

모바일매핑시스템을 이용한 거리표 자동 추출에 관한 연구

Automatic Extraction of Kilometer Posts using a Mobile Mapping System

정재승^{1)*}, 정동훈²⁾, 김병국³⁾, 성정곤⁴⁾

Jae-Seung Jeong, Dong-Hoon Jeong, Byung-Guk Kim, Jung-Gon Sung

인하대학교 공과대학 지리정보공학과 석사과정¹⁾

kompsat@inhaian.net

대한지적공사 지적연구원 사회과학연구팀 책임연구원²⁾

gisjeong@kcsc.co.kr

인하대학교 공과대학 지리정보공학과 교수³⁾

byungkim@inha.ac.kr

한국건설기술연구원 도로연구부 책임연구원⁴⁾

jgsung@kict.re.kr

요 약

모바일매핑시스템은 차량에 CCD카메라, GPS·IMU등의 장비를 탑재하고 도로 및 주변 지역의 영상을 획득하여 지도제작 및 도로·도로시설물의 유지관리를 위한 시스템이다. 그러나 모바일매핑시스템의 자료는 자료의 양이 방대하여 지도제작 및 시설물 관리에 사용되기 위해서는 일차적인 가공이나 편집이 필요하다. 모바일매핑시스템은 대상물의 위치 및 영상정보를 획득할 수 있는 효율적인 시스템으로 도로 시설물의 유지·관리, 수치지도의 갱신 등 여러 분야에서 활용되고 있다. 이러한 모바일매핑시스템은 CCD 카메라 영상과 차량의 위치 및 자세정보를 제공하게 되고 이는 영상안의 객체에 대한 위치정보를 제공하는데 중요한 역할을 한다. 그러므로 본 연구에서는 모바일매핑시스템을 이용하여 영상내부에 나타난 거리표의 3차원 위치를 결정하고자 한다. 또 도로관리통합시스템의 핵심 키가 되는 거리표의 3차원 정보를 자동으로 추출함으로써 모바일매핑시스템의 방대한 정보를 효율적으로 처리하기 위한 방법을 알아볼 것이다.

1. 서론

모바일매핑시스템의 자료는 지도 제작 및 시설물 관리에 비용적·시간적으로 용이한 자료이지만 자료의 방대함으로 인해 지도제작 및 시설물 관리에 바로 투입되는 것은 힘든 실정이다. 그 예로 일반국도를 관리하기 위해서 만들어진 도로관리통합시스템(Integrated Highway Management System, HMS)의 경우 전국의 국도를 대

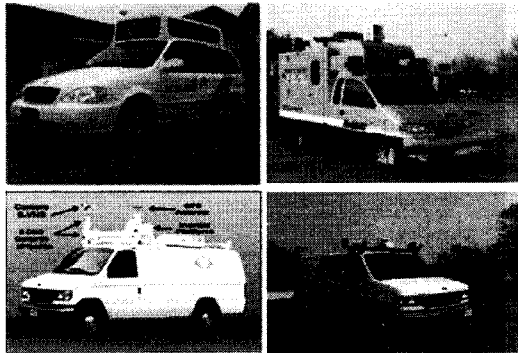
상으로 도로의 선형정보 및 도로 상태에 대한 영상정보를 취득하고 있다. 그러나 도로시설물 및 중요 기점 등의 정보는 차량을 운행하면서 각 정보들을 수작업으로 입력하고 있다. 이러한 수동 입력 방식은 입력된 자료의 정확도나 정밀도면에서 좋은 예는 아니다. 그러므로 본 연구에서는 모바일매핑시스템에서 얻어진 도로의 영상을 이용하여 영상처리 기법으로 도로관리통합시스템에서 기준이 되는 거리표(표

지판)를 추출하고, GPS-INS에서 얻어진 위치·자세 정보를 이용하여 거리표의 위치 정보를 자동으로 얻는데 목적이 있다. 표지판 위치 정보 획득 시스템이 실제로 도로 관리에 적용된다면, 도로 관리의 효율성이 증가되고 자료 처리에 있어서 효율적 것이다.

2. 연구 내용 및 방법

2.1 모바일매핑시스템

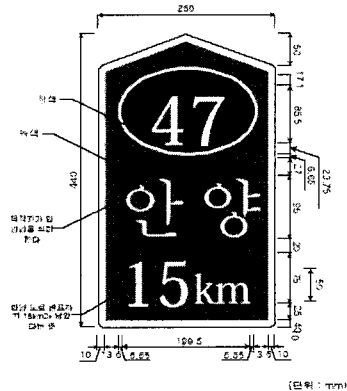
모바일매핑시스템은 차량에 영상을 획득하기 위한 CCD카메라, 위치 및 자세정보 제공을 위한 GPS/IMU, 차량의 주행거리를 산출하기 위한 DMI 등의 장비를 장착하고, 도로 및 도로시설물에 대한 영상 및 위치정보를 획득하기 위한 장치이다.



<그림 1> 모바일매핑시스템

2.2 거리표

거리표는 도로 관리자 및 도로 이용자에게 도로의 특정 지점에 대한 위치를 파악할 수 있도록 하기 위해서 설치한 표지를 말한다. 거리표는 도로 관리자가 도로 시설물의 위치를 파악하기 편리하도록 기준이 되는 도로시설물이며, 운전자가 자신의 위치를 파악하고 목적지까지의 거리를 파악하는 기준이 되는 위치정보를 제공하는 시설물이다.



<그림 2> 거리표

2.3 거리표 추출 및 3차원 좌표 산출

본 연구의 최종적인 목표는 거리표를 자동으로 추출하여 GPS-IMU 통합 자료를 이용하여 거리표의 3차원 위치정보를 자동으로 얻는 것이다. <그림 3>은 거리표의 3차원 위치정보를 얻기 위한 과정을 나타낸 것이고, 영상처리기법을 이용하여 도로안전성조사분석차량의 전방카메라로 촬영된 영상에서 거리표의 영상 중심점을 획득하고, GPS-IMU 통합 자료와 센서들간의 위치 및 자세정보를 이용하여 거리표의 3차원 위치정보를 획득할 수 있다.



<그림 3> 연구의 흐름도

3. 시스템 개요

3.1 도로안전성조사분석차량

한국건설기술연구원에서 개발중인 도로 안전성조사분석차량에는 도로 선형 분석 및 각종 센서 통합의 기준이 되는 GPS/INS 통합시스템을 기준으로 전방 수직사진 측량을 위한 CCD카메라, 차선추출을 위한 측하방 CCD 카메라, 대기 및 노면 온도 측정을 위한 시스템, 노면 거침도인 IRI(International Roughness Index) 및 소형변형(Rutting)을 분석할 수 있는 노면평탄성 측정장비, 도로의 정밀한 데이터 취득을 위한 고정식 레이저, 이동 중 도로 시설물의 정보를 취득할 수 있는 회전식 레이저 등 각종 센서 및 장비를 장착하고 있다.



<그림 4> 도로안전성조사분석차량

3.2 CCD카메라

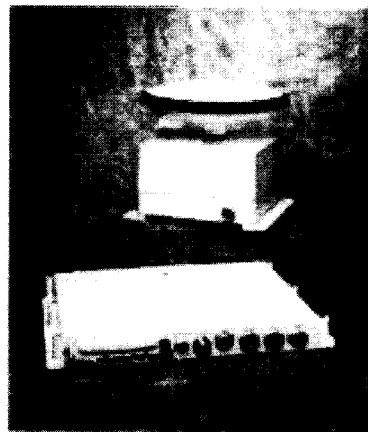
도로안전성조사분석차량(RoSSAV)은 도로의 안전성을 조사하고 분석하기 위한 시스템이기 때문에 도로의 현상을 정확하고 빠르게 취득하여야 한다. 또한 취득한 영상을 이용하여 도로의 형상이나 도로시설물의 위치정보도 추출하여야 하기 때문에 고해상도, 고선명도의 CCD 카메라가 필요하다. 본 연구에서 사용된 CCD카메라는 JAI사의 CV-M7+ CL로 RGB 우선 칼라 모자이크 필터를 사용하는 순차스캔(Progressive Scan)방식의 고해상도 칼라 IT-CCD 카메라이다.

<표 1> CV-M7+ CL의 사양

항목	내용
카메라	칼라 CCD
영상 크기	1380 × 1030(pixel)
셀 크기	6.45 μ m × 6.45 μ m
유효 칩 크기	8.90mm × 8.90mm
렌즈	12mm 단초점 렌즈
수평 시야각	40.7°
수직 시야각	30.9°

3.3 BDS(Black Diamond System)

본 연구에서 모바일매핑시스템의 위치 및 자세정보를 획득하기 위하여 BDS(Black Diamond System)라는 시스템을 사용한다. BDS시스템은 모바일매핑시스템의 위치 및 자세를 결정하기 위한 장비로써, BDS시스템은 GPS(Global Positioning System)수신기, 센서(Sensor), 컨트롤러(controller) 그리고 후처리 소프트웨어(Post Processing Software)로 구성되어 있다.



<그림 5> BDS

3.4 시스템 구현 환경

본 연구에서 개발된 거리표 자동추출시스템은 모바일매핑시스템에서 획득된 영상에서 거리표를 추출하고 GPS/IMU자료를 이용하여 거리표의 실세계 좌표를 계산하는 후처리소프트웨어이다. 이 시스템의 구현 환경은 <표 2>과 같다.

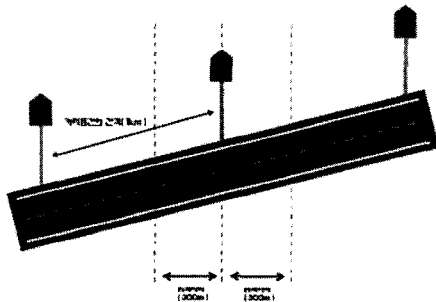
<표 2> 시스템 구현 환경

구분	사양
CPU	Intel Pentium4 2.6GHz
RAM	1.0GB
OS	Windows 2000 Professional
Tool	Visual C++ 6.0

4. 시스템 구현

4.1 탐색구간 설정

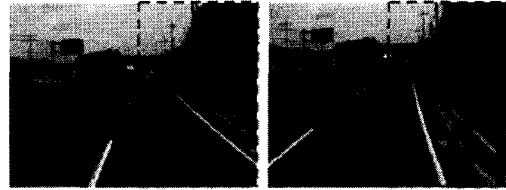
본 연구에서 관심대상이 되는 거리표는 일반국도에 1km마다 설치되어 있는 도로 시설물이므로 <그림 6>과 같이 거리표가 설치되어 있을만한 지역을 거리를 이용하여 사전에 선정(거리표 설치지점을 기준으로 앞뒤로 300m)하였다. 이것은 영상을 선택적으로 탐색하여 영상의 처리에 속도 향상과 탐색 정확도 증가를 위함이다.



<그림 6> 탐색구간 설정

4.2 탐색영역 설정

거리표는 도로의 우측편에 설치되어 있고, 도로안전성조사분석차량의 전방카메라의 경우 좌우측의 영상에서 거리표를 동시에 보일때 공간전방회회법으로 대상체의 3차원 좌표를 얻을 수 있으므로, <그림 7>과 같이 영상의 중심점을 기준으로 우측편만을 탐색 지역으로 설정하였다.



<그림 7> 탐색영역 설정

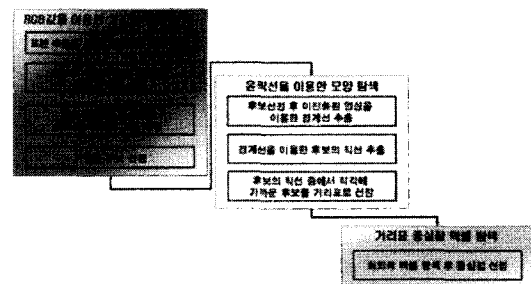
4.3 영상좌표 보정

본 연구에서 사용된 광학카메라의 특성상 렌즈의 왜곡으로 인하여 발생하는 왜곡에 대한 보정을 실시하였다. 좌측과 우측 영상에서 관측된 점 j 의 영상좌표를 각각 $(x_{1j}, y_{1j}), (x_{2j}, y_{2j})$ 라고 하면 렌즈왜곡이 보정된 좌표 $(x_{1j}^L, y_{1j}^L), (x_{2j}^L, y_{2j}^L)$ 은 식(1)과 같이 계산한다.

$$\begin{aligned}
 x'_{Lj} &= x_{Lj} \left(1 - \frac{\Delta r_{Lj}}{r_{Lj}}\right) - x_{Lp} = x_{Lj} (1 - k_{L1} r_{Lj}^2 - k_{L2} r_{Lj}^4 - k_{L3} r_{Lj}^6) - x_{Lp} \\
 y'_{Lj} &= y_{Lj} \left(1 - \frac{\Delta r_{Lj}}{r_{Lj}}\right) - y_{Lp} = y_{Lj} (1 - k_{L1} r_{Lj}^2 - k_{L2} r_{Lj}^4 - k_{L3} r_{Lj}^6) - y_{Lp} \\
 x'_{Rj} &= x_{Rj} \left(1 - \frac{\Delta r_{Rj}}{r_{Rj}}\right) - x_{Rp} = x_{Rj} (1 - k_{R1} r_{Rj}^2 - k_{R2} r_{Rj}^4 - k_{R3} r_{Rj}^6) - x_{Rp} \\
 y'_{Rj} &= y_{Rj} \left(1 - \frac{\Delta r_{Rj}}{r_{Rj}}\right) - y_{Rp} = y_{Rj} (1 - k_{R1} r_{Rj}^2 - k_{R2} r_{Rj}^4 - k_{R3} r_{Rj}^6) - y_{Rp}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

이때 $x_{Lp}, y_{Lp}, k_{L1}, k_{L2}, k_{L3}$ 는 좌측 영상을 촬영한 카메라의 주점위치와 렌즈의 방사왜곡계수를 나타낸 것이고 $x_{Rp}, y_{Rp}, k_{R1}, k_{R2}, k_{R3}$ 는 우측 영상에 대한 것이다. 이러한 카메라 주점 위치 및 렌즈의 방사왜곡계수는 카메라 검교정에 의해 얻어지는 값으로, 본 논문에서는 3D 타겟을 이용한 self-calibration 방법을 통하여 얻어진 값을 사용하였다.

4.4 거리표 중심점 자동 추출



<그림 8> 거리표 중심점 자동 추출과정

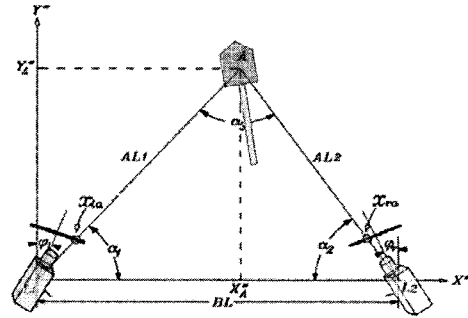
도로안전성조사분석차량의 전방카메라로 촬영된 거리표의 경우 RGB색상영역이 21, 68, 79 정도로 나타낸다. 이러한 색상영역은 조명이나 촬영 당시의 환경에 따라 영향을 받게 되지만, 실험적인 결과로 보았을때 큰 차이는 나타나지 않았다. 그러므로 본 연구에서는 실험적으로 얻어진 RGB 색상영역에서 각 영역별로 오차한계값을 R(±20), G/B(±30) 정도의 값을 주어 후보군을 추출한다. 이때 거리표의 색상이 비슷하다고 여겨지는 부분의 픽셀들을 그룹화하여 후보 픽셀의 크기를 크게 하여 후보 선정시 좀 더 많은 픽셀들을 이용하였다.

선정된 거리표 후보중에서 거리표의 기하구조에 적합한 표지판을 추출하기 위하여 윤곽선을 이용하여 거리표를 추출하게 되는데, 윤곽선 추출 연산자를 이용하여 후보들의 최외곽선을 추출하고, 추출된 외곽선의 선형구조를 이용하여 거리표의 하단부(하단부 픽셀들의 직각형태의 구조)의 모양이 거리표와 일치하는 영역의 픽셀을 거리표로 간주하였다.

최종적으로 추출된 거리표 픽셀들의 중앙을 중심점으로 설정하게 되는데 최상단과 최하단, 제일 우측과 제일 좌측의 픽셀들의 중심을 최종적으로 추출된 거리표의 중심점으로 설정하게 된다.

4.4 3차원 위치결정기법

본 연구에서는 거리표의 3차원 좌표를 계산하기 위해서 공간전방교회법을 사용하였다. 공간전방교회법은 정해진 카메라 외부표정요소와 객체와 좌우 카메라가 이루는 촬영기선의 거리를 계산하여 객체의 3차원 위치를 구하는 방법이다. 이 방법은 삼각형의 내각과 카메라로부터 객체까지의 거리를 계산한 뒤 이 결과를 이용해 객체의 3차원 위치를 결정하게 된다(식2,3).



<그림 9> 공간전방교회법

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 90^\circ + \phi_1 - \tan^{-1}\left(\frac{x_{1a}}{f}\right) \\ \alpha_2 &= 90^\circ - \phi_1 + \tan^{-1}\left(\frac{x_{1b}}{f}\right) \\ \alpha_3 &= 180^\circ - \alpha_1 - \alpha_2 \end{aligned} \quad \text{식(2)}$$

$$\begin{aligned} AL_1 &= BL \cdot \frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_3} \\ AL_2 &= BL \cdot \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_A &= \frac{AL_1 \cdot \cos \alpha_1 + BL - AL_2 \cdot \cos \alpha_2}{2} \\ Y_A &= \frac{AL_1 \cdot \sin \alpha_1 + AL_2 \cdot \sin \alpha_2}{2} \\ Z_A &= \frac{y_{1a} + y_{1b}}{2} \cdot \frac{Y_A}{f} \end{aligned} \quad \text{식(3)}$$

5. 실험 및 분석

5.1 거리표 추출 실험

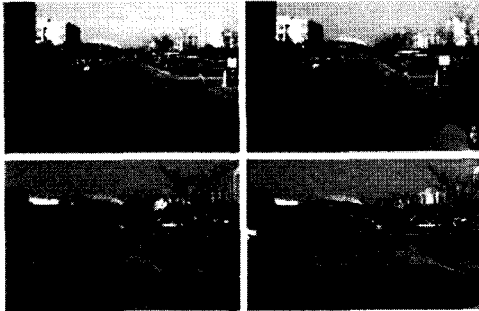
본 연구에서 구현된 거리표 자동추출시스템의 성능을 테스트 하기위해서 한국건설기술연구원구내에 거리표를 설치하고 구현된 시스템의 실행여부를 테스트해 보았다. 자세한 실험 환경은 다음의 <표 3>과 같다.

<표 3> 거리표 추출 실험 환경

촬영장소	한국건설기술연구원
촬영일시	2007년 2월 20일
거리표 설치 개수	2개
촬영간격	10m
날씨	맑음
운량	0.3

거리표 추출 테스트 결과 총 3회에 걸쳐

반복 촬영하여 2개의 거리표를 모두 추출하였다<그림 10>.



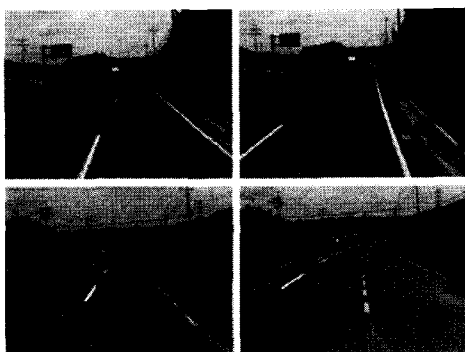
<그림 10> 거리표 추출 실험 결과

5.2 도로영상 취득 및 거리표 추출 실험

본 연구에서 구현된 거리표 자동추출시스템을 실제 도로(일반국도)에서 촬영된 영상을 이용하여 테스트 해보기로 했다. <표 4>는 거리표 자동추출 실험 환경이고, 이러한 환경에서 일반국도 38호선에서 촬영된 영상을 이용하여 거리표 자동추출여부를 확인하였다.

<표 4> 일반국도 거리표 추출 실험 환경

촬영장소	일반국도 38호선(경기도 안성지역)
촬영일시	2007년 3월 7일
거리표 설치 개수	14개(상행선 7개, 하행선 7개)
운행거리	약 22km(상하행선 왕복)
촬영간격	10m
날씨	맑음
운량	0.3



<그림 11> 일반국도 거리표 추출 실험 결과

6. 결론

본 연구에서는 도로안전성조사분석차량에 탑재된 전방카메라의 영상을 이용하여 거리표의 영상점을 자동으로 추출하고, 공간전방교회법을 이용하여 거리표의 3차원 위치정보를 얻었다. 이처럼 도로표지판의 3차원 위치정보 자동획득 기술은 모바일 매핑시스템을 이용하여 자동지도제작 기술 발전에 이바지 할 수 있는 기술이라 생각된다. 본 연구에서 얻어진 성과물에 대한 검증과 활용도 향상을 위해서는 본 연구에서 얻어진 거리표의 3차원 위치정보에 대한 정확도 검증과 다양한 테스트가 더 필요하다.

감사의글

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 육성지원사업의 연구결과로 수행되었음.

7. 참고문헌

- 건설교통부(2003), 일반국도 거리표 제작, 설치 및 관리지침
- 김욱현(2004), 실영상에서 형태 정보와 에지 영상을 이용한 교통 표지판 영역 추출과 인식
- 손홍규(2005)GIS DB 구축을 위한 칼라영상에서의 도로표지판 자동추출
- 한국건설기술연구원(2004,2006) 도로 안전성 조사 분석 차량 개발
- C. Vincent Tao (2000), Semi-Automated Object Measurement Using Multiple-Image Matching from Mobile Mapping Image Sequences, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, pp1477-1485
- C.Y. Fang(2004), An automatic road sign recognition system based on a computational model of human recognition processing, Computer Vision and Image Understanding 96, pp237-268