

가상표적 전시를 위한 이동 동기화 기법

A Moving Synchronization Technique for Virtual Target Overlay

김계영*
Gye-Young Kim

장석우**
Seok-Woo Jang

요약

본 논문에서는 현장감 있는 모의훈련을 위해 가상영상인 아닌 지상기반 CCD 카메라영상에 지정된 시나리오대로 가상표적을 전시하는 방법을 제안한다. 이를 위해 고해상도 GeoTIFF(Geographic Tag Image File Format) 위성영상과 DTED(Digital Terrain Elevation Data)를 이용하여 현실감 있는 3차원 모델을 생성(운용자용)하고, 입력된 CCD 영상(운용자·훈련자용)으로부터 도로를 추출하였다. 그러나 위성영상과 지상기반 센서영상은 관측위치, 분해능, 스케일 등에 많은 차이가 있어 특징기반 정합이 어렵다. 따라서 본 논문에서는 영상 워핑함수인 TPS(Thin-Plate Spline) 보간 함수를 일치하는 두 개의 제어점 집합에 적용하여 3차원 모델에 표시된 이동경로를 따라 CCD 영상에도 표적을 전시하는 이동 동기화 방법을 제안하였다. 실험에서는 대전지역의 위성영상과 CCD 영상을 이용하여 제안한 알고리즘의 유효성을 입증하였다.

Abstract

This paper proposes a virtual target overlay technique for a realistic training simulation which projects a virtual target on ground-based CCD images according to an appointed scenario. This method creates a realistic 3D model for instructors by using high resolution GeoTIFF (Geographic Tag Image File Format) satellite images and DTED(Digital Terrain Elevation Data), and it extracts road areas from the given CCD images for both instructors and trainees. Since there is much difference in observation position, resolution, and scale between satellite images and ground-based sensor images, feature-based matching faces difficulty. Hence, we propose a moving synchronization technique that projects the targets on sensor images according to the moving paths marked on 3D satellite images. Experimental results show the effectiveness of the proposed algorithm with satellite and sensor images of Daejeon.

☞ Keyword : 가상표적 전시(Virtual Target Overlay), 이동 동기화(Moving Synchronization), 3차원 모델(3D Model), 위성영상(Satellite Images)

1. 서론

1990년대 후반부터 인식된 CBT(Computer Based Training)의 중요성은 그동안 많은 비용이 소요되었던 기존의 전쟁관련 훈련과정을 다양한 모의훈련 기술로 대체하기 위한 본격적인 연구를 가능하게 하였다. 특히, 전차 조종훈련의 경우 실제 전차의 사용으로 발생할 수 있는 유류소모, 훈련장 제한 등의 현실적인 문제점을 해소하고 실제 전차와 동일한 조종실에서 다양한 지

형, 기후조건, 전투 임무상황 등을 체험할 수 있는 실전과 유사한 모의훈련을 위한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다.

본 논문에서는 현재의 가상영상, 가상표적 기반의 실내 모의훈련을 보다 현실감 있게 수행하기 위해 훈련용 차량에 탑재된 지상기반 CCD 센서영상(실제 환경)에 운용자가 정한 시나리오 포인트에 따라 가상의 3차원 표적을 출현시키는 기술을 연구하였다. 이를 위해 먼저 훈련지역이 포함되어 있는 위성영상을 수치지형도인 DTED와 결합하여 운용자용의 실감있는 3차원 모델을 생성하였다. 3차원 모델이 완성된 후 훈련지역과 떨어진 지역에서 운용자가 선택하는 이동 시나리오에 따라 CCD 센서영상(훈련용) 위에 표적을 동기화시키기 위해 위성영상과 지상기반

* 정회원 : 숭실대학교 컴퓨터학부 조교수

gykim@hic.ssu.ac.kr

** 정회원 : 한국건설기술연구원 건설정보연구부 선임연구원

swjang@kict.re.kr

[2005/11/28 투고 - 2005/12/08 심사 - 2005/01/09 심사완료]

센서영상의 정합을 수행한다.

기존의 정합 기법[1]에서는 대부분 동일 센서, 동일 장면에 대해 영상처리 과정을 거쳐 영역기반이나 특징기반의 기술을 사용하여 일치성 여부를 확인하고 있다. 그러나 위성영상과 지상기반 센서영상의 정합처럼 관찰위치, 분해능, 영상 취득시기 등의 차이가 있는 경우에는 정확한 특징기반 정합이 불가능하다. 따라서 본 논문에서는 표적의 정밀위치 획득을 위해 탑재된 CCD 카메라의 센서영상(모노영상)과 3차원 위성영상을 정합하고 운용자가 현장에서 정한 시나리오에 의해 위성영상과 동일한 위치에 센서영상의 가상표적이 동기화되어 이동하는 방법을 그림 1과 같이 제안하였다.

위성영상에서 차량의 대략적인 위치는 10M의 정확도를 가진 GPS에 의해 확인하고, 오차 보정을 위해 운용자가 인터페이스를 이용하여 방향과 두 영상에서의 도로상의 일치된 몇 개의 위치를 지정하는 반자동 정합방법을 사용하였다. 그리고 지정된 점들에 TPS(Thin-Plate Spline) 보간함수[2,3]를 적용하여 두 영상 간의 공간적인 변형을 정규화하여 센서영상의 동일 위치에서 가상의 표적이 동기화되도록 하였다. 또한 추출된 도로를 따라 표적이 이동할 때 좌표 변화와 각도를 계산하고 폐색영역 여부를 확인하여 형태 및 방향을 변형시켰다.

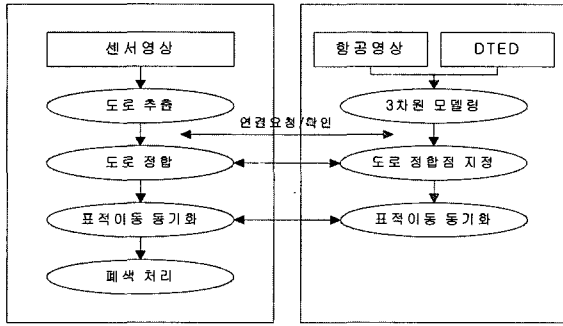
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 위성영상의 3차원 모델링에 대해 설명하고, 3장에서는 3차원 모델과 센서 영상과의 정합을 통한 표적 이동 동기화에 대해 설명한다. 4장에서는 실험결과를 기술하고, 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향에 대해 논의한다.

2. 3차원 모델링

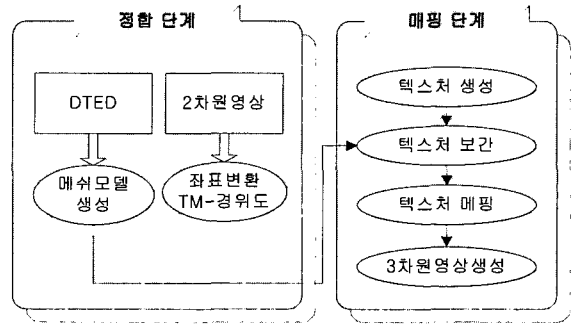
3차원 모델링기술[4,5]은 실세계나 가상현실 속에 존재하는 물체를 3차원 좌표계를 사용하여 표현하는 기술로 볼륨(volume)기반 기법과 면(surface)기반 기법으로 분류할 수 있다[6]. 수치

지형도의 입체적인 표현과 사진 및 영상 자료와의 결합을 통한 3차원 모델링 작업은 고해상도 위성영상과 정확한 위치정보를 기반으로 지도제작, 환경, 지질자원 분야 등 다양한 응용분야에 적용되고 있다. 최근에는 볼륨기반 기법과 면기반 기법 외에 컴퓨터 비전 기술을 이용하여 물체의 3차원 형상에 대한 정보를 추출하고 이를 바탕으로 폴리곤 메쉬를 생성하는 영상기반 모델링 기법의 연구도 활발하게 진행되고 있다[7]. 본 연구에서는 면기반 기법인 폴리곤 메쉬모형을 구성하여 위성영상과 정합을 수행하였고, 매핑 단계에서 사실감 있게 표현하고 왜곡현상을 줄이기 위해 이방성 보간법을 사용하였다. 그림 2는 본 연구에서 사용한 3차원 모델링의 구성도로 정합과 매핑의 두 단계로 구성된다. 정합 단계에서는 DTED를 이용해 메쉬 모델을 구성하고 정사보정된 위성 영상인 GeoTIFF(Geographic Tag Image File Format)의 TM(Transverse Mercator) 좌표계를 메쉬 모델의 경위도 좌표계로 변환하여 정합을 수행한다. 매핑 단계에서는 생성된 메쉬 모델과 텍스처를 매핑시키는데 보간법을 적용하여 현실감 있는 3차원 모델을 생성한다. 메쉬는 DTED의 각 정점의 고도정보를 이용하여 구성하였고, 삼각 메쉬 두 개로 구성된 사각 메쉬를 사용하였다. 텍스처는 정합을 통해 결정된 매핑 좌표를 가진 위성영상으로 이방성 보간법을 이용하여 텍스처가 메쉬 모델에 적용될 때 부드러운 영상을 표현하도록 하였다.

DTED는 30M 격자 단위로 고도정보가 있는 NIMA(The National Imagery and Mapping Agency)형식의 Level 2 등급을 사용하였으며, 3차원 모델을 생성하는데 필요한 2차원 좌표에 대한 고도정보를 가지고 있으므로 이를 이용하여 3차원 메쉬 모델을 만든다. 메쉬 모델을 만들기 위해서는 메쉬의 각 정점들로 이루어진 인덱스 버퍼를 생성해야 하는데 삼각형 리스트를 사용함으로써 중복된 정점수를 줄일 수 있었다. 이를 통해 랜더링 시간을 단축시킬 수 있으며 모델 구성시 기존의 메쉬 모델보다 정확한 모델 생성



〈그림 1〉 표적 이동 동기화의 주요 단계



〈그림 2〉 3차원 모델링 구성도



〈그림 3〉 위성영상의 예

〈표 1〉 추출된 TM 좌표

위성 영상의 위치	TM 좌표
Upper Left	228647.664, 320035.047
Lower Left	228647.664, 316647.047
Upper Right	231424.664, 320035.047
Lower Right	231424.664, 316647.047
Center	230036.164, 318341.047

〈표 2〉 변환된 자료

	도	분	초
위도	36	20	50.225742
경도	127	19	9.020083

이 가능하였다.

GeoTIFF는 위성영상에 지리정보를 태그 형식으로 저장할 수 있는 그래픽 파일 포맷으로 본 논문에서 사용한 파일은 TM 좌표 형식의 지리정보를 가지고 있다. TM 좌표는 임의의 지역에 대한 기준 지점을 좌표의 원점으로 정하고 원점을 중심으로 TM 투영한 평면상에서 원점을 지나는 자오선을 X축, 동서방향의 위도선을 Y축으로 하여 각 지점의 위치를 M단위의 평면 직각 좌표계로 표시하며, 우리나라의 경우에는 크게 3구역(중부원점, 서부원점, 동부원점)으로 나누어 좌표를 표시한다.

반면에 구성된 메쉬모델은 경위도 좌표계를

사용하고 있는데 이 좌표계는 지구 타원체를 동서방향의 위도선과 남북방향의 경도선을 도, 분, 초로 표시하며 투영법의 종류에 관계없이 임의의 위치점을 표현할 수 있는 장점을 가진다. 따라서 메쉬모델과 위성영상의 좌표계가 서로 다르기 때문에 정합을 위해서는 위성영상의 TM 좌표계를 메쉬모델의 경위도 좌표계로 변환하였다. 실험에서는 위성영상의 기준지점과 DTED와의 매핑을 위해 Bursa→Wolf방식에 의해 TM 좌표계를 경위도 좌표로 변환하였다.

그림 3은 표현할 대진지역의 GeoTIFF 위성영상으로 한 픽셀 당 1M의 비율로 구성되어 있다. 영상 크기가 2777 × 3388 픽셀로 2777M ×

3388M 영역을 표현한다. 또한 표 1은 그림 3의 위성영상에서 구한 영상 각 모서리의 TM 좌표이고, 표 2는 추출된 GeoTIFF Upper Left의 TM 좌표를 위도와 경도로 변환한 것이다.

매핑 단계에서는 DTED와 위성영상의 정합을 통해 구한 좌표를 기준으로 하나의 사각 메쉬에 대응하는 위성영상 영역을 입힌다. 이때 사실감 표현을 위해 보간 방법을 사용하는데 기존의 보간 방법인 이선형과 삼선형 보간에서는 텍스처의 화소를 기준으로 주위에 있는 정사각의 샘플링 영역 안에 있는 픽셀을 이용하여 보간을 하기 때문에 텍스처가 관찰자의 시점으로부터 많이 기울어져 있을 경우에 왜곡현상이 발생한다는 단점이 있다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 이방성 보간법을 사용한다. 이방성 보간은 텍스처가 매핑되었을 때의 연신율(elongation)을 계산하여 보간에 반영하므로 기존의 선형 보간에서 나타나는 왜곡을 감소시킬 수 있다.

그림 4의 사각형은 표 2에 나타난 경위도 좌표를 이용해 추출한 대전지역으로 이 부분의 지

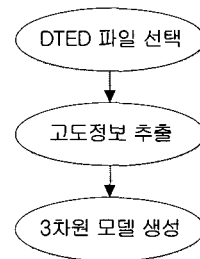
형정보를 이용하여 메쉬모델을 구성한다. 선택된 DTED는 한 픽셀 당 30M의 간격으로 표현되었고, 크기는 901 × 901 화소로 구성되어 27030M × 27030M의 영역에 대한 지형정보를 가진다. 그림 6은 구성된 메쉬모델이고, 그림 7은 GeoTIFF와 DTED간의 거리 비율인 1 : 30을 적용하여 메쉬모델과 위성영상을 매핑하여 3차원 모델을 구현한 것이다.

3. 표적 이동 동기화

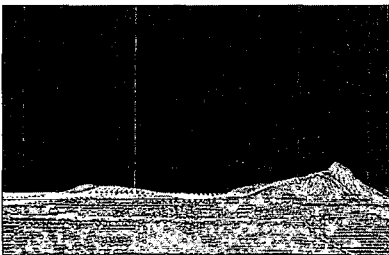
센서영상에서의 전처리로 계산속도 향상을 위해 이진화를 거친 후 외곽선을 부드럽게 하고 잡음 제거를 위해 형태학적 연산인 닫힘(closing) 연산을 수행하였다. 도로 추출은 기존 방법인 직선 추출 방법을 이용하였다[8][9]. 그리고 3차원 모델에서 차량의 현재위치, 방향, 도로의 정합점 몇 곳을 지정하고 표적의 이동 경로를 설정하면 TPS 보간 함수를 이용하여 센서영상에서 표적 이동 동기화 과정이 이루어지고, 표적의 이동에



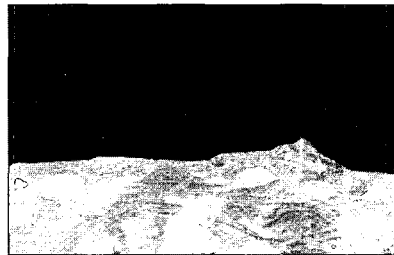
〈그림 4〉 모델링에 사용되는 DTED



〈그림 5〉 모델생성 단계



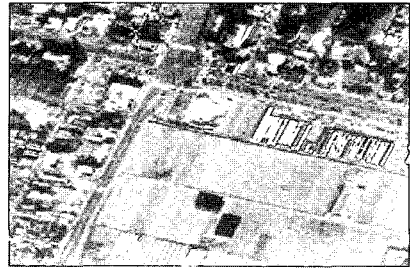
〈그림 6〉 메쉬모델의 예



〈그림 7〉 3차원 모델의 예



〈그림 8〉 센서영상



〈그림 9〉 위성영상

따른 폐색과 형태 변형처리를 수행하게 된다.

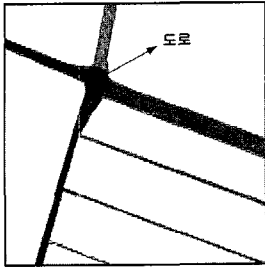
위성 영상에서의 도로는 일반적으로 다음과 같은 기하학적 특성[10]을 가진다. 첫째, 명암 값이 주변 영상에 비해 상대적으로 밝고, 도로 면의 명암값 차이가 크지 않다. 둘째, 도로 폭의 변화가 크지 않고, 전체적으로 부드러운 곡선 형태의 직선으로 구성된다. 그러나 지상에서 촬영한 CCD 영상인 그림 8의 경우 카메라의 위치, 고도 등이 위성영상과 다르므로 이러한 특성을 보유하지 못한다. 즉, 도로 폭의 변형이 심하고 밝기값 역시 주변 물체와 구별이 어려우며 도로주변이 매우 복잡해 일관성 있는 가설을 세우기 어렵다.

본 논문에서는 표적이동 동기화와 렌더링을 위해 일정한 폭과 넓이를 가진 주도로만을 기존의 직선 추출방법을 이용하여 아래의 절차를 수행하고, 영상 뒷면의 좁고 흐릿한 도로와 복잡한 주변 환경과 구분이 되지 않는 눈, 발 부근의 도로는 도로 폭이 일정하다고 가정하고 기존의 도로를 연장시켜 추출하였다.

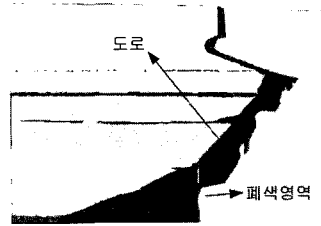
- (1) 이진화: 계산시간을 줄이기 위해 센서영상을 이진영상으로 변환하고 잡음제거를 위해 형태학적 연산인 닫힘(closing) 연산을 수행한다.
- (2) 연결요소 분석: 영상을 왼쪽 위부터 오른쪽 아래로 스캔하면서 연결된 영역마다 레이블을 할당한다[11].
- (3) 체인코드: 체인코딩을 수행하여 한 화소 두께의 에지를 추출한다.
- (4) 직선 추출: 도로 폭이 일정하다고 가정하여 평행을 이루는 직선(주도로)을 추출한다. 이때 도로영역에 놓여진 건물과 기타 다른 물체들을 폐색 영역으로 표시한다.

를 수행하기 위해서는 센서영상을 촬영한 지점, 즉 카메라의 위치와 방향을 위성영상에서 정확히 확인할 수 있어야 한다. 문제는 촬영당시 카메라를 탑재한 차량이 정지해 있어도 GPS를 통해 얻은 위치오차 10M는 1KM 거리에서 방위각 방향으로 약 120 화소나 오차가 발생하므로 항법정보만으로는 카메라의 위치를 정확히 확인하기 어렵다. 기존 연구[12]에서는 영상의 산봉우리를 특징점으로 하여 이를 DEM(digital elevation model)과 정합하여 카메라의 위치와 방향을 예측하는 방법을 제시하고 있으나 계산량이 많고 영상에서 산봉우리들이 반드시 존재해야 하며 많은 가설을 설정해야 하므로 정확도가 떨어진다는 단점이 있다. 또한 실험에서 사용한 DEM의 정확도 (30m)에는 적용하기 어렵다. 이러한 문제 해결을 위해 최근에는 GPS외에 관성항법장치 (inertial navigation system), 스테레오 카메라(stereo camera) 등을 이용하여 이들 자체의 정확한 보정과 공간관계의 정확성을 확립한 후 3차원 위치 정보를 얻는 연구가 활발히 진행되고 있다[13]. 본 실험에서는 운용자가 입력된 위성영상에서 카메라의 위치와 방향을 육안으로 확인하고 두 영상의 도로 정합점 몇 곳을 마우스 포인터로 지정하는 수동 방법을 사용하였다. 방향을 지정하는 것은 훈련병이 훈련 시 카메라 서보로 제어되는 조이스틱이나 핸들바를 작동하여 카메라의 중심선을 시나리오에 따라 움직이는 표적의 중심에 맞추도록 하기 위해서이다. 또한 도로 일치점 몇 곳을 지정한 것은 이를 통해 두 영상을 정합하여 관측위치와 분해능의 차이를 보정하고,

위성영상과 센서영상에서 표적의 이동 동기화



〈그림 10〉 위성영상의 도로추출



〈그림 11〉 센서영상의 도로추출

표적 이동 시 제어점으로 사용하기 위한 목적이 다. 표 3은 지도를 통해 확인된 카메라의 실제위치와 GPS 위치의 오차를 나타내는 자료이다.

〈표 3〉 카메라와 GPS 오차

위치 좌표		GPS로 확인된 위치	지도(MAP)로 확인된 카메라위치
TM 좌표		230575.66E, 317042.05N	230500.66E, 317129.05N
경 위 도 좌 표	위도	36도 21분 2.82828초	36도 21분 5.65959초
	경도	127도 20분 26.40411초	127도 20분 23.40815초

이와 같이 몇 개의 점을 기준으로 두 영상의 대략적인 위치 정합이 수행되어도 영상 내의 물체의 크기나 길이 등의 왜곡이 심하므로 표적 이동시 정확한 동기화가 어렵다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 이미지 워핑 함수인 탄력적인 TPS 보간 함수를 두 영상의 정합점에 적용하였다. TPS 보간 함수인 식 (1)은 각 제어점의 왜곡을 정확히 표현하여 제어점 사이의 최소곡률 표면을 정의한다. 또한 회전, 이동, 크기, 뒤틀림 등의 변환이 가능한 함수로 같은 곡면을 갖는 물체의 보간에 적합한 함수로 알려져 있다.

$$h(x) = Ax + t + \sum_{i=1}^m W_i K(\|x - x_i\|) \quad (1)$$

식 (1)에서 A와 t는 선형 어파인 변형 인수 행렬이고, W_i 는 비선형 보간함수 K의 가중치이며, 함수 K는 휨 에너지(bending energy) 최소화 상태를 만족하는 방정식의 해가 된다. 또한 x_i 는

제어점이다. x, y 성분 각각에 대한 해를 구하기 위해 변형함수 h(x)는 m개의 일치하는 제어점 쌍을 가진 두 개의 집합으로부터 식 (2)와 같이 다시 정의될 수 있다.

$$x' = h_x(x, y) = a_{11}x + a_{12}y + t_x + \sum_{i=1}^3 W_{xi} K(\|(x_i, y_i) - (x, y)\|),$$

$$y' = h_y(x, y) = a_{21}x + a_{22}y + t_y + \sum_{i=1}^3 W_{yi} K(\|(x_i, y_i) - (x, y)\|) \quad (2)$$

식 (2)에서 파라미터 a_{11} , a_{12} , a_{21} , a_{22} , t_x , t_y 는 선형 어파인 변형을 나타내고, W_{xi} , W_{yi} 는 x, y 각 성분에 대한 K함수의 가중치를 나타낸다. 위성영상과 지상기반 CCD 영상의 영상 워핑 단계는 아래와 같다. 먼저, 운용자 인터페이스를 통해 얻어진 두 개의 일치하는 제어점 집합을 가지고 식 (3)에 의해 어파인 변형 파라미터 A, t(식 (3)에서 z)를 얻어낸다.

$$y = Mz \quad (3)$$

$$y = \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ x_2 \\ y_2 \\ \vdots \\ x_m \\ y_m \end{bmatrix} M = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & x_1 & y_1 & 0 & 1 \\ x_2 & y_2 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & x_2 & y_2 & 0 & 1 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ x_m & y_m & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & x_m & y_m & 0 & 1 \end{bmatrix} z = \begin{bmatrix} a_{11} \\ a_{12} \\ a_{21} \\ a_{22} \\ t_x \\ t_y \end{bmatrix}$$

실험에서 m 은 3으로 하였으며 어파인 변형 인수를 나타내는 z 는 식 (4)를 이용해 얻는다. 식 (4)에서 M^T 는 M 의 이항치이고, $(M^T M)^{-1}$ 은 $(M^T M)$ 의 역이다.

$$z = (M^T M)^{-1} (M^T y) \quad (4)$$

그런 다음 두 개의 일치하는 제어점 쌍의 집합들은 식 (5)를 사용하여 가중치 W_{xi} , W_{yi} 를 계산하는데 사용된다.

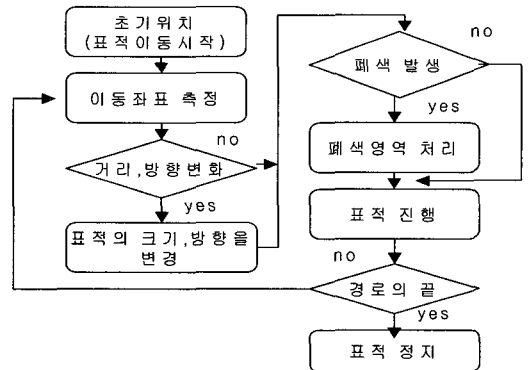
$$\begin{bmatrix} x'_1 - a_{11}x_1 - a_{12}y_1 - t_x \\ x'_2 - a_{11}x_2 - a_{12}y_2 - t_x \\ \dots \\ x'_m - a_{11}x_m - a_{12}y_m - t_x \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & K(r_{12}) & K & K(r_{1m}) \\ K(r_{21}) & 0 & K & K(r_{2m}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ K(r_{m1}) & K(r_{m2}) & K & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_{x1} \\ W_{x2} \\ \dots \\ W_{xm} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} y'_1 - a_{11}x_1 - a_{12}y_1 - t_y \\ y'_2 - a_{11}x_2 - a_{12}y_2 - t_y \\ \dots \\ y'_m - a_{11}x_m - a_{12}y_m - t_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & K(r_{12}) & K & K(r_{1m}) \\ K(r_{21}) & 0 & K & K(r_{2m}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ K(r_{m1}) & K(r_{m2}) & K & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_{y1} \\ W_{y2} \\ \dots \\ W_{ym} \end{bmatrix} \quad (5)$$

식 (5)에서 $r_{ij} = \|(x_i, y_i) - (x'_j, y'_j)\|$ 이고, $K(r) = r^2 \log(r^2)$ 이다. 위와 같이 인수 집합이 완성되면 정의된 변형 행렬은 식 (2)를 이용하여 대응되는 센서영상의 위치를 계산하는데 사용할 수 있다.

폐색영역은 도로는 평행하다고 가정하고 센서영상에서 도로를 추출한 후 이 영역 안에 다른 물체가 놓인 경우를 폐색영역으로 지정하였다. 그리고 표적 이동에 따른 좌표 변화를 이용해 방향과 형태를 변화시키는데 변형 절차는 그림 12와 같다. 먼저 사용자가 위성영상에 표적 이동 시나리오에 의해 시작점, 중간점, 종료점을 지정하면 이 점들을 연결하는 직선이 만들어지고 표적은 이 직선 위를 움직이게 된다. 센서영상에서 표적은 이미 생성된 TPS보간 함수에 의해 대응되는 위치가 결정되므로 시작점에서의 거리에 따라 표적의 크기를 변화시켰고, 방향

각도는 결정된 하나의 점과 다음 점이 이루는 직선이 x 축과 이루는 변화만큼 표적의 방향을 변화시켰다. 폐색은 센서영상에서 표적이 전시되는 영역이 이미 구해진 폐색영역과 동일한 영역인가를 확인하여 결정한다.



〈그림 12〉 표적의 형태변환 절차

4. 실험결과

실험 환경은 Pentium4 1.8MHz 시스템 2대를 사용하였고, 프로그래밍 언어는 MS Visual C++를 사용하였다. 네트워크 프로그램은 TCP/IP 프로토콜을 사용하였고, 클라이언트(훈련용) 프로그램이 서버(운영자용) 프로그램에 접속 요청을 하고 서버가 접속 요청을 받아들임으로써 통신이 이루어진다. 접속 후 운영자는 카메라의 위치와 방향을 확인하고 두 영상에서 도로의 동일 지점을 지정한다. 표 4는 두 영상에서 동일위치로 확인된 제어점 집합 3개의 좌표이고, z 는 이 좌표들로부터 얻은 어파인 변형 인수, 그리고 W 는 가중치이다.

〈표 4〉 두 영상의 제어점 집합

위성영상의 제어점		CCD영상의 제어점	
x	y	x	y
1912	3039	241	420
1851	3201	330	299
1912	3217	136	298

$$z = \begin{bmatrix} a_{11} \\ a_{12} \\ a_{21} \\ a_{22} \\ t_x \\ t_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -3.0256 \\ -0.5898 \\ 0.1633 \\ -0.6853 \\ 7818.62 \\ 2190.52 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} W_{x1} \\ W_{x2} \\ W_{x3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1.3526E-02 \\ -5.0140E-02 \\ -3.8692E-02 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} W_{y1} \\ W_{y2} \\ W_{y3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.3526E-019 \\ 8.5805E-020 \\ 1.2321E-019 \end{bmatrix}$$

그림 13은 운용자가 표적의 이동경로를 위성 영상에서 설정한 영상이고, 그림 14는 설정 후 이동 버튼을 눌러서 센서영상의 표적이 위성영상과 동기화되어 움직일 때 운용자 화면에서 이러한 표적의 진행상황을 체크하는 영상이다.

그림 15는 이동경로를 표적이 이동하는 영상이며, 그림 16은 이동경로 설정의 예이다.

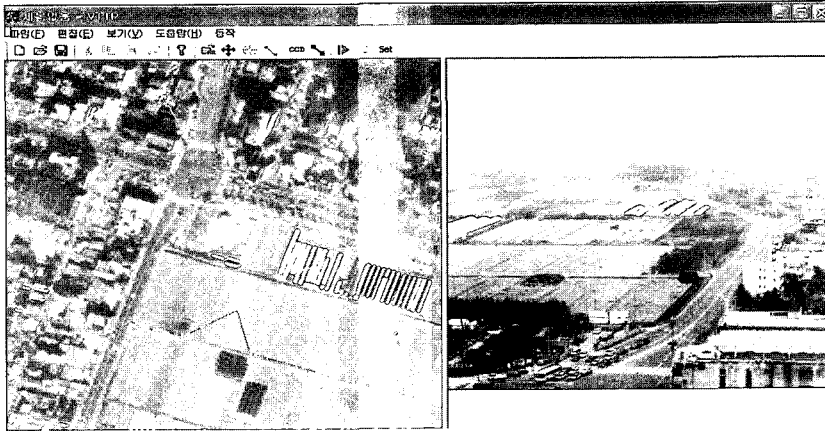
그림 17은 표적이 경로를 따라 이동하면서 방향과 모양이 변경된 결과이고, 그림 18은 표적이 폐색 영역을 지나갈 때의 처리 결과이다.



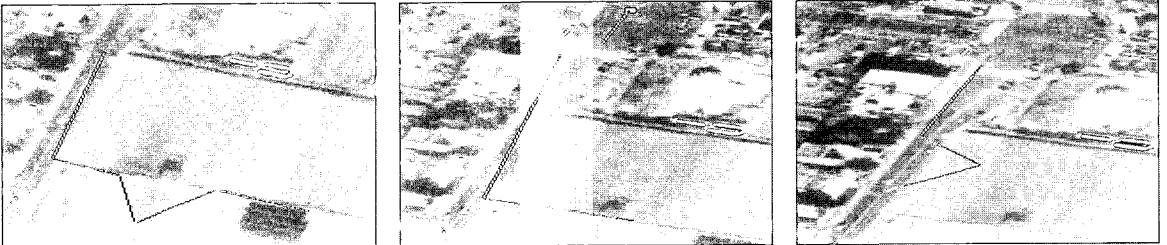
〈그림 13〉 표적 이동경로 설정(운용자화면)



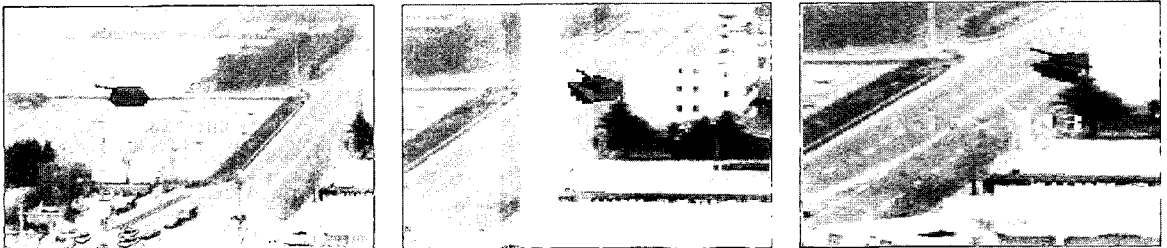
〈그림 14〉 표적이동1 (운용자화면)



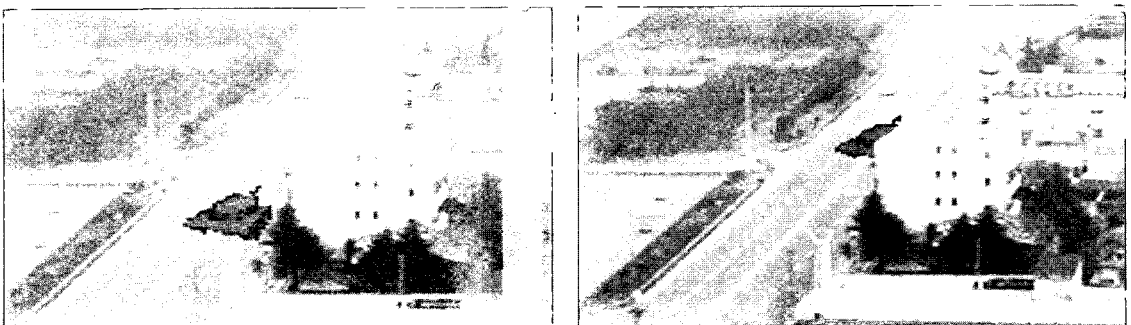
〈그림 15〉 표적이동2 (운용자화면)



〈그림 16〉 이동경로 설정의 예



〈그림 17〉 표적의 방향과 모양 변경



〈그림 18〉 표적의 폐색 전·후

5. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 현재의 가상영상, 가상표적 기반의 모의훈련에 현실감과 훈련효과 증대를 위해 훈련용 차량에 탑재된 영상센서, 즉 CCD 카메라로부터 입력되는 실제 영상에 가상의 표적을 렌더링하는 방법을 연구하였다. 이를 위해서는 표적의 정밀위치 획득이 중요한 문제이나 위성영상과 지상기반 센서영상의 경우 관측위치, 분해능, 촬영시기 등의 차이로 영상분석을 통한 정확한 정합이 어렵다. 따라서 센서영상에서 주도로를 추출한 후 카메라의 위치 및 방향, 도로의 정합점등을 수동으로 처리하였고, 설정된 경로에서 표적을 동기화하기 위해 영상위평 기법 중 TPS 보간함수를 이용해 위성영상에서의 위치 좌표를 센서영상의 동일 지점과 일치시키는 방법을 제안하였다. 또한 제안한 방법들에 대한 성능을 시스템으로 구현하여 검증하였다.

연구결과는 기존의 내장훈련을 보다 현실감 있게 수행하는데 적용될 수 있으며 야지 자율주행 차량에도 이용될 수 있다. 수동으로 처리된 부분은 위치정확도가 높은 GPS, 관성항법장치(INS), 스테레오 카메라 등을 훈련용 차량에 장착하여 보완할 수 있을 것이다. 따라서 향후에는 GPS외에 관성항법장치, 스테레오 카메라를 이용한 영상 정합방법에 대한 연구가 계속되어야 하는데, 세부적으로는 자동화된 3차원 위치 정보 획득을 위한 카메라 보정, 스테레오 영상 정합 방법과 센서 간 공간적 정확도를 유지하기 위한 방법 및 탐색에 대한 연구가 수행되어야 하겠다. 또한 표적의 사실감 증대를 위해서 스테레오 영상에서 산출된 깊이정보와 GIS 정보를 이용한 렌더링 방법에 대한 연구도 계속되어 질 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Xiaolong Dai, Siamak Khorram, "A Feature-Based Image Registration Algorithm using Improved Chain-Code Representation Combined with Invariant Moments," IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 37, No 5, 1999.
- [2] Y. Bentoutou, N. Taleb, M. Taleb, L. Jetto, "An Invariant Approach for Image Registration in Digital Substraction Angiography," Pattern Recognition, Vol. 35, pp. 2853-2865, 2002.
- [3] Fred L. Bookstein, "Principal Warps : Thin-Plate Splines and Decomposition of Deformations," IEEE Transactions on PAMI, Vol. 11, No. 6, 1989.
- [4] Stefan Growe, Peter Schulze, Ralf Tönjes, "3D Visualization and Evaluation of Remote Sensing Data," Computer Graphics International, Hannover, Germany, June 22-26, 1998.
- [5] Ralf Tönjes, "3D Reconstruction of Objects from Aerial Images using a GIS," ISPRS Workshop on Theoretical and Practical Aspects of Surface Reconstruction, 1997.
- [6] Hearn D., P. Baker, "Scientific Visualization : An Introduction," Eurographics '91 Technical Report Series, Tutorial Lecture 6.
- [7] E. Chen, "Quicktime VR - An Image-based Approach to Virtual Environment Navigation," Proc. of SIGGRAPH, 1995.
- [8] J. Amini, M. R. Saradjian, J. A. R. Blais, C. Lucas, A. Azizi, "Automatic Road-Side Extraction from Large Scale Image Maps," International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Vol. 4, pp. 95-107, 2002.
- [9] Stefan Hinz, Albert Baumgartner, "Automatic Extraction of Urban Road Networks from Multi-view Aerial Imagery," ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, Vol. 58, pp. 83-98, 2003.

[1] Xiaolong Dai, Siamak Khorram, "A Feature-

- [10] Q. Abdullah, "Evaluation of GPS-Inertial Navigation System for Airborne Photogrammetry," ACSM/ASPRS Annual Convention and Exposition, April 7-10, Seattle, WA.
- [11] A. Rosenfield, A. C. Kak, *Digital Picture Processing*, Academic Press, New York, 1982
- [12] P. C. Naval Jr., M. Mukunoki, M. Miinoh, and K. Ikeda. "Estimation Camera Position and Orientation from Geographical Map and Mountain Image," 38th Research Meeting of the Pattern Sensing Group, Society of Instrument and Control Engineers, pp. 9-16, 1997.
- [13] M. Cramer, D. Stallmann, "Direct Georeferencing using GPS/Inertial Exterior Orientations for Photogrammetric Applications," International Archivers of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXI, Part B3, pp. 198-205. 2000.

● 저 자 소개 ●



김 계 영 (Gye-Young Kim)

1990년 숭실대학교 전자계산학과 졸업(학사)
1992년 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(석사)
1996년 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(박사)
2001~현재 숭실대학교 컴퓨터학부 교수
관심분야 : 컴퓨터 비전, 형태인식, 생체인식, 증강현실, 영상처리 등
E-mail : gykim@hic.ssu.ac.kr



장 석 우 (Seok-Woo Jang)

1995년 숭실대학교 전자계산학과 졸업(학사)
1997년 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(석사)
2000년 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(박사)
2003~현재 한국건설기술연구원 선임연구원
관심분야 : 컴퓨터 비전, 영상처리, 동작이해, 비디오 검색 등
E-mail : swjang@kict.re.kr