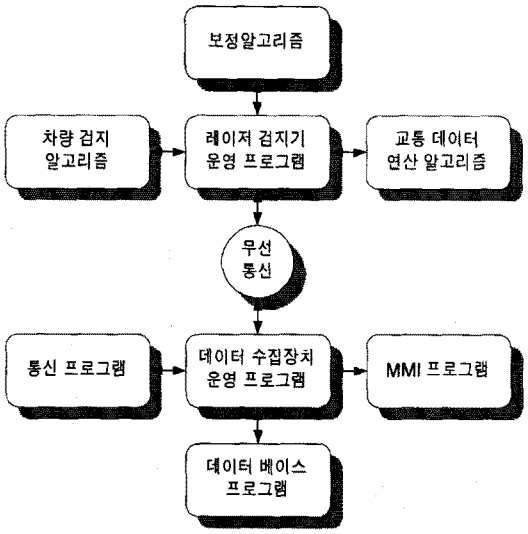

그림 4. 소프트웨어의 구성도

레이저 검지 시스템에 사용한 소프트웨어는 크게 레이저 검지기 운영 프로그램과 데이터 수집장치 운영 프로그램으로 구성되어 있다.

레이저 검지기 운영 프로그램은 차량검지 알고리즘, 교통 데이터 연산 알고리즘, 보정 알고리즘 그리고 무선 통신 프로그램으로 구성되어 있다. 데이터 수집장치 운영 프로그램은 데이터 베이스 프로그램, MMI 프로그램 그리고 통신프로그램으로 구성되어있다.

라. 검지기의 설치 위치

정확한 교통 자료를 취득하기 위해서는 검지기의 설치 위치가 대단히 중요하다. 검지기의 설치 위치가 좋지 못할 경우 인접 차선의 차량들에 의해 검지 시선이 차단될 수 있으며 속도와 차량 길이의 측정에 있어 오차가 커지게 된다.

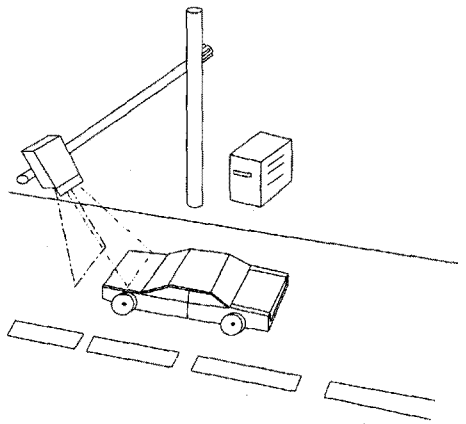

그림 5. 레이저 검지 시스템을 이용한 통행 차량 검지

그림 5는 레이저 검지 시스템의 설치 모습을 나타낸 것으로 검지기의 설치 위치는 다음과 같은 요인들을 고려하여 설치해야 한다.

(1) 검지기의 경사각
(2) 검지기의 설치 높이
(3) 도로에 대한 검지기의 위치

3. 결 론

본 논문에서는 도로의 기후 및 환경변화에 따른 영향이 적은 비매설형, 비접촉식 검지기인 레이저 검지기를 제안하였다.

본 논문에서 제안한 레이저 검지기는 비매설, 비접촉식으로 설치에 따른 도로의 파손이 없고 905[nm]의 파장을 갖는 비가시 레이저를 사용하여 기후 및 환경변화에 강인한 특성을 갖으며 무선 데이터 통신을 이용하여 설치를 용이하도록 하였다.

또한 국내 교통 시스템에서 연구가 활발하지 않은 레이저 기술을 적용하여 레이저 기술을 이용한 타 계측 시스템 개발에 적용 가능하도록 하였다.

본 논문에서 제안한 레이저 검지기를 응용하면 교량 관리를 위한 변위 계측 시스템, 통신 장치, 도로 표면 검사 시스템 등 다양한 분야에 적용 가능하리라 생각된다.

[참 고 문 헌]

[1] 한국건설기술연구원, 수도권 RTMS를 위한 검지 기술, 기술보고서, 제1권, 1997.
[2] 김병태, 레이저공학, 상학당, pp.28~33, 1997.
[3] 김기준 외 4인, 레이저 원리 및 활용,대영사, pp.10~13, pp.355~361, 1997.
[4] 서울대학교 광학연구회, 현대광학, 교문사, 1997.
[5] 레이저의 사용법과 유의점, 大竹祐吉, 전자자료사,1996.