

A Study on The Occlusion Area Detection in The Stereo Image Analysis

李 漢 求[†] · 禹 東 玟^{*}
(Han-Ku Lee · Dong-Min Woo)

Abstract - Stereo image analysis has been an important tool for reconstructing 3D terrain. By In its nature, occlusion is one of difficulties we cannot avoid in stereo matching. This paper presents a study on occlusion detection by employing LRC(Left-Right Check) and OCC(Occlusion Constraint) and how we can improve the accuracy of DEM(Digital Elevation Model) by using interpolated data into the detected occluded area. Experimental results show that these method can effectively detect occluded regions and improve the accuracy of DEM using the occlusion detection.

Key Words : LRC(Left-Right Check), OCC(Occlusion Constraint)

1 장 서 론

고해상도 영상 센서의 개발에 의해 항공기나 위성으로부터 취득된 영상의 활용도가 증대되고 있다[1]. 항공 및 위성 영상의 가장 기본적인 적용분야는 겹쳐서 취득된 영상 쌍(스테레오 영상)으로부터 3차원 지형을 복원하는 것으로써, 이 기술은 방위, 우주산업 및 GIS(geometric information system) 사업에 중요한 핵심 기술로 항공 및 위성 영상을 이용한 지도제작에 사용된다. 이러한 항공 영상과 위성영상으로부터 취득된 스테레오 영상으로 3차원 지형을 복원하는 주요한 과정은 에피폴라(epipolar) 변환, 스테레오 정합, 모델 발생 등의 3단계로 이루어지며, 특히 스테레오 정합은 3차원 지형 복원에서 매우 중요한 역할을 한다[2,3,4].

스테레오 정합 과정을 통하여 한쪽 영상의 $I_L(i, j)$ 에 대한 다른 쪽 영상의 $I_R(i, j)$ 의 불일치(disparity)를 2차원 행렬의 형태인 불일치 지도(disparity map)의 형태로서 구하며, 이를 3차원 triangulation 계산과정에 의해 수치고도모형(DEM : Digital Elevation Model)이 생성된다[5,6]. 스테레오 영상을 취득하는 구조적인 속성에 의해 좌우 센서 각각이 취득한 영상 사이에 서로 가려진 부분이 발생한다. 이러한 가려짐 현상에 의해서 스테레오 정합과정에서 정합오류가 나타나기 때문에 부정확한 3차원 고도가 발생된다. 이러한 가려짐의 기본적인 기하학과 인식은 레오나르도 다빈치 시절에 알려졌을 정도로 오래 되었지만 가려짐을 정확히 식별하는 명확한 방법은 없다[7]. 선행 연구 중에서 가려짐을 찾아내기 위해 고도(elevation)의 자기 일치성(self-consistency)[8]을 이용하는

방법이 사용되었는데, 이는 object 영역을 이용한 방법으로서, 스테레오 영상에서 선소, 면과 같은 특징을 찾아 정확한 복원을 하기에는 부적합 하였다. 따라서 본 논문에서는 3차원 복원의 중간 과정인 불일치 영역에서 가려짐을 검출하는 방법을 채용 하였는데, 스테레오 정합에서의 불일치 지도를 이용하여 가려짐을 식별하여 보다 정확한 수치고도모형을 생성하고 다양한 부분에 응용이 가능하게 하기 위한 것이다. 본 연구에서는 이를 위해, 불일치 지도의 좌우 점검 (Left-Right Check : LRC)방법[7,9,10]과 OCC(Occlusion Constraint : OCC)방법[7,11]을 사용하였다. 첫째, LRC 방법은 스테레오 영상에서 왼쪽 영상을 기준으로 생성한 불일치 지도와 오른쪽 영상을 기준으로 생성한 불일치 지도에서 만약 가려진 부분이 아니면 불일치 값의 크기는 같고 부호만이 반대인 원리를 이용한 것이다. 이에 의해 영상 쌍에서 각각의 영상을 기준으로 불일치 지도를 만들고, 상호 비교를 수행하여 가려진 부분이 검출된다. 둘째, OCC 방법은 영상 쌍에서 각각의 영상을 기준으로 생성된 불일치 지도에서 가려짐이 발생하지 않았다면 불일치 지도의 각 픽셀 값의 크기가 일률적일 것이라는 점을 기반으로 한 방법이다. 만약 가려짐이 발생하면 불일치 값의 변화가 크게 발생하므로, 이 변화를 찾아내면 가려진 부분이 검출된다.

본 논문에서 제안된 방법의 검증을 위해 Ascona 항공영상 가운데 스위스의 Avenches 지역 데이터를 이용하여 실험을 수행하였으며, 본 논문에서 제안된 방법을 통해 발생하는 수치고도모형과 모의 영상을 통해 발생한 수치고도모형을 이용하여 정량적인 오차 분석을 수행하여[12] 제안된 방법의 타당성을 입증하였다.

[†] 교신저자, 學生會員 : 明知大學 情報制御工學科 碩士
E-mail : lhksm99@hotmail.com

^{*} 正 會 員 : 明知大學 情報工學科 教授 · 工博
接受日字 : 2004年 12月 17日
最終完了 : 2005年 3月 9日

2 장 불일치 지도를 이용한 가려짐 검출 방법

2.1 LRC(Left-Right Check) 방법

각종 스테레오 영상을 이용하여 3차원 복원을 하는 과정을 간략하게 도식하면 그림 1과 같이 나타낼 수 있다.

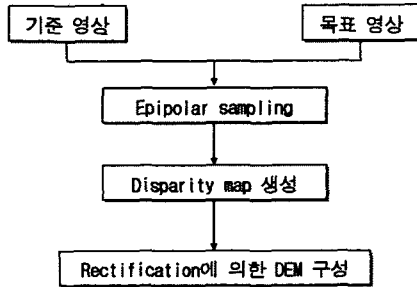


그림 1. 3차원 복원 과정

Fig. 1. 3D reconstruction procedure

LRC 방법은 그림 1 에서와 같이 3차원 복원 과정에 일반적으로 생성되는 불일치 지도를 이용하여 스테레오 영상의 가려진 부분을 찾아내는 한 방법이다[7,9,10]. 획득된 스테레오 영상은 구조적으로 그림 2에서와 같이 가려진 부분이 발생한다. 그림 2에서 기준 영상의 적색 점에 대한 일치점을 찾으려면 목표 영상의 적색 점이 된다. 반대로 목표 영상의 청색 점에 대한 일치점을 찾으려면 사람은 일치되는 점이 없다는 것을 알 수 있지만, 일반적인 일치 값을 구하는 방법으로는 기준 영상의 청색 점이 일치된다고 판단할 것이다. 이 때 동일 지점이지만 기준이 되는 영상에 따라 불일치 값이 다르게 되므로 이 차이를 식별해 내는 방법이 LRC 방법이다.

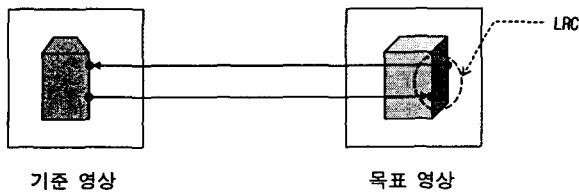


그림 2. LRC 방법

Fig. 2. LRC method

그림 2의 영상 중에 왼쪽 영상을 기준영상(I_R), 오른쪽 영상을 목표영상(I_T)이라고, 각 영상의 화소값을 $I_R(i, j)$ 과 $I_T(i, j)$ 로 나타내고 불일치 지도를 $\{D_L(i, j), D_R(i, j)\}$ 로 정의한다. LRC 방법은 기준영상의 좌표(i, j)의 화소 값에 대응하는 목표영상의 좌표 ($i+D_L(i, j), j+D_R(i, j)$)의 화소값과의 정합도를 찾는 것이다.

$$I_R(i, j) = I_T(i+D_L(i, j), j+D_R(i, j)) \quad (1)$$

여기서, i 는 절대 좌표상의 x 축을 나타내고, j 는 절대 좌표상의 y 를 나타낸다. 그런데 영상을 에피폴라 샘플링(epipolar

sampling)하면 샘플링된 영상은 좌우 영상이 에피폴라 선분을 지나므로 j 값에 대해서는 정렬이 되어 j 값에 대해서는 불일치 값을 구할 필요가 없고, 에피폴라 선분에서 i 에 대해서만 불일치 값을 구하면 된다. 그러므로, 에피폴라 샘플링된 영상을 사용하면 식(1)을 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$I_R(i, j) = I_T(i+D_L(i, j), j) \quad (2)$$

위 식(2)에서 기준영상의 i 좌표를 i_R , 목표영상의 i 좌표를 i_T , $D_L(i, j)$ 를 D_R 로 표현하면 식(2)는 다음과 같이 표현된다.

$$i_R = i_T + D_R \quad (3)$$

따라서, 기준영상을 기준으로 목표영상과의 오차는 식(4)과 같다[7].

$$Error = i_R - (i_T + D_R) \quad (4)$$

여기서 D_T 는 목표영상을 기준으로 기준영상과의 불일치 값이다. 식(4)에서 두 영상의 좌표의 값이 부호가 반대이며 서로 크기가 같으면 가려짐이 없는 것이며, 그렇지 않을 경우는 모두 가려진 것으로 간주한다.

2.2 OCC(Occlusion Constraint) 방법

그림 3에서 기준 영상의 적색 점이 목표 영상에 일치되는 점은 적색 점이다. 이때의 불일치 값을 7이라 하면 가려짐이 없는 영상이면 기준 영상의 청색 점도 불일치 값이 7일 때 목표 영상에 일치되는 점이 있을 것이다. 하지만 그림 3에서와 같이 같은 불일치 값을 갖더라도 정확한 일치점에 대응하지 못하여 불일치 값을 변화하게 된다. 이러한 불일치 값의 변화를 찾아내는 방법이 OCC 방법이다[7,11].

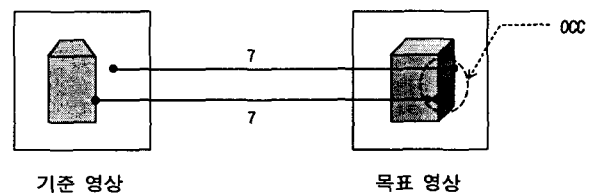


그림 3. 가려짐 압박 방법

Fig. 3. OCC method

스테레오 영상에서 기준 영상과 목표 영상을 각각 기준으로 불일치 지도를 생성하면 좌우 영상의 차이에 따라 불일치 지도의 화소 값이 차이가 발생한다. 따라서 기준영상을 기준으로 한 불일치 지도에서 값의 불연속이 목표영상을 기준으로 한 불일치 지도의 가려짐에 상응되고 그 반대의 경우도 같게 된다. 이상적인 일치가 이루어지기 위해서는 두 개의 연속적인 면 사이에서 생성된 불일치 지도의 값은 연속적이다. 기준 영상에서 가려짐이 발생하는 경계에서는 불일치 값이 물체에서 배경으로 뛰거나 배경에서 물체로 뛰어 목표영상에 일치되지 않는다. 이렇게 일치과정에서 불일치 값이 갑작스럽게 변하여 반대 영상의 다른 면에 일치될 경우 반대영

상이 가려졌다고 표시 될 수 있다. OCC 방법을 수식적으로 표현하면 다음과 같다[7].

$$Error = \max (0, D_{T+1} - D_T) \quad (5)$$

여기서 D_T , D_{T+1} 는 목표영상을 기준으로 기준영상과의 불일치 값이다. 식(5)에서 인접하는 불일치 값의 차이가 없으면 가려짐이 없는 것이며, 그렇지 않을 경우는 모두 가려진 것이다.

2.3 불일치 보간법(Disparity Interpolation)

앞서 설명한 두 가지 방법으로 불일치 지도를 이용하여 가려짐을 식별했다. 식별된 화소들은 3차원 복원을 위해서 사용하기는 부적절한 값이다. 따라서, 이 값에 대해서 보다 정확도를 향상시키기 위해서 본 논문에서는 불일치 보간법을 제안한다. 불일치 보간법은 부정확한 불일치 값은 사용하지 않고 부정확한 값 주변의 불일치 값을 보간하여 보다 정확한 불일치 값을 구하는 것이다. 이 방법은 비교적 넓은 지형과 특징이 적은 영상에 유용하다. 많은 보간 방법이 있지만 본 논문에서는 기준 영상에 일정 크기의 창을 중첩하고 창 내의 가려진 부분을 제외한 고도의 평균치를 구하여 이 값으로 대체하는 방법을 사용하였다.

$$W_{avr} = \frac{1}{S} \left[\sum_{i=i-(N-1)/2}^{i+(N-1)/2} \sum_{j=j-(N-1)/2}^{j+(N-1)/2} R(i', j') \cdot \alpha(i', j') \right] \quad (6)$$

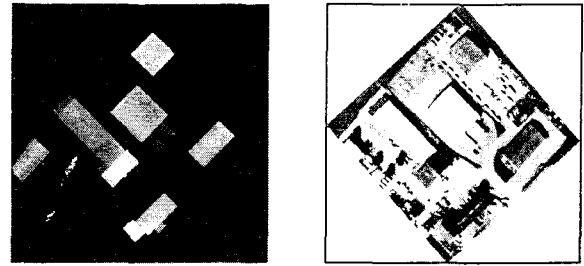
여기서, $R(i', j')$ 는 기준영상의 화소값을 나타내고, $\alpha(i', j')$ 는 가려진 영역이면 0이고, 그렇지 않을 경우는 1을 갖는다. S은 창내의 가려진 부분을 제외한 불일치의 개수를 나타낸다. N은 창의 크기를 나타낸다. 보통 창의 크기는 영역 내에서 가려진 영역의 크기에 따라 결정해야 한다. 본 논문에서는 창의 크기를 50×50을 사용하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 실험 방법 및 실험 결과

본 연구에서는 모의영상 발생에 의해 구해진 수치고도모형의 정확도를 정량적으로 평가하는 방법으로 실험을 수행하였다. 우리가 미리 확보하고 있는 수치고도모형과 정사영상이 있다면, 이들을 가상의 실제값(pseudo ground truth)으로 가정한다. 이렇게 가상의 실제값으로 가정된 수치고도모형과 정사영상으로부터 ray tracing 기법에 의해 모의 영상을 제작할 수 있다. 모의 영상으로부터 제안된 방법에 의해 수치고도모형을 구하여 이를 실제값으로 가정되었던 수치고도모형과 비교하는 방법에 의해 실험 및 결과 분석을 수행하였다.

스위스의 Avenches 지역의 Ascona 항공 영상 데이터를 기반으로 실험 환경이 설정되었다. Avenches 데이터는 정사영상 및 지형 및 건물에 대한 실제값(ground truth)을 포함하고 있으므로, 3차원 영상해석 과정에 대한 분석 및 평가에 효율적으로 사용될 수 있다. 본 연구에서는 Avenches 데이터에서 제공되는 정사영상과 지형 및 건축물의 3차원 모델을 이용하여 구성된 수치고도모형을 가상의 실제값으로 가정하였다. 그림 4는 실제값으로 가정된 수치고도모형과 정사영상을 나타낸다.



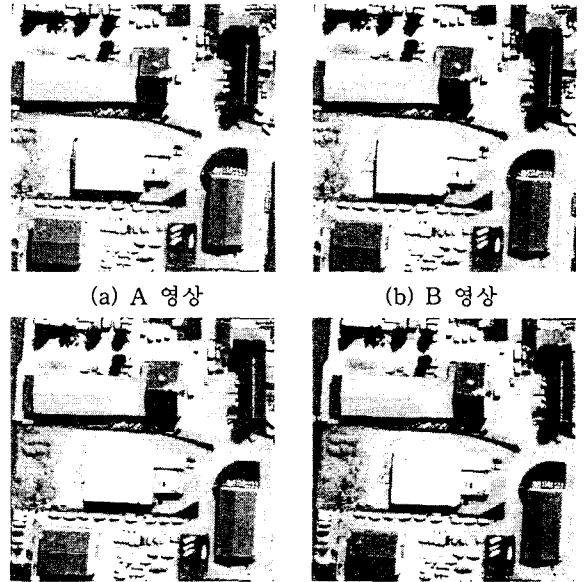
(a) DEM

(b) 정사영상

그림 4. 실제값으로 가정된 수치고도모형 및 정사영상

Fig 4. DEM and ortho-image assumed as ground truth

그림 4에 나타난 수치고도모형과 정사영상을 이용하여 photo-realistic simulator에 의해 해상도 1024×1024의 모의 영상이 제작되었다. 모의 영상은 고도 1500m 지점에서 정사영상의 좌상, 우상, 우하, 좌하의 방향에서 취득된 것같이 총 4개의 영상이 제작되었다. 그림 5는 이렇게 제작된 4개의 모의영상을 나타낸다.



(a) A 영상

(b) B 영상

(c) C 영상

(d) D 영상

그림 5. 실험에 사용된 모의영상

Fig 5. Synthetic images used in the experiments

본 연구에서는 그림 5의 4개의 모의영상으로 실험을 수행하였는데, 4개의 상에서는 6개의 스테레오 영상 쌍의 조합이 발생되며, 각 스테레오 영상 쌍에서 기준영상과 목표영상의 역할을 교환하면 총 12개의 스테레오 영상입력을 수행할 수 있다. 본 논문에서는 그 중 3가지 경우에 대해서 실험을 수행하였는데, 45도로 인접되어 취득된 영상 쌍 2가지 경우와 180도의 대칭 방향에서 취득된 영상 쌍 1가지 경우에 실험을 하였다. 이는 인접한 영상 쌍과 대칭 방향의 영상 쌍은 서로 다른 형태의 가려짐이 발생되므로, 이를 분석하기 위해 이러한 3가지 경우가 실험에서 설정되었다. 인접된 영상 쌍은 그림 5의 (a), (b) 영상 쌍과 (c), (d) 영상 쌍을 대칭 방향의 영상 쌍은 (b), (d) 영상 쌍을 이용하였다.

제안된 방법을 수행하기 위해서, 영역기반 스테레오 정합

의 실험의 첫 단계로서 에피폴라 샘플링이 수행되었다. 그림 6은 3가지 스테레오 영상 쌍에서 모의 영상 (a)와 (b)에 대한 에피폴라 샘플링이 수행된 결과이다. 에피폴라 영상을 관측한 결과 영상에서 y축으로 불일치가 나타나지 않아 에피폴라 샘플링이 적절히 수행되었음을 알 수 있다.

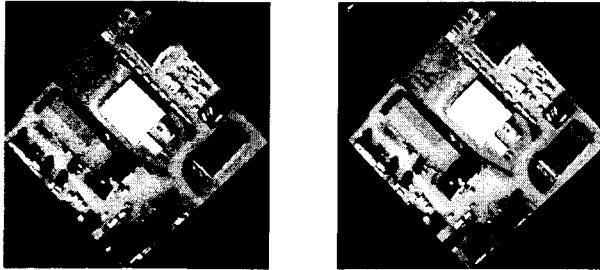
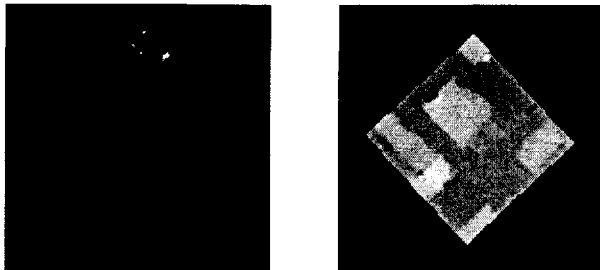


그림 6. 에피폴라 샘플링 영상
Fig. 6. Epipolar sampled images

그림 7은 그림 5의 영상 중에 (a), (b) 영상 쌍을 에피폴라 샘플링한 영상으로 생성한 불일치 영상 쌍이다. 영상 (a)를 기준영상으로 하고 영상 (b)를 목표영상으로 하여 생성한 불일치 지도가 D_{RT} 로써 그림 5의 (a)와 같이 나타나고, 기준영상과 목표영상을 바꾸어 생성한 불일치 지도가 D_{TR} 로써 그림 7의 (b)와 같이 나타난다.



(a) D_{RT}
(b) D_{TR}
그림 7. 불일치 지도
Fig. 7. Disparity maps

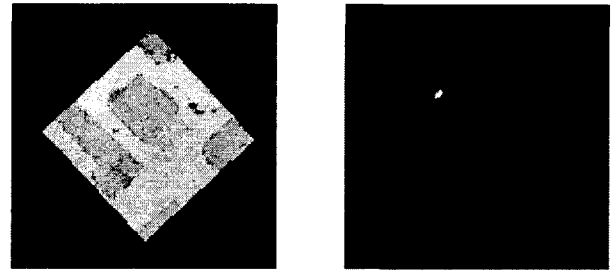
그림 7의 불일치 지도 D_{RT} 를 기준으로 불일치 지도 D_{TR} 를 LRC 방법에 의해 가려짐을 검출하여 생성된 영상이 LRC_{RT} 로 그림 8의 (a)이고, 반대로 불일치 지도 D_{TR} 를 기준으로 불일치 지도 D_{RT} 를 LRC 방법으로 가려짐을 검출한 결과 영상이 LRC_{TR} 로 그림 8의 (b)이다.



(a) LRC_{RT}
(b) LRC_{TR}
그림 8. LRC 결과 영상
Fig. 8. Result images of LRC

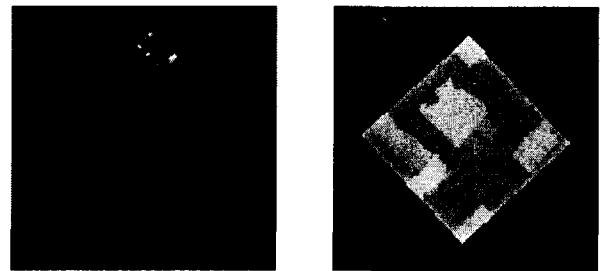
그림 7의 불일치 지도 D_{RT} 를 기준으로 불일치 지도 D_{TR} 를 OCC 방법에 의해 가려짐을 검출하여 생성된 영상이 OCC_{RT} 로 그림 9의 (a)이고, 반대로 불일치 지도 D_{TR} 를 기준으로 불일치 지도 D_{RT} 를 OCC 방법으로 가려짐을 검출한 결과 영상이 OCC_{TR} 로 그림 9의 (b)이다.

식 (5)를 구현하는 과정에서 광범위한 실험에 의해 $D_{T+1} - D_T$ 의 값이 1 이상에서 가려짐의 식별이 가능함을 알 수 있었다. 실제로 다른 여러 값으로 변화하며 실험을 수행하여 실제 가려짐과 비교해 본 결과 그 값이 2인 경우에 가장 명확한 가려짐이 검출되었다. 그림 7의 영상은 $D_{T+1} - D_T$ 의 값이 2일 때의 영상이다.



(a) OCC_{RT}
(b) OCC_{TR}
그림 9. OCC 결과 영상
Fig. 9. Result images of OCC

그림 8에서 나타난 바와 같이 LRC 방법을 이용한 가려짐 식별에서는 불일치 영상의 생성에서 발생하는 작은 물체와 영상의 크기의 차이에 의해 가려지지 않은 부분도 가려짐으로 식별하여, 정확한 가려짐이 식별되지 않았다. OCC 방법의 결과는 그림 9에서 나타난 바와 같이 LRC 방법과 비교하면 매우 정확하게 가려진 부분을 찾아내었다.



(a) $LRC-Interpolation_{RT}$
(b) $LRC-Interpolation_{TR}$



(c) $OCC-Interpolation_{RT}$
(d) $OCC-Interpolation_{TR}$

그림 10. 불일치 보간 결과 영상
Fig. 10. Disparity interpolation result images

그림 10은 그림 8과 그림 9의 영상을 불일치 보간을 수행한 결과이다. 수행결과 LRC 방법에 대한 불일치 보간 결과는 기존 불일치 지도 보다 가려짐에 의해 발생하는 정합오류를 통한 spike와 같은 오류가 많이 개선되었음을 확인 할 수 있다.

그림 11은 그림 7의 불일치 지도와 그림 10의 불일치 보간 영상을 이용하여 수치고도모형을 구성한 결과이다. 그림 7의 (a), (b) 영상을 이용한 결과보다 불일치 보간을 실시한 그림 10을 이용한 결과의 오차가 줄었음을 볼 수 있다.

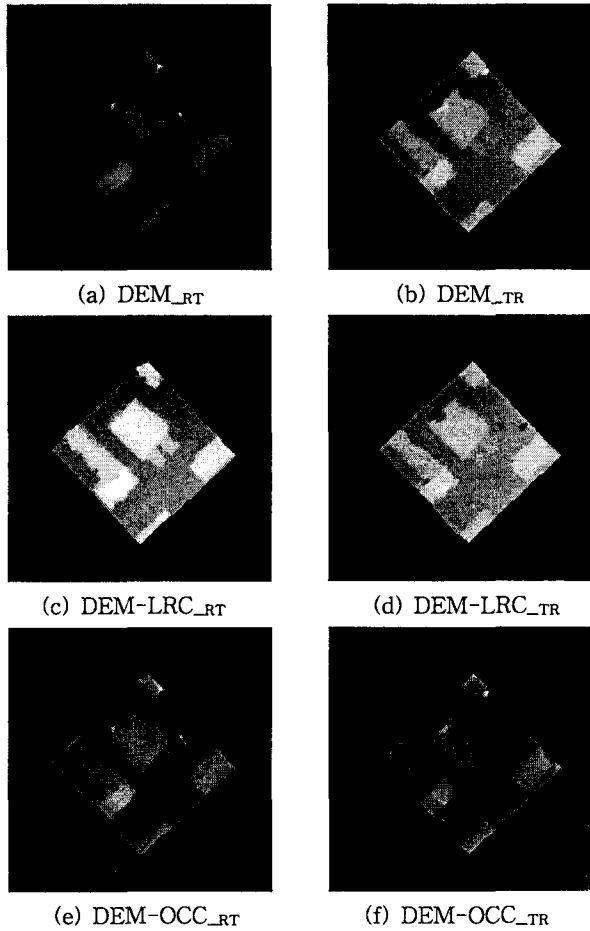


그림 11. 수치고도모형 결과 영상
Fig. 11. Result images of DEM

그림 12는 그림 5의 (c), (d) 영상 쌍과 (d), (b) 영상 쌍을 이용하여 불일치 지도를 생성 후 LRC와 OCC, 불일치 보간을 수행한 후 결과이다. 그림 11의 경우와 같이 LRC 방법과 OCC 방법을 실시하고 불일치 보간을 수행한 결과에서 오차가 줄었음을 볼 수 있다.

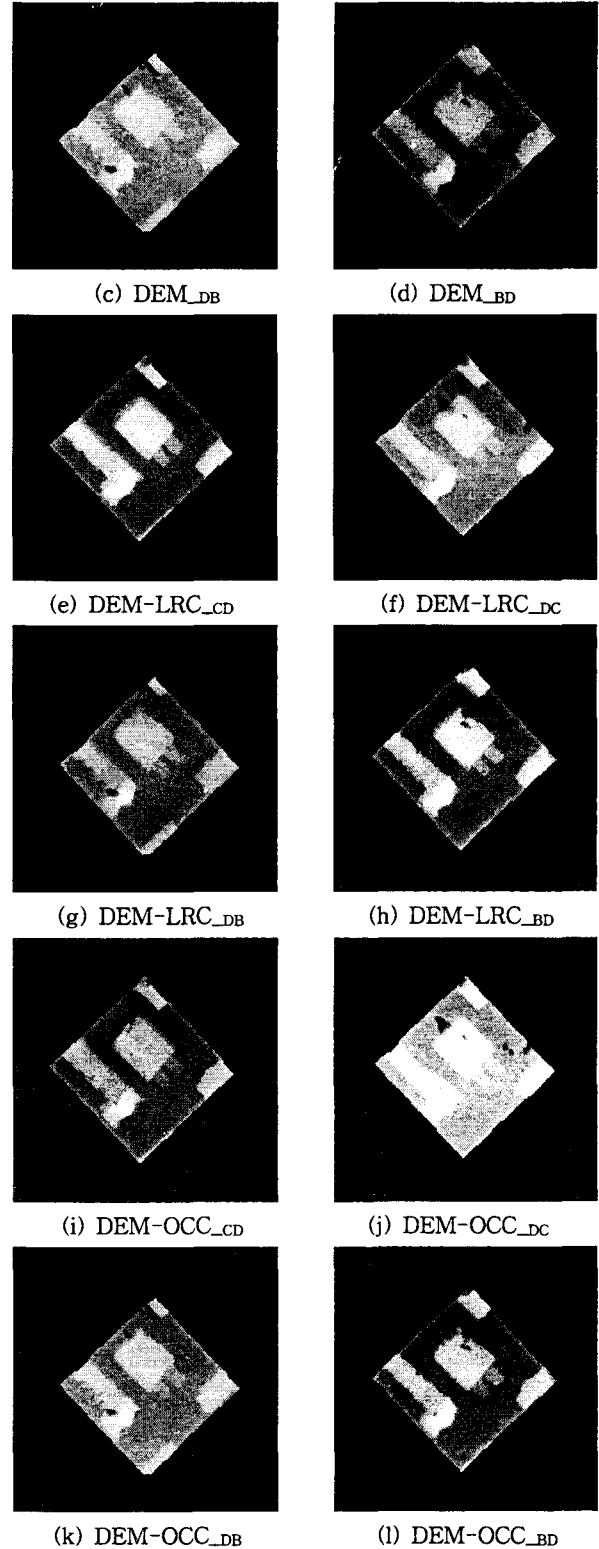
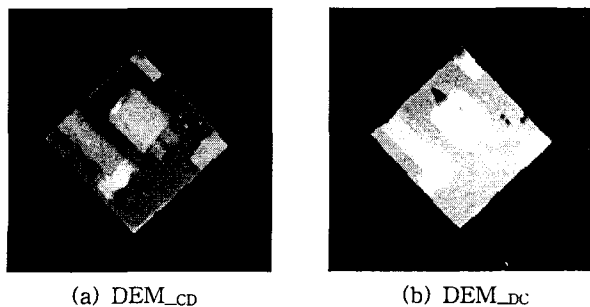


그림 12. 다른 영상쌍의 수치고도모형
Fig. 12. DEM of other stereo images

3.2 실험 결과 분석

본 논문에서 제안한 불일치 보간을 실시한 LRC 방법과 OCC 방법을 이용한 수치고도모형과 불일치 지도만을 이용한

수치고도모형을 그림 4의 (a)에서 보여지는 실제값으로 가정된 수치고도모형과 정량적으로 비교하여 오차를 구하였다. 오차를 구하는 방법에는 rms방법을 적용하였다. 식(7)은 rms의 수식적 표현이다.

$$W_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (x(i,j) - \overline{x(i,j)})^2} \quad (7)$$

여기서, $x(i,j)$ 는 영상화소의 고도 값이고, $\overline{x(i,j)}$ 는 영상화소의 고도값 평균이다. N은 유효 고도 값의 수이다. 이렇게 구한 값을 이용하여 오차를 구하였다. 표 1은 그림 11의 수치고도모형 영상과 그림 12의 수치고도모형 영상을 실제값과의 RMS오차이다. 세 가지 방법 중에 OCC 방법이 기존 불일치 지도를 사용한 방법보다 RMS 오차가 약 30%~90% 향상되어 가장 정확했으며, LRC 방법도 기존의 불일치 지도를 사용한 방법보다 RMS 오차가 약 10%~60% 향상되었다. 표 1에서 영상쌍 1은 그림 5의 (a), (b)를, 영상쌍 2는 그림 5의 (c), (d)를, 영상쌍 3은 그림 5의 (b), (d)를 말한다.

표 1. 실제값과 차로 구해진 수치고도모형의 평균오차
Table 1. Average errors of difference between ground truth and DEM

| 구 분 | | DEM | DEM-LRC | DEM-OCC |
|----------|-----------|-------|---------|---------|
| 실험 영상쌍 1 | 오차 (RT영상) | 0.389 | 0.255 | 0.108 |
| | 오차 (TR영상) | 1.243 | 1.137 | 0.137 |
| 실험 영상쌍 2 | 오차 (RT영상) | 0.223 | 0.109 | 0.094 |
| | 오차 (TR영상) | 2.241 | 2.159 | 1.865 |
| 실험 영상쌍 3 | 오차 (RT영상) | 1.459 | 1.383 | 1.164 |
| | 오차 (TR영상) | 0.122 | 0.040 | 0.029 |

4. 결 론

본 논문에서는 스테레오 영상으로부터 불일치 지도를 구하여 수치고도모형을 구하는 과정에서 보다 정확한 수치고도모형을 구하기 위해 스테레오 영상의 가려진 영역을 정확히 식별하는 방법을 연구하였다. 이를 위해 LRC 방법과 OCC 방법을 사용하여 불일치 지도에서 가려진 영역을 식별하였다. 일련의 과정에서 LRC 방법은 스테레오 영상으로부터 불일치 지도를 생성하는 과정에서 작은 물체와 좌우영상의 획득위치 차이로 인한 영상의 차이가 가려진 영역으로 식별되어 비교적 신뢰도가 낮았고, OCC 방법은 불일치 값의 차가 2일 경우 가려진 영역을 정확히 식별하였다. 실험 결과에서 보듯이

OCC 방법에 의해 검출된 가려진 영역을 개선한 결과가 가장 정확한 수치고도모형을 발생함을 알 수 있었다. 따라서 OCC 방법에 의해 가려진 영역을 검출하고, 이를 보간한 값으로 대체하면 더욱 더 정교한 DEM을 발생할 수 있다. 이러한 일련의 방법은 정교한 3차원 재구성에 효과적으로 적용 가능하다. 본 연구에서 수행되었던 실험은 한 지역의 도심지역 영상에 의해 수행된 것이다. 따라서 더욱 다양한 실험영상을 획득하여 추가적인 실험을 수행함에 의해, 제안된 두 가지 방법의 능력을 보다 더 정확히 검증하는 과정이 필요하다.

감사의 글

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

참 고 문 헌

- [1] 우동민, "적응적인 스테레오 정합 기법에 의한 3차원 지형 복원", 대한전기학회 논문집 47권 12호, pp. 2229-2236, 1998.
- [2] B. Jahne and H. Haubecker, "Handbook of Computer Vision and Applications", Academic Press. pp. 411-449, 1999.
- [3] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, "Digital Image Processing", Addison-Wesley Pub. Co, pp. 580-586, 1992.
- [4] M. Drumheller and T. Poggio, "On parallel stereo", Proc. Int. Conf. Robotics and Automat., pp. 1439-1448, 1986.
- [5] H. Schultz, "Terrain Reconstruction from Widely Separated Images", Proc. SPIE, Vol. 2486, pp.113-123, 1995.
- [6] C. Lawrence Zitnick and T. Kanade, "A Cooperative Algorithm for Stereo Matching and Occlusion Detection", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. 22, no. 7, pp. 1-10, 2000.
- [7] G. Egnal and R. P. Wildes, "Detecting Binocular Half-Occlusion : Empirical Comparisons of Five Approaches", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. 24, no 8, pp. 1127-1133, August 2002.
- [8] 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.
- [9] K. Konolige, "Small Vision Systems : Hardware and Implementation", Proc. Int'l Symp. Robotics Research, 1997.
- [10] J. Weng, N. Ahuja, and T. S. Huang, "Two-View Matching", Proc. Int'l Conf. Computer Vision, pp.64-73, 1988.
- [11] S. S. Intille and A. F. Bobick, "Disparity-Space

Images and Large Occlusion Stereo", Proc. European Conf. Computer Vision, pp.179-186, 1994.

- [12] H. Schultz, E. M. Riseman, F. R. Stolle and D. M. Woo, "Error Detection and DEM Fusion Using Self-consistency", 7th IEEE International Conference on Computer Vision, 1999.

저 자 소 개



이 한 구(李 漢 求)

1994년 명지대 제어계측공학과 졸업
2005년 명지대 정보제어공학과 졸업(석사)



우 등 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