

동영상을 이용한 주행차량속도 산정

Estimation of Vehicle Traveling Speed Using Moving Image

이종출¹⁾ · 장호식²⁾ · 강상민³⁾ · 박규열⁴⁾

Lee, Jong Chool · Jang, Ho Sik · Kang, Sang Min · Park, Kyu Yeul

¹⁾ 부경대학교 공과대학 건설공학부 교수 공학박사(E-mail:jclee@pknu.ac.kr)

²⁾ 부경대학교 대학원 토목공학과 박사수료(E-mail:gpsjhs@mail1.pknu.ac.kr)

³⁾ 부경대학교 대학원 토목공학과 석사과정(E-mail:civilsm@mail1.pknu.ac.kr)

⁴⁾ 부경대학교 대학원 토목공학과 석사과정(E-mail:cromel@mail1.pknu.ac.kr)

요 지(Abtract)

Design speed which plays an important role at the time of an alignment determination of the road would be a key index judged for a safety at the vehicle driving on the road. In Korea, as seen through a lot of documents, the vehicle driving speed is much faster compared with the design speed. The vehicle driving speed is an important element to get to know the vehicle driving characteristics. However, it is not easy to obtain the vehicle driving speed relating to vehicles' consecutive movements just merely through the presently used methods of vehicle driving speed.

In consequence, this study has conducted photographing vehicle movements by use of digital moving images. Based on digital moving images pictured, we have obtained a certain time interval frame and extracted out vehicles' coordinates and calculated vehicle speed from the firstly rectified image and the secondly rectified image. We could obtain comparatively exact results in the calculation of vehicle driving speed as errors of about 4%, as a result of comparison and verification of vehicle speed calculated from the digital moving images and the speed obtained from DGPS.

1. 서 론

도로의 선형 결정시 중요한 부분을 차지하는 설계속도는 도로주행시 안전을 판단하는 주요 지표가 된다. 우리나라의 경우 많은 문헌에서 알 수 있듯이 설계속도에 비해 주행속도가 빠른 것으로 나타나고 있다. 주행속도는 차량의 주행특성을 파악하기 위해 중요한 요소이다. 주행속도를 산정하기 위해 여러 가지 방법이 제시되고 있다. 그 중 스피드건을 이용하는 방법, 차량에 직접 탑승하여 산정하는 방법, 영상을 이용하는 방법, 재래식 측정 방법, 루프검지기를 이용하는 방법 등이 있으며, 대개 루프 검지기 또는 스피드 건을 많이 이용하고 있다.

그러나, 이러한 방법들은 단지 정해진 구간에서의 주행차량의 순간적인 속도는 얻을 수 있으나, 주행 중인 차량의 연속적인 주행속도를 얻기가 어렵다. 최재성 등이 우리나라 일반국도의 화물차 성능 곡선 산출식 정립(1994)에 관하여 연구하였으며, 유경수 등은 오르막차선 설치기준 및 운영방안 평가(2001)에 관하여 연구하였으나, 주행 중인 차량에 대한 연속적인 속도가 산정되지는 않았다. 따라서 본 연구에서는 수치 동영상으로부터 주행차량에 대한 연속적인 속도를 산정함으로써, 향후 대형차의 오르막차로 성능 곡선 분석에 기여하고자 한다.

2. 수치영상 및 DGPS 이론

2.1 CCD 영상의 특성

CCD는 1960년대 후반에 벨 연구소의 과학자에 의해서 발명되었다. 원래 CCD는 Computer 기억회로의 새로운 형태로 생각되었지만, 곧 빛에 대한 실리콘의 민감도 때문에 영상자료수집을 포함한 다른 여러 분야에 적용성이 있는 것으로 나타났다. CCD 매트릭스는 현재 자료 수집하는데 사용되는 디지털 카메라의 가장 중요한 부분이다(Schenk, 1996).

2.1.1 CCD 영상의 표현

영상은 수평 및 수직으로 설정된 2개의 좌표축 x 와 y 에 의해 표현되는 2차원 정보를 가리킨다. 2개의 변수로 나타내는 위치에서의 밝기를 농담값을 나타내면 다음 식 (1)과 같다.

$$f(x, y) = g \quad (1)$$

영상정보를 입력할 경우 그 관측계 및 주위 환경의 영향을 받으므로 입력 검출기의 수광 소자가 받는 빛의 양으로서 농도값 g 의 연속치로 주어지는 영상을 아날로그 영상이라 한다. 아날로그영상의 대표적인 것을 렌즈계에 의해 광학적으로 영상을 취급하는 분야이다. 수치영상은 어떤 주기에서 격자로 구획을 나누고, 각 교점에서 이산적 위치를 이산적 농도값으로 표현하는 영상이다.

즉, 영상의 각 지점(x, y)의 광강도를 전류로 바꾸어 화상을 표본화하고, 그것을 디지털 숫자로 바꾸는 정량화 과정을 통하여 수치영상을 얻는다. 연속영상 $f(x, y)$ 을 등간격으로 샘플링하여 $N \times N$ 배열의 형태로 정량화시킨다면 식(2)와 같은 행렬이 된다.

$$f(X, Y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \dots & f(N-1,N-1) \end{bmatrix} \quad (2)$$

프레임 한 개의 화상은 $N \times N$ 개의 화소로 구성되고, N 은 대체로 $N=2^n$ (n 은 정수)이 되도록 정한다. g 를 농담값으로 하면 $N=2^m$ 가 되는 자연수를 농담값의 최대값이 되도록 한다. 여기서 m 은 농담값을 나타내는 비트의 수가 되며 보통 8비트이다. 따라서 농담값은 $(0 \sim 2^m) - 1$ 범위의 자연수로서 나타낸다. 8비트 수치로 나타내면 $0 \sim 255$ 가 농담값을 나타내는 범위가 된다. 이러한 수치영상의 화소들의 이산적인 표현을 행렬로 나타내면 그림 1과 같다(KRAUS, 1997. W.K., 1991).

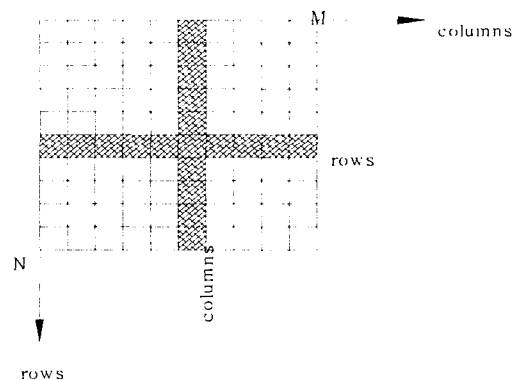


그림 1. 수치영상의 이산적인 표현

2.1.2 CCD 영상의 취득원리

대상물에서 반사된 빛은 CCD 사진기의 렌즈에 의해 연속신호로 수집되고 CCD 센서가 강도를 감지함으로써 수집된 빛은 아날로그 전압신호로 전달된다. 이 신호가 A/D변환자에 의해 수치정보로 변환이 이루어지는데, 관측목적에 위하여 이 강도는 전형적으로 0~255범위의 밝기값으로 변환된다(Karara, 1979). 일반적으로 CCD 사진기를 이용하여 수치영상을 얻기 위해서는 컴퓨터 영상보드의 프레임포착기가 그림 2와 같이 A/D변환을 수행하며 모니터에 영상을 출력한다.

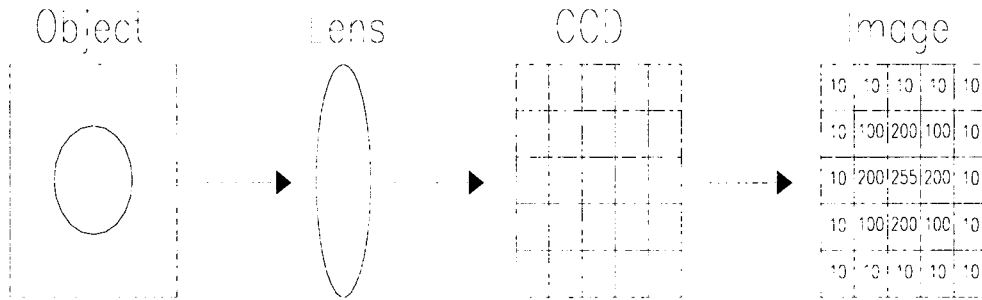


그림 2. CCD 카메라 영상 획득 원리

2.2 편위수정

편위수정은 거의 수직사진에서 사진기의 경사에 의한 편위(또는 경사와 축척변화)를 조정하여 엄밀수직사진으로 수정하는 작업을 말한다. 편위수정의 원리는 그림 3에서 III평면에 있는 ABCD를 촬영하여 음화필름(I면)상에 abcd의 상이 맺혔다고 하면, 촬영사진기를 편위수정기의 투영사진기를 이용하여 촬영시의 경사상태를 재현시킨다. 이 결과 평면 III에 평행한 평면 II를 얻음으로써 원래의 도형 ABCD에 상사한 A'B'C'D'로 나타나는 엄밀 수직사진이 됨을 의미한다.

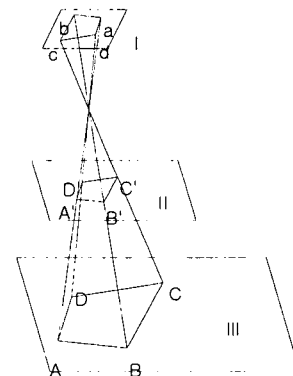


그림 3. 편위수정의 원리

2.3 DGPS(Differential GPS)

근접한 두 개의 GPS 수신기가 같은 위성으로부터 신호를 받아 자신의 위치를 계산할 때 각 수신기의 고유오차와 더불어 공통적인 오차가 있는데, 이 중 오차를 제거하여 보다 정확하게 위치측정을 한다는 것이 DGPS의 기본 개념이다. 이 과정을 단계적으로 설명하면 아래와 같다.

- (1) 위성의 관측성이 좋은 열린 공간상에 정확하게 측지하여 기준국(reference station) 역할을 할 GPS 수신기를 설치한 후, GPS 위성에서 신호를 받아 수신기로 계산된 위치를 자신의 위치와 비교하여 보정오차(differential correction error)를 계산한다.
- (2) 계산된 보정오차를 주변의 사용자 수신기에 일정한 형식에 맞추어 전송한다.
- (3) 사용자는 자신의 수신기에서 계산된 위치값에 수신된 보정오차를 적용하여 두 수신기 간의 공통 오차를 제거함으로써, 단독 GPS의 경우보다 정확한 위치를 계산한다.

3. 실험 및 결과분석

3.1 실험대상지역 및 장비제원

실험대상지역은 60km/hr로 속도제한이 있는 비교적 교통류의 영향을 적게 받는 도로의 일부구간을 선택하였다. 관측시스템은 그림 3과 같이 부경대학교 내에 있는 기지점에 먼저 기지국을 설치하고, 그림 4와 같이 이동국은 차량에 일체식으로 탑재하여 대상도로구간을 주행하면서, 3차원 자료를 1초 간격으로 취득하였으며, 관측장비의 제원은 표 2와 같다.

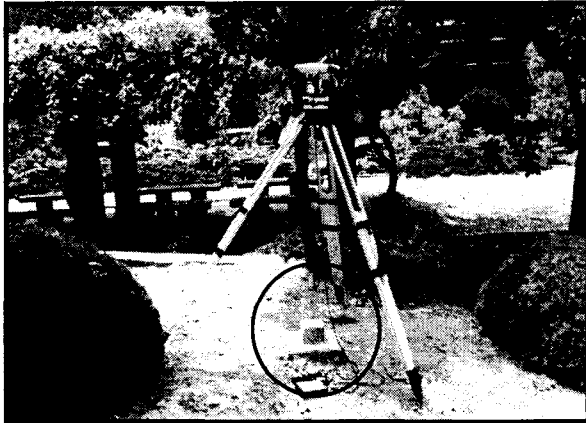


그림 4. 기지국의 모습

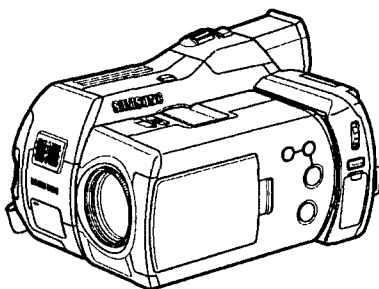


그림 5. 이동국의 모습

표 1. GPS장비의 제원

| Characteristics | Receiver | Antenna |
|------------------|--|---------|
| Type | Legary(JAVAD) | LegAnt |
| Tracking Channel | 40 L1 channels 20 L1/L2 channels GPS/GLONASS | |
| Signals Tracked | L1/L2 C/A and P-code and Carrier phase | |
| Accuracy | Horizontal Static 3mm+1ppm (×D) for dual frequency Rapid static 5mm+1ppm (×D) fo Single frequency kinematic 10mm+1.5ppm (×D) for dual frequency RTK (H) 10mm+1.5ppm (×D) for dual frequency (V) 20mm+1.5ppm (×D) for dual frequency | |

이동국을 촬영하기 위한 장비는 삼성 디지털 비디오 카메라 VM-C5000을 사용하였으며, 제원은 다음과 같다.



방송방식 : NTSC 방식
 CCD (Charge Coupled Device) : 68만 화소
 디지털카메라 유효화소수 : 413만 화소
 F1.4 10x(광학), 800x(디지털) 전동 줌 렌즈

3.2 결과 및 분석

그림 6에서 (a)와 (c)는 60km/hr로 주행시 첫 번째 정지영상과 두 번째 정지영상을 보여주고 있으며, (b)와 (d)는 각각의 정지영상에 대한 편위수정된 영상을 보여주고 있다. 편위수정된 영상에서 대상차량에 대한 2차원 좌표를 취득하여 시간-거리의 관계로부터 속도를 산출한 결과는 표 2와 같다.

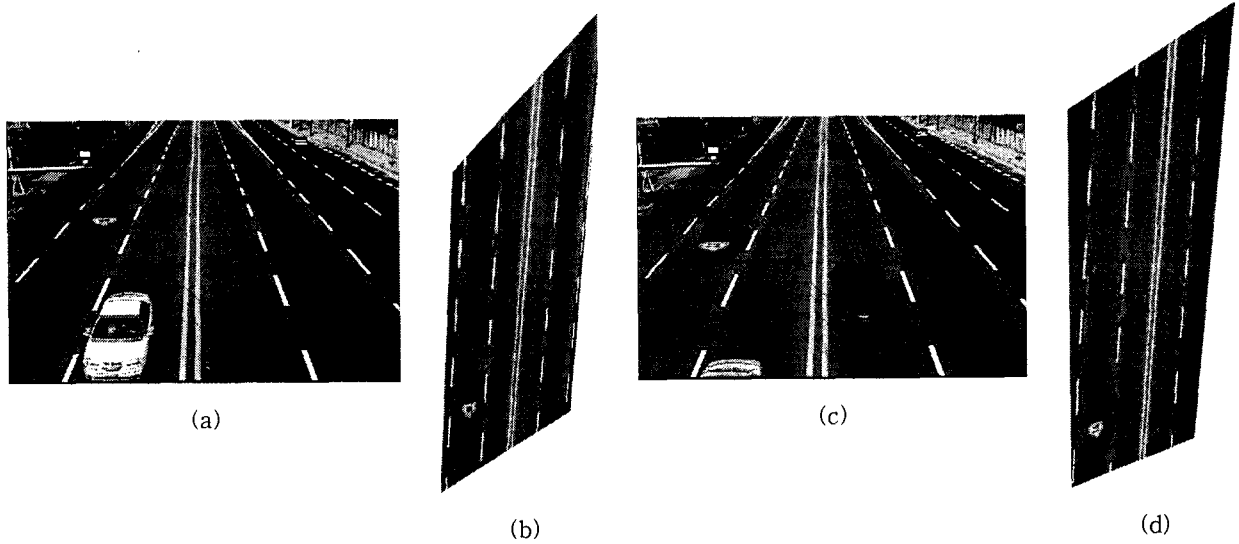


그림 6. 정지영상((a), (c))과 편위수정된 영상((b), (d))

표 2. 60km/hr 주행시 영상과 DPGS로부터 추출된 주행속도

| 좌 표 | | 영상속도 (km/hr) | DGPS속도 (km/hr) | 오차 (%) |
|---------|--------|-----------------|-------------------|-----------|
| x(m) | y(m) | | | |
| -15.991 | 27.574 | 61.249 | 59.157 | 3.400 |
| -16.823 | 21.964 | 60.404 | 58.234 | 3.726 |
| -17.287 | 16.390 | 62.273 | 59.907 | 3.949 |
| -17.642 | 10.635 | 61.970 | 59.789 | 3.648 |
| -18.144 | 4.919 | | | |

그림 7에서 PDOP이 1.5~2.5사이의 값을 가지고, 위성수 또한 7~9개로써 본 연구에서 위성으로부터 취득한 자료는 양호한 상태임을 알 수 있다.

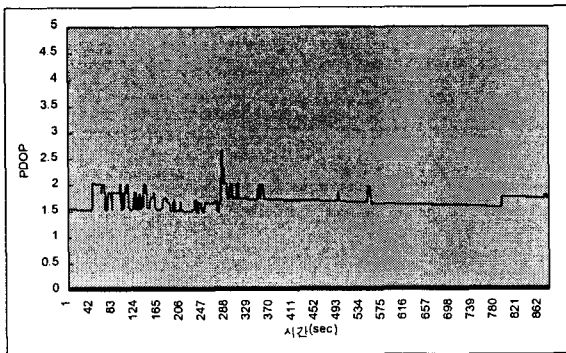


그림 7. 시간대별 PDOP

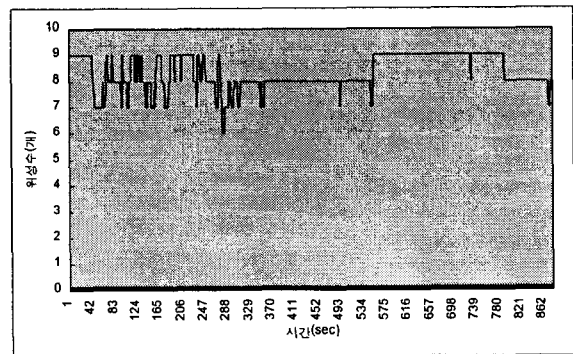


그림 8. 시간대별 위성수

4. 결 론

본 연구에서는 수치 동영상을 이용하여 자동차의 주행속도를 산정하여, DGPS에 의한 결과와 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 동영상으로부터 일정한 시간간격의 프레임을 얻을 수 있었고, 정지영상을 편위수정하여 차량의 2차원 위치를 얻을 수 있었다.
2. 수치영상에 의해 산정된 주행속도와 DGPS에 의해 산정된 주행속도를 비교한 결과 오차는 약 4%로써 현재 사용되고 있는 속도 감지기의 오차허용범위 5%보다 작은 것을 알 수 있었고, DGPS 실험결과 PDOP은 1.5~2.5, 위성수는 7~9개로 양호한 상태임을 알 수 있었다.
3. 향후 우리나라 대형차량의 성능곡선 분석에 이용될 것으로 판단된다.

참고문헌

- 유경수, 장명순 (1994), 오르막차선 설치기준 및 운영방안 평가, 대한교통학회지, 제 12권, 제 1호, pp. 151-172
- 최재성, 김영록 (2001), 우리나라 일반국도의 화물차 성능 곡선 산출식 정립, 대한교통학회지, 제 19권, 제 6호, pp.119-129
- T. Schenk (1996), Concept in Digital Photogrammetry
- Prof. Dr. Karl KRAUS (1997), PHOTOGRAMMETRY I, II, 4th edition
- Pratt, W.K. (1991), Digital Image Processing, 2nd ed, Wiley Interscience, pp.447~662
- H.M. Karara (1979), Hand Book of Non-Topographic Photogrammetry, A, S, P, pp.29~38, pp.75~96