# 交通流 計測 II

田 承 桓*

# A Measurement of Traffic Vehicles Flow by Spatial Filtering Method

Seung-Hwan Jun*

**Abstract**

It is important to measure the vehicle flow in controlling the traffic system. This report deals with a traffic flow measurement system using the differential spatial filters. This system can measure the velocity, the length and height profile of the vehicle.

The detector is located above the traffic lane. This provides the system with the following advantages : one is that each lane can be monitored without an influence of the other lanes, the other is that the system construction is simple and can be set easily.

## 1. 서론

도로교통의 효과적인 이용 및 관리를 위해서는 정확한 교통상황의 파악이 필요하다. 이 때문에 교통량, 차속도, 차종류 등의 정보가 필요하지만, 차종류 식별에 관해서는 현재 이렇다할 뚜렷한 방법이 없는 실정이다. CCD 카메라를 이용한 방법이 있기는 하지만, 지금의 하드웨어 기술로는 신호처리시간이 많이 걸리므로 실시간 계측은 거의 불가능하다. 최근, 국외에서 고속으로 달리는 자동차을 도로상방에 설치된 여러개의 센서로 감지하여 차량번호를 식별하는 시스템을 개발하였다. 그러나 이방식은 설치비용이 매우 많이 들어 상용화하기에는 어려운 실정이다.

한편, 초음파를 이용한 공간필터법에 의해 도로측면에서 차속도를 측정하고, 차속과 센서배치 등을 근거로 차길이를 측정하므로써 차량종류를 개괄적으로 식별할 수 있는 수법을 보고한 바 있다.[1] 그러나 이 방법의 경우, 초음파가 가지고 있는 고유의 문제점

* 한국해양대학교 해사수송과학부

즉, 초음파는 공중에서의 도파감쇠현상이 커므로 큰 출력을 필요로 한다는 점과 강풍에는 파가 흩러가 버린다는 점 및 차선이 복수인 장소에서는 적용하기 곤란하다는 점 등의 단점이 있다.

본 연구에서는 광학계를 이용, 교통흐름을 도로상방에서 관측하여 차속도, 차길이 및 차높이 패턴을 검출하고, 이들 정보를 근거로 하여 차량종류를 실시간 식별하는 종합적인 시스템을 개발하고자 한다.

계측계의 구성은 다음과 같다. 일정거리 떨어진 2곳에 각각 광학계를 설치하고 자동차를 도로 상방향에서 관측한다. 광학계의 결상면에는 모두 4組의 차분형 공간필터를 설치한다. 차분형 공간필터는 2장의 가늘고 긴 태양전지로 구성되어 있다. 광학적 공간필터에 관한 연구는 이미 여러방면에서 확립되어 있으며,[2)-5)] 장치구성이 비교적 간단하다는 것이 장점이다. 이들 중 2조는 수직하방을 관측하도록 하여, 차속과 차길이 검출에 이용한다. 다른 2조는 수직하방에 대해 각$\theta$ 만큼 떨어진 곳을 관측하도록 하여 수직하방을 향한 것과 함께 3조가 차높이 검출에 이용된다.

자동차가 2곳에 설치된 광학계의 수직하를 통과할 때의 시간차에 의해 차속이 검출되고, 차속과 신호지속시간과의 곱에 의해 차길이가 검출된다. 또한, 관측방향에 따른 펄스간의 시간간격은 대상부위의 높이에 따라 서로 다른 것을 이용하여 차의 높이패턴이 검출된다. 차의 높이는 도로측면에서 측정하는 것이 용이할 것이라 생각될 수 있겠지만, 차선이 복수인 장소를 고려할 때 도로상방에서의 관측으로 차의 높이패턴을 검출해 내는 것이 본 방법의 특징이라 할 수 있다. 아울러 光을 이용한 계측계이지만 특별한 조명장치를 필요치 않는 것도 장점이라 할 수 있다.

## 2. 계측원리

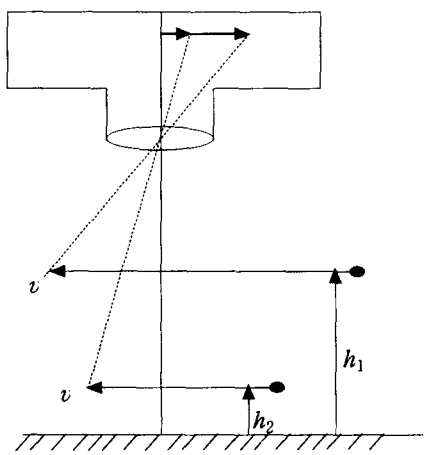



Fig. 1 광학계에 의한 점광원의 관측

Fig. 1과 같이 광학계를 설치하고, 그 아래에 2개의 점광원이 높이 $h_1$, $h_2$로 지면과 평행하게 운동하고 있다고 하자. 점광원의 속도가 일정한 경우, 광원의 높이가 낮을수록 점광원 像의 겉보기 속도는 작아진다. 즉, 결상되는 점광원 상의 겉보기 속도는 점광원의 높이에 따라 변하므로, 여기에 착목하면 높이의 정보를 얻을 수 있다. 이하 본 방식을 이용한 계측원리에 관해 설명하기로 한다.

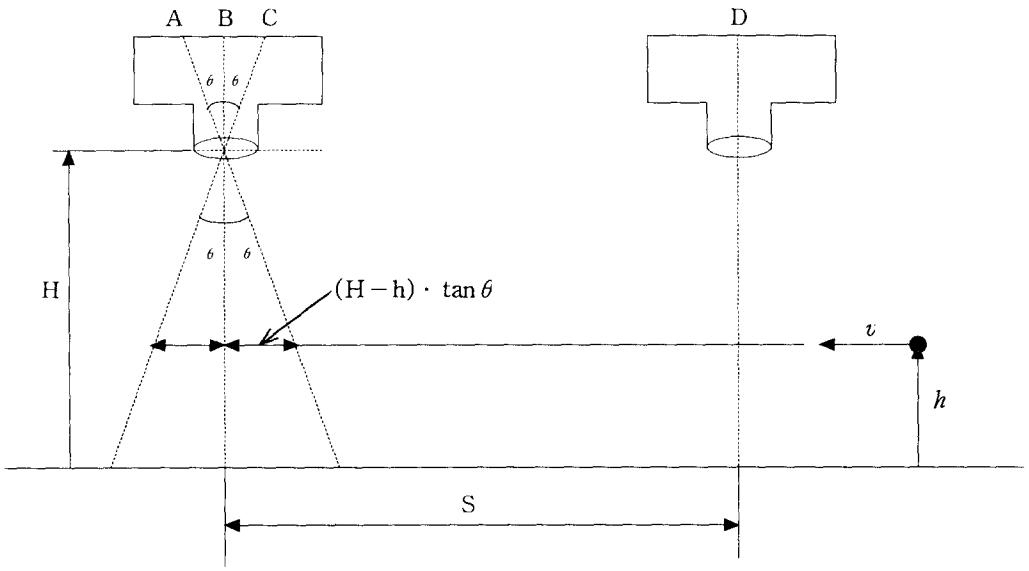



**Fig. 2 계측계의 원리**

Fig. 2와 같이 2개의 광학계를 거리 S 간격으로 수직하방을 향하도록 설치한다. A, B, C, D는 광전센서이고, B, D는 각각 광학계의 축상에 설치하고, A, C는 광축에 대해 각 $\theta$ 만큼 떨어진 곳에 설치하며 서로 대칭이 되도록 한다. 렌즈 중심에서 지면까지의 거리를 H, 지면에서 높이 h인 곳을 점광원이 속도 V로 운동한다고 하면, 점광원의 상이 DB, AB, BC 사이를 통과하는데 걸리는 시간을 $\tau_{DB}$, $\tau_{AB}$, $\tau_{BC}$라 할 때, 다음 식이 성립한다.

$$V \cdot \tau_{DB} = S \qquad \text{---------- (1)}$$

$$V \cdot \tau_{AB} = V \cdot \tau_{BC} = (H-h) \cdot \tan\theta \qquad \text{---------- (2)}$$

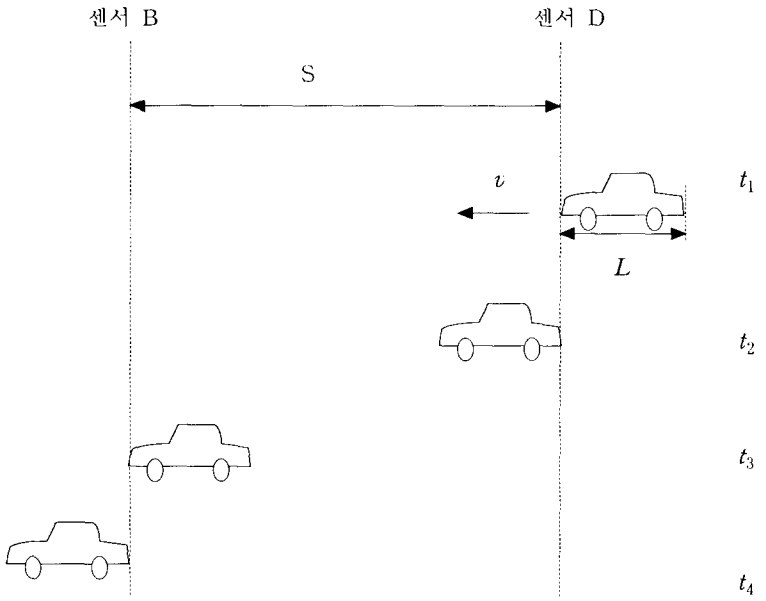
(1)식과 (2)식을 정리하면 다음과 같다.

$$V = \frac{S}{\tau_{DB}} \qquad \text{---------- (3)}$$

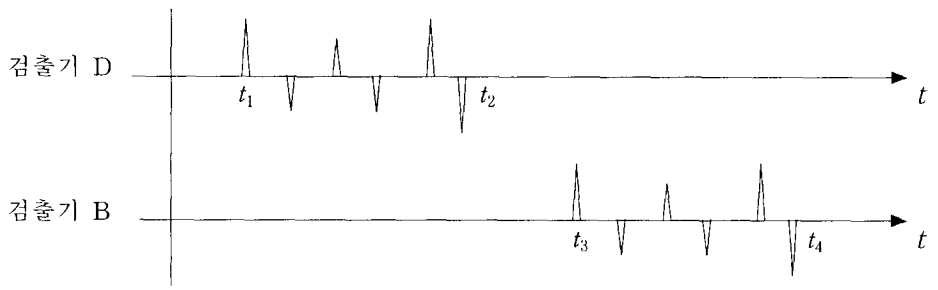
$$h = H - \frac{V \cdot \tau_{AB}}{\tan\theta} = H - \frac{V \cdot \tau_{BC}}{\tan\theta} \qquad \text{---------- (4)}$$

즉, $\tau_{DB}$를 측정하여 속도 V를 구하고, 또 $\tau_{AB}$ 또는 $\tau_{BC}$를 측정하고 속도 V를 이용하여 h를 구할 수 있다. 실제에는 점광원이 아닌 자동차가 통과하지만, 차의 특정부위에 대한 위의 각 파라메터가 관측된다면, 속도 V와 높이 h를 구할 수 있다.

다음으로, Fig. 3을 이용하여 이상의 원리에 의한 차속도, 차길이 및 차높이패턴 측정에 관해 설명하기로 한다.




(a) 공간영역




(b) 시간영역

Fig. 3 속도와 길이 계측을 위한 자동화 통과시각 계측

길이 L의 자동차가 센서 D, B 수직 아래를 통과하는 경우, Fig. 3에 보이듯이 시각 $t_1, t_2, t_3, t_4$ 를 측정한다. 차가 등속도 운동을 하고 있으면, $t_2 - t_1 = t_4 - t_3$ 가 되어 계는 간단해 진다. 그러나 가속도 운동을 하고 있을 경우에는 $t_2 - t_1 \neq t_4 - t_3$ 가 되어 4개의 파라메터를 측정하여야 가속도 보정이 가능해진다.

t = 0 일 때의 차속을 $V_o$, 등가속도가 a인 운동을 가정한다면 다음 식이 성립한다.

$$\begin{bmatrix} t_3 - t_1 & t_3^2 - t_1^2 \\ t_4 - t_2 & t_4^2 - t_2^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_o \\ \frac{a}{2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S \\ S \end{bmatrix} \qquad \text{----------(5)}$$

$V_o$, a 를 구하면 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} V_o \\ a \end{bmatrix} = \frac{S}{t_4 - t_3 + t_2 - t_1} \begin{bmatrix} \frac{t_4 + t_2}{t_3 - t_1} & -\frac{t_3 + t_1}{t_4 - t_2} \\ -\frac{2}{t_3 - t_1} & \frac{2}{t_4 - t_2} \end{bmatrix} \qquad \text{----------(6)}$$

$t = t_3$ 일 때의 속도 V를 대표속도로 하면, V 는 다음과 같이 구해진다.

$$V = \frac{S}{t_4 - t_3 + t_2 - t_1} \cdot \left( \frac{t_4 - 2t_3 + t_2}{t_3 - t_1} + \frac{t_3 - t_1}{t_4 - 2} \right) \qquad \text{----------(7)}$$

아울러, 차길이 L 은 (8)식에 의해 구해진다.

$$\begin{aligned} L &= V \cdot (t_4 - t_3) + \frac{1}{2} a \cdot (t_4 - t_3)^2 \\ &= \frac{(t_4 + t_3 - t_2 - t_1)}{(t_4 - t_3 + t_2 - t_1)} \cdot \frac{(t_4 - t_3)(t_2 - t_1)}{(t_4 - t_2)(t_3 - t_1)} \end{aligned} \qquad \text{----------(8)}$$

가속도를 가진 운동에 대해서는 등속운동을 하는 것처럼 시간축을 조절하면 신호처리가 간단해지므로, 다음과 같이 시간축처리를 하기로 한다.

$$t' = \frac{\int_0^t V dt}{V_o} = t + \frac{1}{2} \cdot \frac{a}{V_o} t^2 \qquad \text{----------(9)}$$

이렇게 하므로써 가속도 운동에 대해서도 (1)~(4)식의 원리로 계측 알고리듬을 전개할 수 있다.

## 3. 결론 및 연구과제

복수의 차선이 있는 일반도로를 고려하여, 도로의 측면이 아닌 도로상방에서 차분형 공간필터법을 이용하여 교통흐름을 계측하므로써 차속도와 차길이계측 및 차높이 패턴을 측정하는 방법을 제시하였다. 본 계측계는 구성이 간단하여 실시간 계측이 가능하고 설치가 용이하므로 실용화의 가능성이 매우 커다고 할 수 있다.

앞으로의 연구과제로써, 측정오차에 관한 검토 및 계측장치를 구성하여 실험을 통한 본 방식의 정량적 평가 등의 문제가 남아있다.

## 참고문헌


1. 田承桓, 交通流計測 I, 韓國航海學會誌 第20卷 2號 (1996)
2. 山捕, "パ°タ-ン계측용空間フィルタ檢出器", 光技術コンタクト, Vol.26, No.1 (1988)
3. 山捕富雄, "可變型空間フィルタ檢出器のwalsh Hadamard變換機能を用いた形狀計測", 電氣學會研究會資料-産業計測制御合同研究會, IM-89-10 (1989)
4. Y.AMARI, I.MASUDA, "Velocity Sense Detection Based on the Spatial Filter Method", IEEE Tr. on INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT, Vol.39, No.4 (1990)
5. T.Akai, "Measurement of Congestion using Variable Spatial Filtering Detector with Multi-Valued Weighting Function", Proc. of 11th SENSOR SYMPOSIUM, 253-256 (1992)