

DEM과 정사영상을 이용한 항공 영상에서의 3차원 선소추출

論 文

54D-3-6

3D Line Segment Detection from Aerial Images using DEM and Ortho-Image

李正鎔[†] · 禹東玟^{*} · 程泳基^{**}

(Jeong-Yong Lee · Dong-Min Woo · Young-Kee Jung)

Abstract - This paper presents 3D line segment extraction method, which can be used in generating 3D rooftop model. The core of our method is that 3D line segment is extracted by using line fitting of elevation data on 2D line coordinates of ortho-image. In order to use elevations in line fitting, the elevations should be reliable. To measure the reliability of elevation, in this paper, we employ the concept of self-consistency. We test the effectiveness of the proposed method with a quantitative accuracy analysis using synthetic images generated from Avenches data set of Ascona aerial images. Experimental results indicate that the proposed method shows average 3D line errors of .16 - .30 meters, which are about 10% of the conventional area-based method.

Key Words : 3D Line, Line Fitting, DEM, Self-Consistency, Rooftop Model

1. 서 론

고 해상도 항공 영상으로부터 3차원 형태의 건물을 추출하는 연구는 고해상도 항공 영상 및 위성 영상 자료가 쉽게 사용가능해짐에 따라, 최근 많은 연구가 진행되어 왔다. 초기에 진행된 인공물이 혼재된 복잡한 도시 지형에서의 건물의 추출에 관한 연구는 주로 한 장의 항공 영상에서 2차원적인 건물의 영상을 3차원적인 형상으로 추론하는 방법에 의해 수행되었다. 영상으로부터 건물의 경계선을 구해, 이를 건물의 rooftop이 가질 수 있는 속성에 근거하여 grouping하는 계층화 grouping 방법에 의해, 최종적으로 건물의 rooftop 모델을 구성하였다[1]. 그러나 이러한 2차원 건물의 선소로부터 3차원 모델을 추론하는 방법은 복잡한 도시 영상에서 안정적인 rooftop을 추출하기에 너무 많은 문제점이 있다. 또한, 건물의 3차원 모델의 필요성이 증대됨에 따라 건물에 대한 높이 정보의 필요성이 증가하면서 건물의 3차원 선소를 구하기 위한 스테레오 영상해석을 이용한 여러 가지 방법들이[2-8] 제안되었다.

이러한 스테레오 영상을 기반으로 3차원 모델을 구성하는 과정에서는 스테레오 정합이 가장 중요한 부분을 차지하며 스테레오 정합은 크게 영역기반(area-based stereo) 정합[5-6]과 특징기반(feature-based stereo) 정합[2, 7-8]으로 나누어진다. 영역기반정합은 영역의 모든 격자 내에서 수치고도(digital elevation) 정보를 구할 수 있기 때문에 3차원 모델

발생에 유용하지만 건물의 경계선에서는 정합의 특성상 smoothing된 형태의 고도가 발생되어 건물이 많이 포함되는 도시 지형의 3차원 모델 발생에는 유용하지 않다. 특징기반 정합은 경계선, 점, 선소 등의 특징을 기반으로 정합이 이루어지므로 도시 지형의 3차원 모델 발생에 유용하나 복잡한 도시 지형이나 주거 지형에서는 영상 내에서 발생하는 특징의 개수가 많아 정합오류가 발생할 가능성이 크다. 따라서 본 논문에서는 건물이 포함된 도시 지형의 항공 영상에서 영역기반 스테레오 정합을 통해 발생하는 DEM(Digital Elevation Model)과 정사영상을 이용하여 3차원 선소를 추출하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 정사영상에서 2차원 선소를 추출한 후 2차원 선소에 영역기반정합을 통해 발생하는 고도를 이용하여 3차원 선소에 대한 적합도를 평가하고 적합도가 높은 2차원 선소에 고도를 line fitting하여 3차원 선소를 추출하는 방법이다. 제안된 방법의 과정이 그림 1과 같이 나타난다.

2차원 선소에 고도를 line fitting하기 위해서는 고 신뢰도의 고도가 요구된다. 이는 영역기반 정합을 통해 발생하는 고도가 정합오류를 포함할 수 있기 때문이며, 이를 위해 본 논문에서는 자기일치성(self-consistency)[9-10]을 채용하였다. 자기일치성의 개념은 스테레오 영상에서 기준 영상과 목표 영상의 역할을 서로 교환하여 발생하는 2개의 고도가 신뢰도가 높은 경우 일치된다는 것으로서, 동일 지점의 고도의 차가 0에 가까울수록 높은 신뢰도를 나타낸다. 본 논문에서 제안한 알고리즘의 정확성을 입증하기 위해서 스위스의 Avenches 지역의 Ascona 항공 영상 데이터를 이용하여 모의 영상을 작성하고 실험을 수행하였으며, 실제값을 기준으로 정량적인 오차분석을 통해 제안된 방법의 타당성을 입증하였다.

[†] 교신저자, 學生會員 : 明知大學 情報制御工學科 碩士
E-mail : noltengi@empal.com

^{*} 正 會 員 : 明知大學 情報工學科 教授 · 工博

^{**} 正 會 員 : 湖南大學 컴퓨터工學科 教授 · 工博

接受日字 : 2004년 11월 30일

最終完了 : 2005년 1월 25일

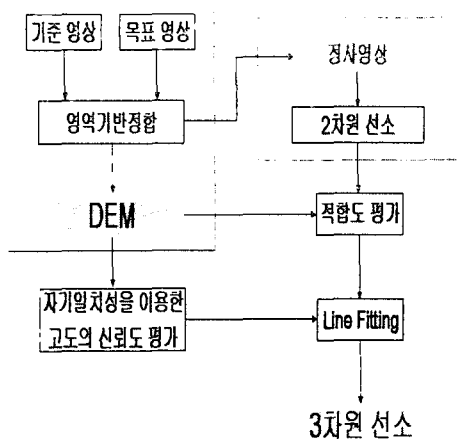


그림 1. DEM과 정사영상을 이용한 3차원 선소추출 과정
 Fig. 1 3D line segment detection procedure using DEM and orthoimage

2장 3차원 선소추출

2.1 경계선(edge) 검출 및 2차원 선소의 추출

정사영상으로부터 2차원 선소를 추출하기 위해서는 선행과정으로 경계선이 검출되어야 한다. 경계선의 검출은 기존에 연구되었던 다양한 방법이 있으나 선소추출 알고리즘을 적용하기 위해 검출되는 경계선의 두께가 1픽셀이 되어야 하므로 Canny 알고리즘[11]을 이용한 경계선 검출 방법을 채용하였다. Canny 알고리즘에서 사용되는 임계값(threshold)과 가우시안 표준편차(Gaussian standard deviation)는 실험을 통해 수동적으로 결정하였다.

검출된 경계선으로부터 선소를 추출하기 위한 방법으로 Boldt[12]가 제안한 token 기반의 선소추출 알고리즘을 채용하였다. 이 방법은 Canny 알고리즘을 통해 검출된 경계선을 이용하여 선소의 기본 속성에 의한 모든 token들을 검출하고 일련의 grouping 과정을 통해 영상에서 가능한 큰 구조물을 이루는 선소를 추출하는 방법이다. 따라서 채용된 선소추출 알고리즘은 도시 지형에 나타나는 건물의 선소를 추출하는데 있어 매우 효과적이며 알고리즘의 수행 결과는 추출된 선소의 양 끝점(시작점과 끝점)으로 구성되어 본 논문에서 제안한 3차원 선소추출 방법에 기초 데이터로서 사용된다.

2.2 2차원 선소의 적합도 평가

영상에서 추출된 2차원 선소에는 건물의 rooftop을 이루는 선소 외에도, 평면상의 무늬 그림자의 경계선 등도 포함된다. 따라서 건물의 rooftop과 관계없는 2차원 선소를 제거하는 과정이 필요하다. 본 논문에서는 정사영상에서 추출된 2차원 선소를 영역기반 정합을 통하여 발생하는 DEM을 이용하여 3차원 선소로서 구성하기 전에 먼저 구해진 2차원 선소에 대하여 3차원 선소로서의 적합도 평가가 수행되었다. 선소의 적합도 평가를 위해 영역기반정합을 통해 발생하는 고도를

이용하였다.

적합도 평가 방법은 먼저, 선소를 구성하는 각 점을 구하고 적합도를 평가하고자 하는 점과 일치하는 고도의 좌표를 찾는다. 그리고 좌표를 기준으로 상/하, 좌/우에 대한 임의의 거리만큼의 영역에 대하여 각각의 고도에 대한 평균을 구한 후 상/하의 쌍과 좌/우의 쌍에 대한 평균의 오차를 계산하고 오차의 절대값을 적합도 평가를 위한 임계값과 비교한다. 임계값보다 오차의 절대값이 크면 적합도가 높다고 평가되어 3차원 선소추출에 이용되고 오차의 절대값이 임계값보다 작으면 적합도가 낮다고 평가되어 값은 버려진다.

식 (1)은 선소를 구성하는 각 점에 대한 좌/우의 오차를 이용하여 적합도를 평가하는 과정을 나타내고, 식 (2)는 상/하의 오차를 이용하여 적합도를 평가하는 과정을 나타낸다.

$$\left| \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^{i-1} dem(i, j) - \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^{i=n} dem(i, j) \right| > THD_{fitness} \quad (1)$$

$$\left| \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{j=1}^{j=n} dem(i, j) - \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{j=1}^{j=n} dem(i, j) \right| > THD_{fitness} \quad (2)$$

식 (1)과 식 (2)에서 $dem(i, j)$ 는 선소를 구성하는 한 점과 일치하는 고도의 좌표를 의미하고, n 은 임의의 거리, $THD_{fitness}$ 는 적합도를 결정할 임계값이다. 또한 기준좌표에서 i 의 변화는 좌/우에 대한 오차를 결정하고 j 의 변화는 상/하에 대한 오차를 결정한다. 그림 2는 2차원 선소의 적합도 평가를 나타낸다.

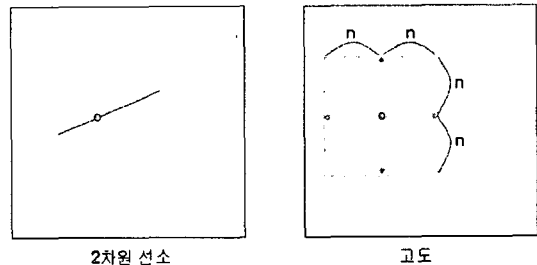


그림 2. 2차원 선소의 적합도 평가
 Fig. 2 Suitability evaluation of 2D line

2.3 고도의 신뢰도 평가

높은 적합도를 갖는 2차원 선소를 이용하여 3차원 선소를 추출하기 위해서는 영역기반정합을 통해 발생하는 고도를 line fitting하여 추출한다. line fitting을 수행하기 위해서는 고 신뢰도의 고도가 필요하다. 이는 영역기반정합의 특성상 이를 통해 발생하는 고도가 정합오류에 의해 그 값에 대한 신뢰도를 가질 수 없는 경우가 발생하기 때문이다. 이를 위해 본 연구에서는 고도의 자기일치성 기법을 통한 신뢰도 평가를 수행하였다. 자기일치성 기법이란 기준 영상과 목표 영상의 역할을 서로 교환하여 발생하는 2개의 고도를 이용하는 것이다. 이 기법을 이용한 신뢰도 평가 방법은 자기일치성 기법을 통해 발생되어진 2개의 고도에 대하여 적합도가 높은 2차원 선소를 구성하는 각 점과 일치하는 좌표를 구한 후 2

개의 고도의 오차에 대한 절대값과 임계값을 비교한다. 오차의 절대값이 임계값보다 작을 경우 신뢰도가 높다고 평가하여 2차원 선소를 구성하는 각 점에 대한 고도로서 3차원 좌표결정에 사용하고, 오차의 절대값이 임계값보다 큰 경우에는 신뢰도가 낮다고 평가하여 3차원 선소로 사용하지 않는다. 식 (3)은 고도의 신뢰도 평가 과정을 나타낸다.

$$|Z_{ab}(i, j) - Z_{ba}(i, j)| < THD_{Height} \quad (3)$$

식 (3)에서 $Z_{ab}(i, j)$ 와 $Z_{ba}(i, j)$ 는 자기일치성 기법을 통해 발생하는 2개의 고도에서 선소를 구성하는 각 점과 일치하는 좌표를 의미하고 THD_{Height} 는 고도의 신뢰도 평가의 기준으로 사용되는 임계값을 의미한다. 식 (3)의 검사에 의해 신뢰도가 높게 판정된 고도에 대해, 식 (4)에 의해 자기일치성 기법을 통해 발생하는 2개의 고도에 대한 평균값을 구한다. 구해진 평균은 2차원 선소를 구성하는 각 점에 대한 고도로서 사용되어 3차원 좌표를 결정하게 된다.

$$(Z_{ab}(i, j) + Z_{ba}(i, j)) / 2 \quad (4)$$

2.4 3차원 선소의 추출

고 신뢰도의 고도를 통하여 발생하는 3차원 좌표를 이용하여 3차원 선소를 구할 수 있다. 본 논문에서는 고도의 오차를 최소화하여 일정한 변화를 가지는 3차원 선소를 추출하기 위해 LSE(Least Squared Error)를 이용하여 line fitting을 수행함으로써 추정되는 3차원 선소의 오차를 최소화 하였다.

본 논문에서는 fitting되는 3차원 선소를 2개의 평면 방정식인 $ax + by = 1$ 및 $cy + dz = 1$ 의 intersection의 형태로 정의한다. 여기서 x, y, z 는 3차원 좌표에 대한 각각의 X축, Y축, Z축을 의미한다. 계수 a, b, c, d 를 추정하기 위해서 선소를 구성하는 각 점의 3차원 좌표인 x, y, z 값을 대입하여 LSE를 수행한다. 각 점에 대한 3차원 좌표를 이용한 2개의 평면 방정식이 식 (5)에 나타나있다.

$$\begin{matrix} ax_1 + by_1 = 1 & cy_1 + dz_1 = 1 \\ ax_2 + by_2 = 1 & cy_2 + dz_2 = 1 \\ \vdots & \vdots \\ ax_n + by_n = 1 & cy_n + dz_n = 1 \end{matrix} \quad (5)$$

$$A = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \\ \vdots & \vdots \\ x_n & y_n \end{bmatrix} \quad C = \begin{bmatrix} y_1 & z_1 \\ y_2 & z_2 \\ \vdots & \vdots \\ y_n & z_n \end{bmatrix} \quad X1 = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad X2 = \begin{bmatrix} c \\ d \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$\begin{matrix} A \cdot X1 = B & C \cdot X2 = B \\ A^T A \cdot X1 = A^T B & C^T C \cdot X2 = C^T B \\ X1 = (A^T A)^{-1} A^T B & X2 = (C^T C)^{-1} C^T B \end{matrix} \quad (7)$$

식 (6)과 식 (7)에 의해 계수 a, b, c, d 를 결정한 후 z 에 대한 값을 구하기 위해 2개의 평면 방정식에 의해 식 (8)과 같이 구해진다. 이 과정을 통해 구해진 z 의 값을 3차원 좌표의 고도에 적용하면 결과적으로 선소를 구성하는 각 점에 대한 고도의 오차가 최소화 된 3차원 선소를 추출할 수 있다. 이러한 line fitting 과정이 그림 3과 같이 나타난다.

$$z = \frac{1 - c \left(\frac{1 - ax}{b} \right)}{d} \quad (8)$$

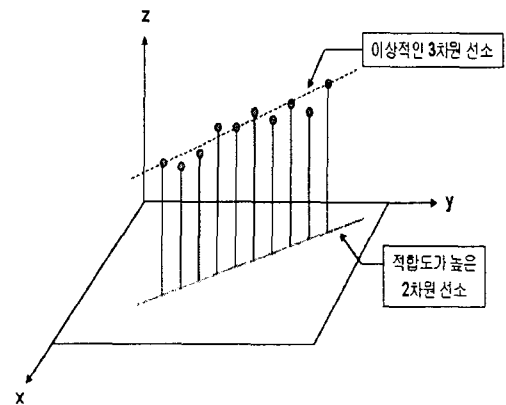
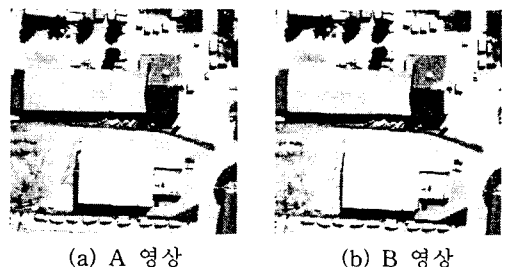


그림 3. 3차원 선소 추출을 위한 line fitting
Fig. 3 Line fitting for 3D line segment extraction

3장 실험 및 결과 고찰

3.1 실험환경 설정 및 실험영상의 구성

본 논문에서는 스위스의 Avenches 지역의 Ascona 항공 영상 데이터를 기반으로 실험환경을 설정하였다. 일반적으로 DEM과 정사영상을 가지고 있다면 이들을 가상의 실제값(pseudo ground truth)으로 가정하여 이들로부터 ray tracing 기법에 의해 모의 영상을 제작할 수 있다. Avenches 데이터에는 정사 영상과 지형 및 건물에 대한 실제값(ground truth)이 AUTO CAD 포맷으로 제공되며 이 실제값을 이용하여 가상의 DEM을 구성하고 이들을 이용하여 photo-realistic simulation에 의해 실제 실험에 사용될 모의 영상을 제작하였다. 그림 4의 (a), (b), (c), (d)는 각각 Photo-realistic simulation에 의해 정사영상을 기준으로 4개의 서로 다른 위치에서 영상을 취득한 것과 같은 효과를 가지는 모의 영상을 보여준다.



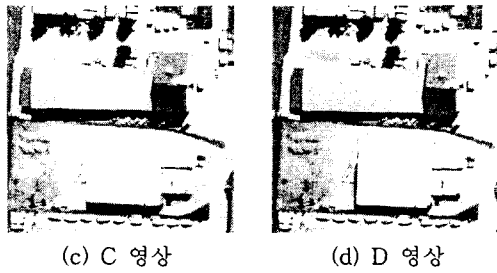


그림 4. 산업지역의 모의 영상
Fig. 4 Synthetic images of industry area

3.2 DEM과 정사영상의 생성

본 논문에서 제안한 3차원 선소를 추출하기 위해서는 선행 과정으로 DEM과 정사영상의 생성이 필요하다. 이를 위해 Photo-realistic simulation에 의해 발생된 4개의 모의 영상을 이용하여 3차원 정합 시스템을 구성[13]하고 DEM과 정사영상의 생성이 수행되었다. 3차원 정합 시스템의 구성은 기본적으로 epipolar 변환, 스테레오 정합, 모델 발생의 3단계로 구성되어지며 스테레오 정합은 영상의 모든 격자 내에서 수 치고도를 구할 수 있는 영역기반정합 방법을 사용하였다. 채용된 영역기반 정합 방법은 NCC(Normalized Cross-Correlation), 영상 계층화 기법 및 SR(Subpixel Registration) 방법을 이용한 것으로, 그림 5에서 구성된 영역기반 3차원 정합 시스템의 구성도가 나타난다.

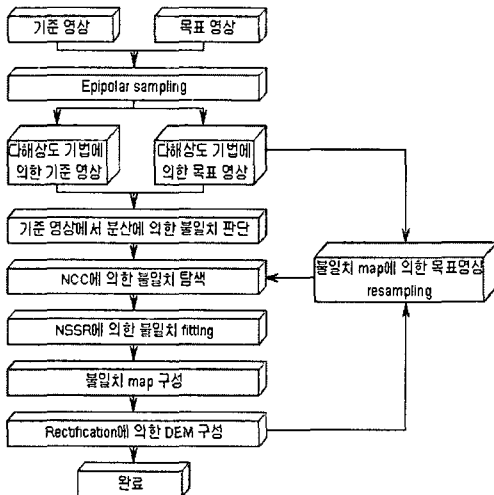


그림 5. 시스템 구성도
Fig. 5 System diagram

먼저 모의 영상을 이용하여 AB, BC, CD, DA의 영상 쌍을 이용하여 기준 영상과 목표 영상을 선정하고 기준 영상과 목표 영상의 스테레오 입력 영상에 대하여 불일치를 구성할 경우 x축으로만 나타나게 하기 위해 epipolar resampling을 수행하여 기준 영상과 목표 영상에 대한 epipolar 영상을 구성한다. 구성된 epipolar 영상을 이용하여 영역기반 정합 방법을 이용한 스테레오 정합과정을 수행한다. 이 과정은 epipolar 영상을 다 해상도 기법[14]에 의해 해상도를 낮추고 가장 낮은 해상도에서 기준 영상의 정합 윈도우에 각 좌표마

다 분산을 구하여 임계치 이상이면 상관에 의해 정합[15]하고 NSSR(Narrow Search Sub-pixel Registration)을 하여 불일치를 구한다. 임계치보다 낮은 경우는 구하지 않은 불일치 값을 주변 값에 의해 보간(interpolation)하게 된다. 이러한 과정을 가장 낮은 해상도부터 가장 고해상도까지 계속 반복하여 하나의 불일치 지도(disparity map)를 구성한다. 이러한 스테레오 정합과정을 거쳐 마지막으로 불일치 지도를 이용하여 rectification을 하면 DEM과 정사영상이 생성된다[16].

3.3 2차원 선소추출 실험

정사영상을 이용하여 2차원 선소를 추출하는 실험이 수행되었다. 먼저 정사영상으로부터 Canny 알고리즘을 이용하여 경계선을 검출하고 Boldt의 token을 기반으로 하는 직선성분을 가지는 선소를 추출하는 과정이 수행되었다. 수행결과 발생하는 2차원 선소를 기반으로 모의 영상으로부터 영역기반 정합을 통해 발생된 고도를 이용하여 적합도 평가가 수행되었다. 적합도 평가를 위한 임계값은 실험을 통해 가장 최적의 값으로 선정된 1을 이용하였다. 그림 6의 (a)는 AB 영상 쌍에 대한 정사영상을, (b)는 정사영상으로부터 추출된 2차원 선소 중에서 적합도 평가 수행에 의해 rooftop이 될 수 있는 선소를 나타낸다.

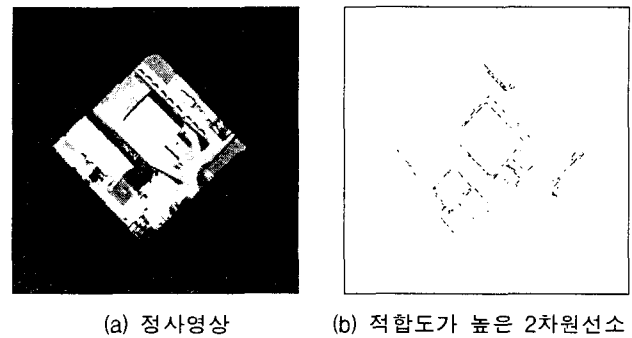


그림 6. 2차원 선소추출
Fig. 6 2D line segment detection

3.4 3차원 선소추출 실험

3차원 선소추출을 위해 먼저 자기일치성을 통해 발생되는 2개의 고도에 대한 신뢰도 평가가 수행되었다. 그림 7의 (a)는 AB 영상 쌍에 대하여 A를 기준 영상으로 B를 목표 영상으로 하여 발생한 고도이고 그림 7의 (b)는 자기일치성을 통해 기준 영상과 목표 영상의 역할을 바꾸어 발생된 고도를 보여준다. 그림 7의 (c)는 적합도가 높은 2차원 선소를 구성하는 각 점과 일치하는 지점의 신뢰도 평가 결과를 나타낸다. 흰색 부분이 고 신뢰도를 가지는 고도이고, 붉은 색으로 표현되어진 부분이 고 신뢰도의 고도 중에서 적합도가 높은 2차원 선소를 구성하는 각 점과 일치하는 부분이다. 신뢰도 평가를 위한 임계값은 실험적으로 그 차이가 1 픽셀 이하이면 신뢰할 만한 고도라고 평가 되었으나, 본 논문에서는 이러한 기준을 좀 더 엄격히 적용하여 0.7을 임계값으로 사용하였다.

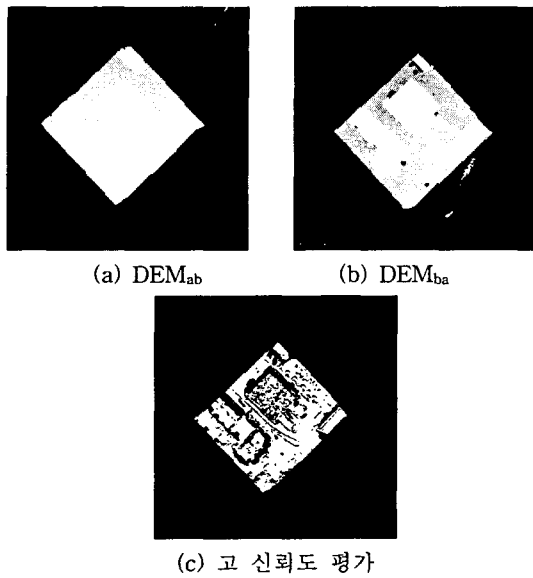


그림 7. 고도의 신뢰도 평가
Fig 7. Reliability evaluation of elevation

자기일치성 기법을 통해 고 신뢰도의 고도를 결정하고 고 신뢰도의 고도를 이용하여 2차원 선소를 구성하는 모든 점에 대한 3차원 좌표를 결정하였다. 그리고 결정된 3차원 좌표의 고도에 대하여 LSE를 이용한 line fitting을 수행하였다. 그림 8은 AB, BC, CD, DA의 영상 쌍에 대하여 제안된 방법을 적용하여 발생하는 최종 3차원 선소를 나타낸다.

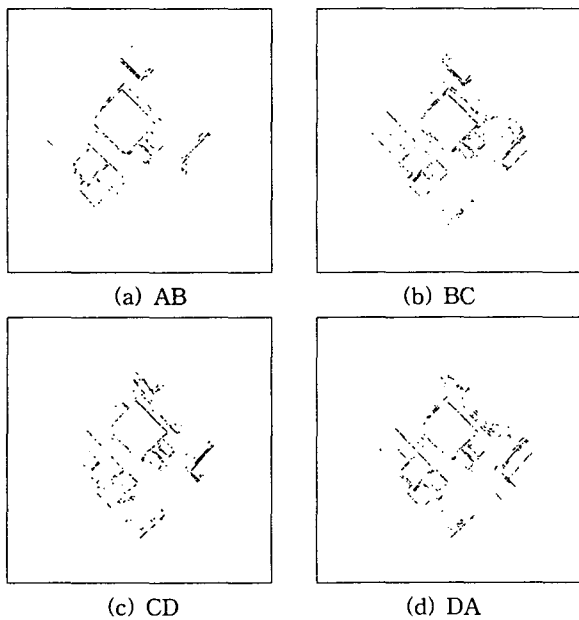


그림 8. 3차원 선소
Fig 8. 3D line segment

3.5 오차분석

본 논문에서 제안한 DEM과 정사영상을 이용한 3차원 선소추출 방법에 대한 정량적인 오차분석을 위하여 Avenches 데이터에서 제공되는 지형 및 건물에 대한 실제값과 제안된

방법을 통해 발생한 3차원 선소 사이의 3차원 거리의 평균 오차를 이용한 비교를 수행하였다.

표 1은 AB, BC, CD, DA의 영상 쌍에 제안된 방법을 통해 추출된 3차원 선소를 이용하여 평균 오차를 계산한 결과이다. 각 영상 쌍의 3차원 선소로부터 평균오차를 계산한 결과 BC 영상 쌍의 오차가 약 0.16m 로서 가장 정확했으며 DA 영상 쌍의 오차가 약 0.30m 로서 실험 영상 쌍 중에서 가장 많은 오차를 포함하였다. 제안된 방법의 타당성을 입증하기 위하여 영역기반정합을 통해 발생하는 오차와 영상 내 특징값의 정합을 위해 영역기반정합에서 구해진 불일치(disparity)를 참조하여 3차원 선소를 결정하는, 영역기반정합과 특징기반정합의 협조에 의한 새로운 하이브리드 정합기법을 이용한 3차원 선소추출 방법[17]을 통해 발생하는 오차와의 비교를 수행하였다. 영역기반정합의 3차원 선소로부터 평균 오차를 계산하는 방법은 실제값으로 가정된 3차원 선소가 있는 지점에서의 수치고도를 DEM으로부터 보간에 의해 구해 수치고도의 실제값과 비교하는 방법을 이용하였다. 또한 새로운 하이브리드 정합기법을 이용한 3차원 선소추출 방법의 평균 오차를 계산하는 방법은 본 논문에서 제안된 방법의 오차계산과 동일한 3차원 거리의 평균 오차를 이용하였다. 그 결과 영역기반정합은 평균 2.0m - 2.2m 정도의 수치고도 오차가 건물의 외곽선에서 나타났으며 새로운 하이브리드 정합기법은 0.46 - 0.88 정도의 오차가 나타나 제안된 방법이 이들에 비해 훨씬 좋은 결과를 나타내었음을 증명할 수 있었다.

표 1. 추출된 3차원 선소의 평균 오차 [단위 : m]
Table 1. Average errors of detected 3D line segments [unit : m]

	제안된 방법	하이브리드 기법	영역기반정합
AB 영상쌍	0.1681	0.8827	2.1534
BC 영상쌍	0.1624	0.4664	2.1679
CD 영상쌍	0.2383	0.6138	2.1290
DA 영상쌍	0.3077	0.4738	2.0904

4. 결 론

본 논문에서는 영역기반정합을 통해 발생하는 DEM과 정사영상을 이용한 3차원 선소를 추출하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법을 실험을 통해 정량적인 오차분석을 수행한 결과 하이브리드 정합기법에 의한 결과나 영역기반정합에 의한 결과에 비해 훨씬 정확한 결과가 나타났음을 알 수 있었으며, 제안된 기법이 도시 지형의 3차원 모델 발생에 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 그러나 현재의 실험은 하나의 도시 지형에 관한 스테레오 항공 영상을 이용하여 제한적으로 실험되었다. 따라서 향후 복잡한 도시 지형 영상에 의한 광범위한 실험이 수행되어야 하며, 이러한 실험 결과를 바탕으로 복잡한 구조를 갖는 건물에 대해서도 3차원 모델 생성이 가능한 3차원 grouping의 연구가 필요하다. 본 논문에서 제안

된 3차원 선소추출 방법은 스테레오 항공 영상을 이용하여 건물의 3차원 모델을 발생함에 있어 효율적인 기초 자료로서 크게 사용될 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(과제번호: R01-2002-000-00336-0)지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

[1] Huertas, A. and R. Nevatia, "Detecting building in aerial images", Computer Vision, Graphics, and Image Processing, Vol. 41, pp. 131-152, 1988.

[2] H. J. Lee and W. L. Lei, "Region matching and depth finding for 3-d objects in stereo aerial photographs", Pattern Recognition, vol. 23, pp. 1-94, 1990.

[3] Krishnamachari, S. and R. Chellappa, "An Energy minimization approach to building detection in aerial images", ICASSP, vol. 5, pp. 13-16, 1994.

[4] 예철수, 전승현, 이호영, 이쾌희, "선소의 추출과 그룹화를 이용한 원격탐사영상에서 건물 지붕의 복원", 대한과학탐사학회, vol. 19, no. 2, pp. 159-169, 2003.

[5] M. J. Hannah, "A system for digital stereo image matching", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 55, no. 12, pp. 1765-1770, 1989.

[6] Y. Hung, C. Chen, K. Hung, Y.Chen and C. Fuh, "Multipass hierarchical stereo matching for generation of digital terrain models form aerial images", Machine Vision and Applications, vol. 10, no. 5/6, pp. 280-291, 1998.

[7] W. E. L. Grimson, "Computational experiments with feature based stereo algorithm", IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 7, no. 1, pp. 17-34, 1985.

[8] S. Noronha, R. Nevatia, "Detection and modeling of buildings from multiple aerial images", IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 23, no. 5, pp. 501-518, 2001.

[9] Y. Leclerc and Q. Luong, "Self-Consistency: A novel approach to characterizing the accuracy and reliability of point correspondence algorithms", DARPA Image Understanding Workshop, Monterey, CA, Morgan Kauffman, 1998.

[10] H. Schultz, A. Hanson, E. Reisman, F. Stolle, Z. Zhu and D. Woo, "A self-consistency technique for fusion 3D information", Processing of 5th Int. Conf. on Information Fusion. pp. 1106-1112, 2002.

[11] J.Canny, "A Computational Approach to Edge Detection", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 8, no.6, pp. 679-698, June 1986.

[12] M. Boldt, R. Weiss, and E. Riseman, "Token-based extraction of straight lines", IEEE Trans. Systems

Man Cybernet, vol. 19, no. 6, pp. 1581-1594, 1989.

[13] 우동민, "적응적인 스테레오 정합 기법에 의한 3차원 지형 복원", 대한전기학회 논문집 47권 12호, pp. 2229-2236, 1998.

[14] M. J. Hannah, "A System for Digital Stereo Image Matching", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 55, no. 12, pp. 1765-1770, 1989.12.

[15] D. J. Panton, "A Flexible Approach to Digital Stereo Mapping", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 44, no. 12, pp. 1499-1512, 1978.12.

[16] H. Schultz, "Terrain reconstruction from Widely Separated Images", Proc. SPIE, vol. 2486, pp. 113-123, 1995.

[17] 이동훈, 우동민, 정영기, "새로운 하이브리드 스테레오 정합기법에 의한 3차원 선소추출", 대한전기학회 논문집 53권 4호, pp.277-285, 2004.

저 자 소 개

이 정 용(李正鎔)

2003년 호남대 컴퓨터공학과 졸업
2005년 명지대 정보제어공학과 졸업(석사)



우 동 민(禹東玟)

1958년 2월6일생
1980년 연세대 공대 전자공학과 졸업
1982년 연세대 공대 전자공학과 졸업(석사)
1987년 미국 Case Western Reserve University 전기공학과 졸업(Ph.D.)
1987년-1990년 LG산전(주) 연구소 선임연구원
1990년- 현재 명지대학교 정보공학과 교수



정 영 기(程泳基)

1986년 서울대학교 전기공학과
1994년 한국과학기술원 전기및전자과(석사)
2003년 광주과학기술원 정보통신공학과(박사)
1986년-1999년 LG산전(주) 연구소 선임연구원
1999년- 현재 호남대학교 컴퓨터공학과 조교수

