

4S-Van을 이용한 공간정보 구축과 갱신을 위한 변화탐지 시스템의 개발

Development of Change Detection System for Construction and Update of Spatial Information using 4S-Van

황태현*, 주인학*, 최경호**

Tae-Hyun Hwang, In-Hak Joo, and Kyoung-Ho Choi

*한국전자통신연구원 텔레매틱스·USN연구단

**목포대학교 정보공학부

{hth63339, ihjoo}@etri.re.kr, khchoi@mokpo.ac.kr

요 약

본 논문에서는 4S-Van에 의하여 수집된 동영상으로부터 공간정보, 특히 도로 표지판을 구축하고 갱신할 수 있는 변화탐지 기술에 대하여 소개한다. 4S-Van은 차량의 위치/자세정보와 영상을 동기화하여 취득하고 이로부터 공간객체의 위치정보를 구축하는 시스템이다. 4S-Van에서 취득한 영상으로부터 표지판을 구축하고 갱신하는 작업은 수동 입력에 의한 많은 시간을 필요로 하며, 본 논문에서는 이를 해결하기 위하여 영상으로부터 표지판 정보를 구축 및 갱신할 때 수동 입력을 최소화하기 위한 방법을 제안하고 시스템을 구축한 결과를 제시한다. 4S-Van 데이터로부터 객체의 위치를 결정하는 사진측량기술과 영상처리기술을 결합하여 공간객체를 인식할 수 있는 기술을 제안하였으며, 새로 취득된 동영상에서 객체의 변화를 탐지함으로써 해당객체의 정보만을 새로 구축할 수 있도록 하였다. 개발된 시스템은 표지판 정보의 효율적 구축과 갱신을 지원할 수 있다.

1. 서 론

텔레매틱스나 LBS 등 GIS의 최신 응용분야의 발전에 따라 공간정보에 대한 중요성이 증가되고 있다. 공간정보는 대용량인 경우가 대부분이며, 또한 짧은 갱신주기를 요구하는 경우가 많다. 따라서 공간정보시스템에서는 데이터의 효율적인 구축과 갱신이 중요한 이슈가 된다. 최근에는 영상 또는 비디오가 공간정보의 구축을 위한 수단으로 사용되고 있다. 비디오는 전통적인 의미의 지도에 비하여 인지도가 높기 때문에, 공간정보를 구축하고 표현하고 가시화하는 데에 효율적인 매체로 각광받고 있다[1].

현재까지 연구되어 온 비디오 기반의

GIS 들은 주로 모바일 매핑 시스템[2]에 의하여 현실화된다. 모바일 매핑 시스템은 카메라, Global Positioning System(GPS), Inertial Navigation System(INS) 등의 센서와 S/W가 통합된 플랫폼이다. 많은 모바일 매핑 시스템들이 센서가 장착된 차량의 형태로 개발되어 사용되고 있다. 모바일 매핑 시스템은 사진측량학 기술을 사용하여, 취득된 영상 및 이와 동기화된 카메라의 정확한 위치/자세정보로부터 영상에 나타난 공간객체(도로나 건물 등)의 실제 좌표를 계산, 취득할 수 있다.

그러나, 모바일 매핑 시스템 영상으로 객체의 좌표를 계산, 구축하는 방법은 많은 양의 수동입력이 필요하다는 문제를 가진다. 본 논문에서는 영상에서 자동 또는 반

자동으로 대상 객체를 인식하여 영상으로부터 객체의 좌표를 취득할 때 수동입력과정을 줄이는 방안에 대하여 논의한다.

차량에서 취득된 영상으로부터 객체를 인식하는 이전의 연구에서는 도로, 차선, 도로시설물 등 다양한 특성을 가지는 객체들을 다루며, 인식을 위한 방법도 다양하다. 이러한 연구의 예는 위한 도로표지판의 자동추출[3], 도로시설물의 위치측정[4], 자동주행을 위한 도로차선 추출 연구 등이 있다.

모바일 매핑 시스템에 의하여 취득된 영상에서 객체를 인식하기 위해서 본 연구에서는 다음 사항을 고려한다. (1)실제영상은 많은 예외조건을 내포하고 있기 때문에 복잡한 인식 방법이 요구된다. (2)인식 과정은 컴퓨터 비전 기술 단독으로는 수행되기 힘들며, 위치결정, 사진측량 기술 등과 결합되어야 한다. (3)인식 과정은 자동화 방식으로 수행되어야 한다. 본 논문에서는 사진측량학과 컴퓨터비전 기술을 결합한 공간정보의 구축/갱신을 위한 방법을 제시하여, 모바일 매핑 시스템과 같이 사용되어 공간정보 구축과 갱신을 효율화할 수 있도록 하였다.

2. 모바일 매핑 시스템에 의한 공간정보 구축

모바일 매핑 시스템은 스테레오 비디오 영상 및, 영상의 각 프레임과 동기화된 카메라의 위치/자세 정보를 수집한다. 이러한 데이터로부터 각 프레임상에서 나타나는 객체를 포인팅함으로써 그 객체의 3차원 좌표를 계산할 수 있다. 본 연구의 이전 단계로, 4S-Van이라고 하는 모바일 매핑 시스템이 개발되었으며[5], 본 연구의 제안을 위한 기본 플랫폼으로 사용된다. 4S-Van은 GPS, INS, 카메라 등이 장착되어 있는 차량의 형태를 가지며(그림1), 640*480 해상도의 비

디오 영상을 초당 15프레임으로 취득할 수 있다.

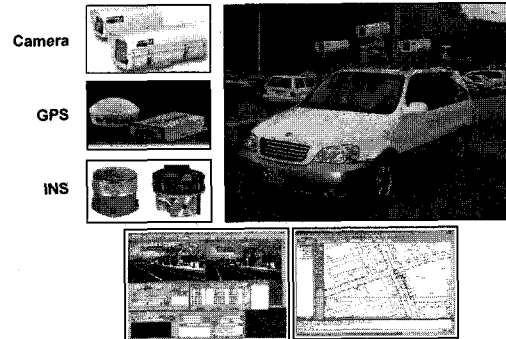


그림 1. 4S-Van

사진측량학은 모바일 매핑 시스템을 포함하여 여러가지 수단으로 취득된 스테레오 영상으로부터 객체의 좌표를 추출하기 위한 기술이다. 각 프레임별로 시간과 동기화된 카메라의 위치/자세 정보로부터, 객체가 나타난 화면좌표계를 실세계좌표계로 변환할 수 있고, 반대로 실세계좌표를 임의의 프레임상의 화면좌표계로 변환할 수 있다. 사진측량학에 의한 변환함수의 자세한 내용은 [6]에 소개되어 있다.

3. 공간정보의 자동 구축과 갱신 방법

본 연구의 기본적인 접근방법은 객체의 좌표추출을 위하여 입력할 프레임을 전체 프레임으로부터 자동으로 선택하기 위하여 객체 인식 방법을 적용하는 것이다. 객체 인식의 효과는, 공간정보를 최초 구축할 때 모든 객체에 대하여 좌표계산을 위하여 포인팅이 이루어져야 할 프레임을 선택하는 것이며, 공간정보를 갱신할 때는 변화된 객체만을 탐지하여 좌표계산을 하게 해주는 것이다.

3.1 객체 인식 방법

본 장에서는 도로표지판 정보의 구축과 갱신에 공통적으로 사용될 표지판 인식 방

법을 제시한다. 스테레오 영상에 나타나는 표지판을 인식하기 위하여 그림2와 같은 과정을 수행하며, 각 과정에 대한 설명을 다음에서 제시한다.

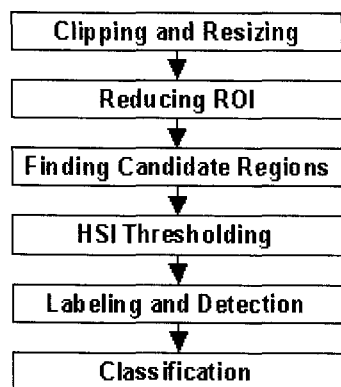


그림 2. 객체 인식을 위한 과정

Clipping. 4S-Van의 카메라는 약간 아래쪽을 향하고 있으며 또한 표지판의 위치는 지면에서 수m 높은 곳에 있기 때문에, 표지판은 화면의 상단에 나타난다고 가정한다. 따라서 표지판이 나타나지 않는 화면의 하단은 제외시켜서 원본 640*480 영상을 640*240 으로 클리핑한다.

Resizing. 연산을 줄이고 노이즈를 감소시킬 목적으로, 앞에서 클리핑된 이미지를 1/2크기인 320*120 크기로 리사이즈한다.

Reducing ROI. Region Of Interest(ROI)를 결정하기 위해서 영상을 고정크기(16*16)의 블록으로 나누고 각 영역에 대하여 Picture Information Measure(PIM)에 의하여 엔트로피를 계산한다[7].

$$| -1$$

$h(i)$ 는 그레이 값에 대한 영상의 히스토그램이다. 표지판에 해당하는 영역의 엔트로피는 다른 영역에 비해 높기 때문에, 엔트로피가 낮은 영역을 ROI에서 제외한다.

Finding Candidate Regions. 도로표지판의 후보영역을 결정하기 위해 먼저 다음과 같이 처리 영상에 대한 휘도 영상(luminance

image)을 계산할 수 있다.

이때 R, G, B 각 칼라 성분의 오차를 다음과 같이 정의하면,

$$e_R(x, y) = \frac{|L(x, y) - R(x, y)|}{L(x, y)}$$

$$e_G(x, y) = \frac{|L(x, y) - G(x, y)|}{L(x, y)}$$

$$e_B(x, y) = \frac{|L(x, y) - B(x, y)|}{L(x, y)}$$

색채 영상(chromatic image) $A(x, y)$ 는 각 성분의 최대 에러를 나타내며 다음과 같이 정의된다[3].

HSI Thresholding. 앞에서 구한 색채 영상에서 이후 다음과 같이 색상(Hue)의 값의 범위에 따라 영상을 필터링하여 표지판 영역의 색(파랑/빨강)과 가까운 색상 정보만을 걸러낸다. 이때 영상을 취득하는 시간과 날씨에 따라 밝기(Intensity)값이 많이 달라지기 때문에 영상에 따라 임계값을 설정하여 처리한다.

$$P(x, y) = \begin{cases} Red & \text{if } H(x, y) > 345 \text{ or } H(x, y) < 15 \\ Blue & \text{if } H(x, y) > 225 \text{ or } H(x, y) < 255 \end{cases}$$

Labeling and Detection. HIS thresholding의 결과 영상을 flood-fill 방법으로 레이블링하여 표지판 객체의 영역을 추출하게 된다. 이때 레이블링된 객체들의 가로와 세로의 비율이 0.8~1.2 정도되는 영역만이 표지판 영역의 후보가 되며, 한 프레임에서 가장 큰 영역을 대표 표지판으로 가정한다. 이는 본 연구의 실험에서 대상으로 선정한 표지판들의 가로와 세로의 비율이 모두 1에 가깝기 때문이다.

Classification. 추출한 표지판 영역을 분류하기 위해서 뉴럴 네트워크를 사용하였다. 제한된 개수의 표지판을 대상으로 하기 때문에 뉴럴 네트워크는 Back Propagation Network으로 구성하였다. Feature vector

로써 Image momentum[8], Correlation, 표지판 영역의 R, G, B 성분 비율과 채도 (saturation)의 값을 입력 파라미터로 사용하였다.

3.2 표지판 DB의 구축

대부분의 경우 하나의 객체(표지판)는 여러 프레임에 나타나기 때문에, 프레임을 스캐닝할 때 같은 객체를 중복해서 입력하지 않도록 해야 한다. 따라서 한 객체가 나타나는 많은 프레임들 중에서 객체 좌표가 계산될 하나의 프레임을 선택하여야 한다. 이때 기준은 객체가 크게 보이는 경우가 계산 정확도가 높다는 것이며[5], 또 하나의 가정은 표지판은 서로간에 아주 가까운 거리에 존재하지 않는다는 것이다. 즉, 같은 프레임에서 가깝게(약 5~10m) 존재하는 다수의 표지판의 경우는 무시하는 것이다. 이러한 가정에 의하여, 각 표지판마다 좌표를 계산할 하나의 프레임을 선택하게 된다. 전체적인 과정은 모든 프레임을 시간순으로 스캐닝하면서 다음 과정을 수행하게 된다. 이때 앞쪽의 프레임에서 객체가 크게 보이게 하기 위하여, 시간적으로 나중의 프레임부터 역으로 스캐닝하는 것이 더 효율적이다.

```

Road Sign Construction
for each frame of video
    detect all road signs
    select the road sign whose region
    is the largest
    pick a pair of feature point
    calculate approximated 3-d
    coordinate
    if (the coordinate is near to one
    of the already constructed road
    sign)
        discard it
    else
        select it as target for input
process manual input
    
```

각 표지판 당 하나의 프레임이 선택되면, 표지판의 특징점의 위치를 영상에서 선

택한다. 선택된 픽셀 좌표는 사진측량 변환 함수에 의하여 실세계 좌표로 계산된다. 영상에서 특징점을 선택하는 것은 영상 인식에 의하여 자동으로 할 수 있으나, 이 경우에 입력이 상대적으로 정확하지 않게 되어 좌표계산에 있어서 더 큰 오류를 가져오게 되므로 최종 좌표계산에 있어서는 수동입력 방식을 택하였다. 객체의 좌표가 데이터베이스에 저장될 때 앞의 과정에서 인식되어 자동으로 결정된 표지판의 종류 등 속성이 같이 입력된다.

3.3 표지판 DB의 갱신

공간객체의 좌표가 모두 구축된 이후에는 변화를 반영하기 위한 주기적인 갱신이 필요하다. 갱신주기가 길지 않은 경우에는 대부분의 표지판에 변화가 없을 것이므로, 표지판 정보 갱신시에는 일부의 변화된 객체만을 탐지하여 추가/수정/삭제를 수행하는 것이 입력작업을 최소화하는 방법이다. 이를 위하여 3.2에서와 유사한 방법으로 프레임 전체를 스캐닝하되, 인식된 표지판에 대하여는 기존 DB와의 비교를 통하여 변화된 객체인지를 판단한다.

```

Road Sign Update
unchecked the flags of all road signs
for each frame of video
    detect all road signs
    select the road sign whose region
    is the largest
    pick a pair of feature point of
    road sign
    calculate approximated 3-d
    coordinate
    if (the coordinate is near to any
    road sign in database)
        check the flag for the road
        sign
    else
        select it as target for
        addition
        process manual input
delete data of each road sign whose
flag is unchecked
    
```

DB에 존재하는 표지판 좌표와의 비교가 성공하면 그 객체는 위치가 변하지 않은 것으로 간주되고 갱신을 하지 않는다. 그렇지 않은 경우에는 객체 인식이나 좌표계산의 오류가 기준보다 크거나, 이전의 입력과정에서 좌표계산에 오류가 있었거나, 또는 객체가 실제로 새로 생긴 것을 의미한다. 어떠한 경우이던, 좌표를 계산하여 기존 좌표를 변경하거나 새로 추가하는 작업이 필요하다. 이 경우에도 초기 구축의 경우와 같이, 정밀한 좌표계산을 위하여 특징점 입력은 수동으로 수행한다.

모든 프레임에 대한 처리가 된 이후에, 체크가 되지 않은 객체는 영상에 나타나지 않은 것을 의미하며 따라서 없어진 것으로 간주하여 DB에서 삭제한다.

물론, 분명하지 않은 영상, 좌표계산의 오류, 임계값의 잘못된 설정 등 때문에 위의 모든 과정에서 잘못된 인식을 할 가능성은 충분히 있다. 임계값은 데이터와 경우에 따라 다를 수 있으므로 실험적으로 결정하고 지속적으로 관찰되어야 한다.

4. 구현 및 결과

본 장에서는 제안한 방법의 구현과 실험에 대하여 간단히 언급한다. 비디오 영상은 4S-Van에 의하여 도로상 약 5km 구간에 대하여 640*480 해상도와 초당 15프레임으로 취득되었다. 제안한 객체인식 방법으로 약 50개의 도로표지판이 성공적으로 인식되었다. 수동입력에 의하지 않은 좌표계산의 오차는 약 5m 정도로 나타났다. 이 오차는 수동입력에 의한 좌표계산의 경우 [평균 0.8m]보다 크며, 정밀한 좌표추출에는 사용할 수 없으나 기존 표지판의 위치와 비교하여 변화를 탐지하는 목적으로 사용되기는 충분히 작다고 하겠다.

그림3은 제안한 방법을 구현한 표지판 구축/갱신 시스템을 위한 시스템의 실행화면이며,

그림4는 영상처리 과정의 예이다. 그림4(a)는 $A(x,y) < 0.4$ 인 영역을 제거한 영상이다. 칼라 성분이 많은 부분, 특히 붉은색 표지판과 노란색 인도 구분선이 명확히 구분됨을 볼 수 있다. 그림4(b)는 HIS thresholding 결과이며 표지판의 대표적인 색상인 빨강과 파랑의 성분만을 남기고 나머지 칼라 정보를 제거한 결과이다. 그림4(c)는 레이블링 후 대표 표지판 후보를 추출한 결과이다 (좌측 하단이 추출된 표지판의 확대된 부분).

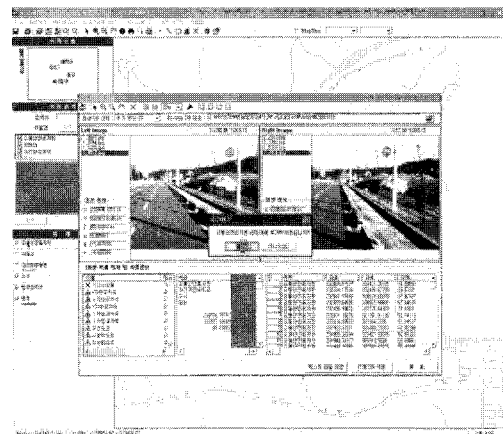
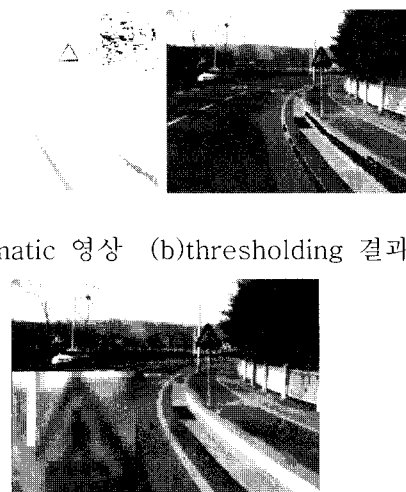


그림 3. 표지판 구축/갱신 시스템



(a)chromatic 영상 (b)thresholding 결과

(c) labeling 결과

그림 4. 결과 영상

5. 결론

본 논문에서는 사진측량학과 컴퓨터 비전에 기반하여 자동으로 공간정보, 그중 표지판 데이터를 효과적으로 구축하고 갱신하는 방법에 대하여 제안하였다. 공간정보의 구축과 갱신에 있어서는 모바일 매핑 시스템에 의하여 취득된 영상을 활용하는 방법이 사용되고 있으나, 많은 데이터 양과 수동입력의 필요성 때문에 구축비용이 많이 들고 있다. 따라서 본 논문에서는 수동입력 과정을 줄이기 위하여 영상처리와 사진측량학 등을 결합하여 영상에 나타나는 표지판을 인식하고 변화를 탐지하는 방법을 제안하였으며 이러한 방법에 의하여 공간객체의 구축과 갱신시에 수동입력이 최소화되고 표지판 정보의 구축과 갱신을 효율화할 수 있다.

제안된 방법은 4S-Van의 센서 오차와 영상의 부정확함에 영향을 받으므로, 센서와 데이터 처리의 정확도 향상이 필요하다. 또한, 공간객체 중에서 표지판에 대하여만 처리할 수 있으므로, 향후에는 다른 종류의 공간객체에 대하여도 처리할 수 있도록 유사한 기술을 개발하여 공간정보 구축과 갱신의 효율성 향상을 가져올 수 있도록 해야 한다.

참고문헌

1. In-Hak Joo, Tae-Hyun Hwang, and Kyung-Ho Choi, Generation of Video Metadata Supporting Video-GIS Integration, Proceedings of ICIP(International Conference on Image Processing) 2004, Oct 2004, Singapore.
2. Ron Li, "Mobile Mapping-An Emerging Technology for Spatial Data Acquisition" Journal of Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. Vol.63, No.9, 1997, pp.1085-1092.
3. Arturo de la Escalera, Jose Maria Armingol, Jose Manuel Pastor, and Francisco Jose Rodriguez, "Visual Sign Information Extraction and Identification by Deformable Models for Intelligent Vehicles," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 5, No. 2, Jun 2004, pp.57-68.
4. Zhuowen Tu and Ron Li, "Automatic Recognition of Civil Infrastructure Objects in Mobile Mapping Imagery Using Markov Random Field," Proc. of ISPRS Conf. 2000, Amsterdam, Jul 2000.
5. Seung-Yong Lee, Seong-Baek Kim, Kyung-Ho Choi, and Jong-Hun Lee, "4S-Van: A Mobile Mapping System for generating Digital Road Map," Proceedings of ITS congress 2004, #3334, Oct 2004, Japan.
6. Paul R. Wolf and Bon A. Dewitt, "Elements of Photogrammetry: With applications in GIS," McGraw-Hill, 2000.
7. Shi-Kuo Chang, "Principles of Pictorial Information Systems Design," Prentice-Hall, 1989, pp. 61-81.
8. H.Schweitzer, J.W.Bell, F.Wu: "Very Fast Template Matching," European Conference on Computer Vision(4), 2002: pp. 358-372.