

대축척 정사보정영상 생성을 위한 폐색지역 탐지 및 복원

Detecting and Restoring the Occlusion Area for Generating Digital Orthophoto

조우석¹⁾ · 장휘정²⁾

Cho, Woosug · Chang, Hwi Jeong

¹⁾ 인하대학교 공과대학 토목공학과 조교수(E-mail:wcho@inha.ac.kr)

²⁾ 인하대학교 대학원 지리정보공학과 박사과정(E-mail:g2001330@inhavision.inha.ac.kr)

Abstract

During the past, digital orthophoto is generated for rural area or low resolution image, because the accurate extraction of DEM is difficult for urban area. But, nowadays, high resolution DEM by ALS system starts to become available for urban area, so the importance of large scale digital orthophoto generation becomes increasing. In this paper, we propose and describe effective algorithm for detecting occlusion area and not only restoring occlusion area but also processing null pixels by occlusion area for minimizing the heterogeneity of digital orthophoto. With proposed algorithm, we detected occlusion area due to height of structures, such as buildings, bridges, etc, and restored occlusion area using reference image. Also, The homogeneity of generated digital orthophoto was improved by using brightness correction.

1. 서 론

정사영상(orthoimage)은 지도가 가지고 있는 기하학적 성질과 사진 또는 영상이 가지고 있는 이미지적 성질이 결합된 사진영상으로써, 수치지도와 마찬가지로 모든 점이 그 지점의 상대적인 실제 평면위치를 가지게 되어 거리, 면적, 위치 등의 정확한 측정이 가능하다. 또한 정사영상은 수치지도에서처럼 선택·취사된 정보를 일반화 또는 기호화 하여 표현한 것이 아닌 우리가 눈으로 보는 실세계를 영상으로 표현하고 있기 때문에 수치지도보다 효과적으로 정보를 인식할 수 있는 장점을 가지고 있다.

정사영상은 원 영상에 대한 외부표정요소와 DEM(digital elevation model)을 이용하여 제작되며, DEM의 정확도는 정사영상의 정확도에 커다란 영향을 미친다. DEM을 생성 및 획득할 수 있는 방법에는 기존의 수치지형도의 등고선 데이터와 Spot Height를 이용하거나 해석도화기를 이용하여 추출할 수도 있으며, 수치사진측량도화기를 이용하여 자동 또는 반자동 추출이 가능하다. 해석도화기를 이용하는 경우 정확한 DEM을 얻을 수 있지만 많은 노력과 시간이 필요하며, 이외의 다른 방법들은 지형의 변화가 평탄한 지역에서는 비교적 정확하지만, 급격한 높이의 변화가 있는 지형 및 지물에서는 원하는 정확도를 얻지 못하였다. 이러한 이유로 인하여 그동안 정사영상은 지형의 변화가 적은 비도심지역이나 낮은 해상도의 영상에 대해 제작되어 왔다. 최근 정밀한 DEM 생성이 항공레이저스캐닝시스템(Airborne Laser Scanning System)에 의해 가능하게 됨에 따라 도심지역의 정사영상 제작에 관한 연구의 중요성이 증대되고 있다. 그러나 도심지역에 대한 대축척 정사영상의 제작을 위해서는 폐색지역 및 폐색에 따른 이중매핑과 같은 해결해야 할 문제점이 존재한다.

본 연구에서는 폐색지역을 탐지하기 위한 가시권 분석의 효율적인 알고리즘을 제시하고자 하며, 또한 참조영상을 이용한 폐색지역의 복원 및 참조영상에서도 얻을 수 없는 폐색지역의 Null처리에 의한 영상의 이질감을 최소화하기 위한 방안을 제시하고자 한다.

2. 정사영상 제작

정사영상을 제작하기 위해서는 여러 가지 방법이 적용될 수 있으며, polynomial, projective, differential rectification 등은 가장 많이 사용되는 방법들이다. 이들 방법 중 polynomial, projective rectification 방법은 센서의 기하나 자세와는 상관없이 영상과 정사영상과의 수치적인 변환에 의해 정의되는 근사화된 방법이다. 수치편위수정(differential rectification)은 공선조건식에 의해 물리적인 실제성을 모형화하고 기복변위를 보정한다. 이때 센서의 왜곡을 보정하기 위하여 추가적인 매개변수가 포함된다. 수치편위수정은 크게 Anchorpoint 방법과 Pixel by Pixel 방법(Mayr and Heipke, 1988)으로 나눌 수 있으며, 두 번째 방법이 좀 더 엄격한 방법으로써 수치고도모델(DEM)의 각각의 격자에 위성영상이나 항공영상의 gray value를 결정하는 것이다. 이 방법에는 영상공간(image space)에서 각각의 화소(pixel)를 대상공간(object space)으로 투영하는 직접적 방법(Mayr and Heipke, 1988)과 대상공간(object space)에서의 각각의 ground element를 영상공간(image space)으로 역투영하는 간접적 방법이 있다.

대상공간(object space)에서의 각각의 ground element를 영상공간(image space)으로 역투영하는 간접적 방법은 외부표정요소와 공선조건식을 이용하여 지상좌표에 대응하는 영상좌표를 결정한다. 따라서 간접적 방법에 의한 정사영상의 생성은 DEM 각 격자의 X, Y, Z에 해당하는 영상좌표를 결정하여 해당 화소의 gray value를 가져오므로써 이루어진다. 이 방법은 직접적인 방법과 달리 반복계산을 필요로 하지 않기 때문에 직접적인 방법에 비해 적은 계산량을 가지는 장점이 있다. 이러한 이유로 정사영상 제작에 간접적인 방법이 많이 이용된다. 하지만 폐색지역에 대한 고려가 없을 경우 이중매핑이 발생하게 되므로 폐색지역에 대한 탐지가 요구된다. 따라서 본 연구에서는 Pixel by Pixel 방법 중 정사영상 제작에 가장 많이 이용되고 있는 간접적인 방법에 의해 정사영상을 제작하고, 이때 높이를 가지고 있는 지형지물에 의해 발생할 수 있는 폐색지역을 탐지하고, 참조영상을 이용하여 해당 지역을 복원한다. 참조영상을 이용하여 폐색지역을 복원하여 폐색지역을 최소화시킨다 할지라도 참조할 영상이 제한적이거나 지형조건 또는 관측조건에 따라 여전히 폐색지역이 존재할 수도 있다. 본 연구에서는 이용가능한 모든 영상에서 폐색인 지역에 대해 폐색을 일으키는 부분과 흡사한 원영상의 일정부분을 패치영상으로 이용하여 Null처리에 의한 영상의 이질감을 최소화 하고자 한다. 정사영상을 제작하기 위한 흐름도를 살펴보면 아래 그림 1과 같다.

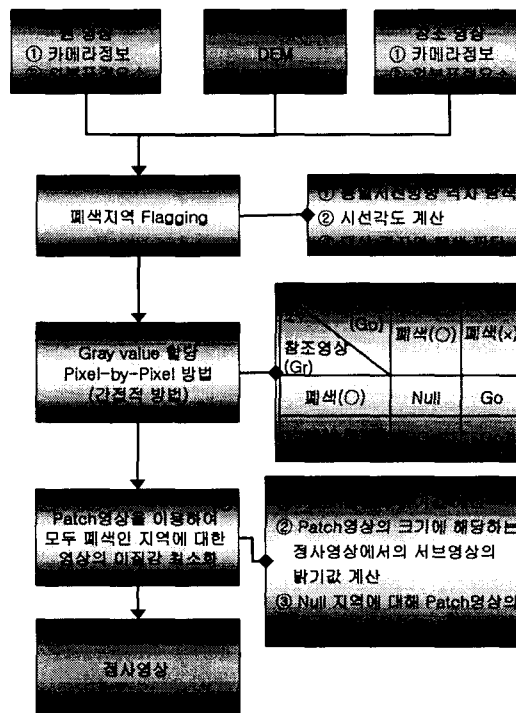


그림 1. 흐름도

3. 폐색지역 탐지 및 복원

폐색지역이란 센서에 의해 대상지역에 대한 정보를 획득할 때 높이를 가지고 있는 지형지물에 가려 정보를 얻을 수 없는 부분을 말하며, 정사영상 생성시 폐색영역에 대한 처리를 고려하지 않으면 생성되는 정사영상은 폐색영역의 gray value에 폐색을 일으키는 지형지물의 gray value를 배정하게 되어 같은 지형지물이 두 번 나타나는 이중매핑 현상이 발생하게 된다.

본 연구에서는 센서의 투영중심과 DEM을 이용하여 정사영상 각 화소에서의 폐색여부를 결정하게 된다. 정사영상의 해상도와 DEM의 격자간격이 동일하다는 가정하에 투영중심에서의 시선방향과 같은 방향에 있는 DEM 격자들의 폐색여부를 판단하게 된다. 이때 폐색여부는 그림 2에서와 같이 투영중심의 수직방향에서 대상 격자(또는 pixel)로의 각도가 이전 격자(또는 pixel)들이 이루는 각도보다 작다면 대상 격자(또는 pixel)는 폐색영역이 된다. 제안된 알고리즘은 DEM에서 동일 시선방향을 갖고 있는 격자들을 효율적으로 탐색하기 위해 투영중심과 DEM 외곽 경계선을 이루는 격자들을 지나는 매개변수방정식을 이용하게 된다.

$$x = x_1 + t(x_2 - x_1) \tag{1}$$

$$y = y_1 + t(y_2 - y_1) \tag{2}$$

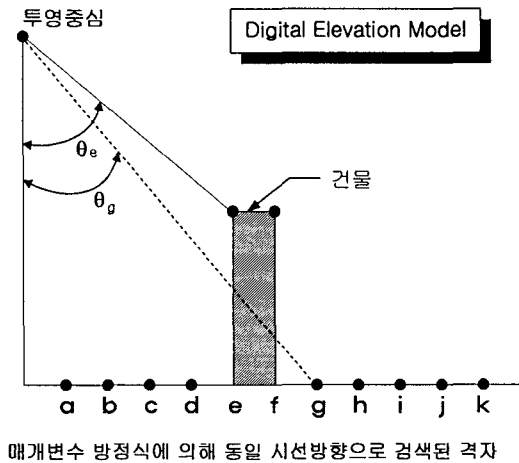


그림 2. 폐색여부 결정 방법

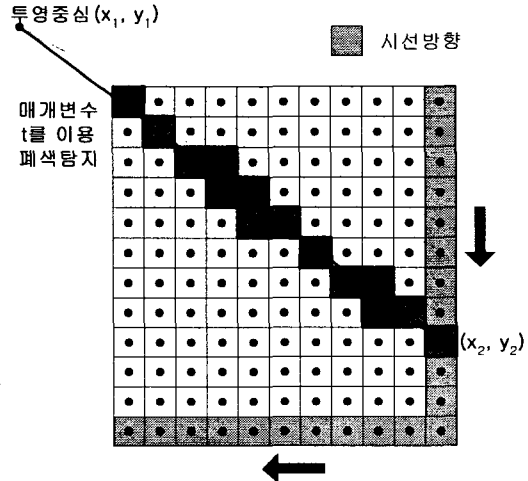


그림 3. 시선방향 탐색 방법

여기서 (x_1, y_1) 은 투영중심의 x, y 좌표이며 (x_2, y_2) 는 시선방향, (x, y) 는 동일 시선방향에 존재하는 격자의 위치를 나타낸다. 그림 3에서 회색으로 처리된 격자는 시선방향을 계산하기 위해 참조하는 격자를 의미한다. 격자들의 폐색여부를 판단하기 위하여 매개변수방정식을 이용함으로써 동일 시선방향을 갖는 격자들을 효율적으로 탐색할 수 있으며, 이때 격자들이 이중으로 탐색되는 경우 또한 없다.

폐색으로 판단된 지역에 대해서는 gray value를 null값으로 배정함으로써 불완전한 형태의 영상이 제작된다. 본 연구에서는 정사영상을 만들고자 하는 영상을 원영상이라 정의하고, 원영상의 폐색지역 복원을 위해 사용하는 영상을 참조영상이라 정의한다. 원영상에서 폐색이라고 판단된 화소는 참조영상에서의 폐색여부를 판단하여 폐색이 아닐 경우 참조영상의 gray value를 만들어질 정사영상에 부가함으로써 폐색지역이 복원된다.

이때 고려해야 할 점은 참조할 영상이 제한적이거나 지형조건 또는 관측조건에 따라 여전히 남아 있을 수 있는 처리되지 못하는 Null화소이다. 특히 고층아파트들이 밀집되어 있는 대도시지역 같은 경우 건물들이 매우 높기 때문에, 발생하는 폐색지역이 매우 클 수 있으며, 이들 Null화소에 의해 생성된 정사영상의 이질감은 매우 크다. 따라서 본 연구에서는 정사영상에서 Null에 의한 영상의 이질감을 최소화하기 위해 폐색을 일으키는 지역을 가장 잘 반영할 수 있는 색조의 원영상 일부분을 패치영상으로 하여

Null화소를 처리한다. 이때 두 영상간의 색상의 차이를 최소화하기 위해 두 영상의 밝기값 분석을 통해 밝기값의 차이만큼을 보정한다.

$$ORTHOg = PATCHg + (Pb - Ob) \tag{9}$$

여기서 ORTHOg는 Null화소가 처리된 정사영상의 gray value값을 의미하며, PATCHg는 패치영상의 gray value, Pb와 Ob는 각각 패치영상 밝기값의 평균, 정사영상에서 해당지역 패치영상 크기만큼의 밝기값의 평균을 의미한다.

4. 실험 및 분석

실험을 위해 선정된 대상지역은 경기도 과천시 일부 지역으로 적당한 높이와 다양한 형태의 건물들이 분포되어 있는 지역이다. 그림 4와 5는 실험에 사용된 영상으로 1998년 3월 1일에 초점거리 152.85mm인 RC30(WILD) 항공사진측량 카메라에 의해 취득된 사진을 27 μ m로 자동독취한 영상이다. 촬영축척은 1:5,000으로써 영상에서 하나의 화소에 대한 실제 공간해상력은 13.5cm 이다. 항공영상에 대한 외부표정요소는 Intergraph사의 Imagestation SSK Pro의 항공삼각측량 모듈에 의하여 획득하였다.

엄밀한 의미에서의 정사영상을 제작하기 위해서는 사용될 DEM이 지표공간(ground space)이 아닌 표면(surface)에 대한 높이정보를 갖고 있도록 하여야 한다. 이를 위해 본 실험에서는 해석도화기를 이용한 도화데이터를 이용하여 DEM을 생성하였다.



그림 4. 원영상

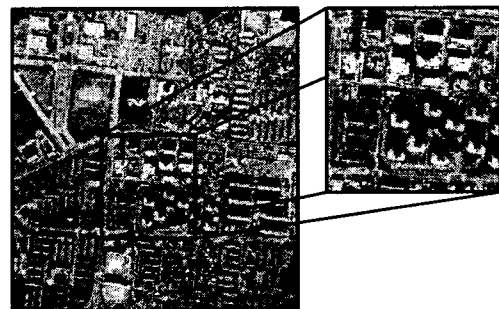


그림 5. 참조영상

생성된 DEM은 격자간격 0.1m, 크기는 3630*4474(row*col)로써 포함하는 범위는 TM 좌표로 좌상단 (199036.300, 436121.300), 우하단(199483.700, 435758.300)이다. 그림 6은 사용된 DEM을 보여준다.

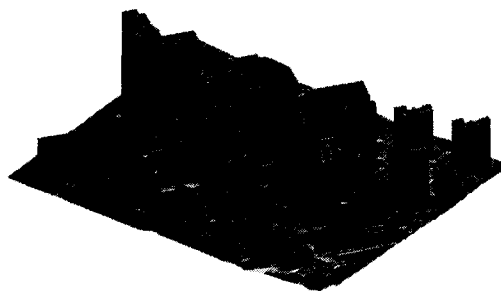


그림 6. Digital Elevation Model

원영상과 참조영상에서 모두 폐색인 화소는 앞서 제안한 방법에 의해 색상보정을 하였다. 그림 7은

제안된 알고리즘에 의해 생성된 결과영상이며, 사각형으로 표시된 부분을 확대하여 원 영상 및 폐색에 대한 처리를 하지 않은 영상은 그림 8과 같다. 정사영상 제작시 폐색을 고려하지 않으면 그림 9에서 보는 바와 같이 폐색지역에 대한 정보를 투영중심을 기준으로 방사방향으로 기울어진 부분에서 참조하여 건물이 이중맵핑된 것을 확인할 수 있다. 그림 10은 가시권 분석을 통해 폐색지역으로 탐지된 부분을 검게 처리한 영상으로써 고층아파트에 의한 폐색지역이 상당히 넓음을 확인할 수 있다.

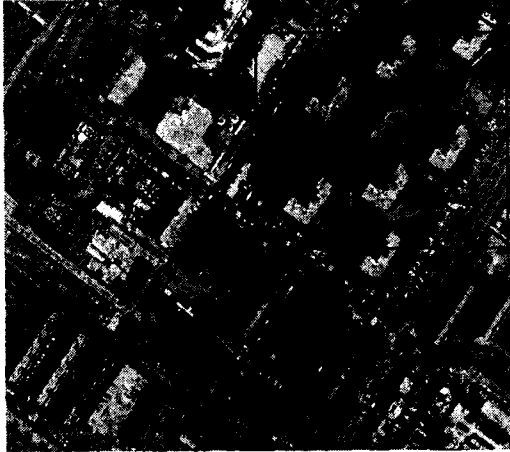


그림 7. 폐색복원 및 Null 화소 보정된 정사영상



그림 8. 부분확대한 원영상



그림 9. 폐색을 고려하지 않은 경우(이중매핑)

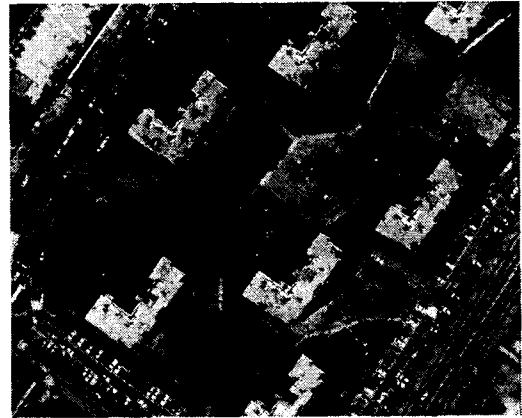


그림 10. 폐색지역을 검게 처리한 경우

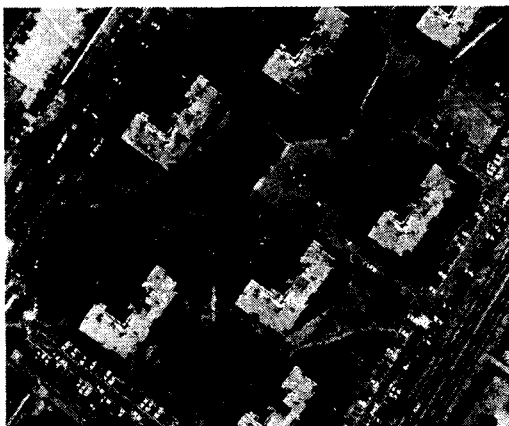


그림 11. 참조영상을 이용하여 폐색을 복원한 경우



그림 12. 패치영상을 이용하여 Null 화소 처리한 경우

그림 11은 폐색지역으로 탐지된 부분을 참조영상을 이용하여 복원한 영상으로 여전히 폐색지역이 넓게 존재함을 볼 수 있다. 이처럼 남아있는 폐색지역에 대해 패치영상의 밝기값 분석을 통해 폐색지역을 보정한 결과는 그림 12와 같다. 패치영상을 이용함으로써 인해 Null화소에 의한 영상의 이질감이 줄어들음을 확인할 수 있다. 한편 영상에서 보여지는 건물 가장자리의 잔류화소는 사용하는 DEM의 정확도에 기인한 것으로, 정사영상의 품질에 사용하는 DEM의 정확도가 미치는 영향을 확인할 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 폐색지역을 탐지하기 위한 가시권 분석의 효율적인 알고리즘을 제시하였으며, 또한 참조영상을 이용한 폐색지역의 복원 및 참조영상에서도 얻을 수 없는 폐색지역에 대한 영상의 이질감을 최소화하기 위한 방안으로 패치영상의 이용가능성을 모색하였다. 폐색격자를 탐색하기 위해 투영중심과 DEM 외곽 경계선에 위치한 격자들을 지나는 매개변수방정식을 이용함으로써 탐색의 효율성을 향상시켰다.

제안된 알고리즘에 의하여 높이를 가지고 있는 구조물에 의한 폐색지역을 탐지하였으며, 폐색지역에 대한 정보를 참조영상을 이용하여 복원하였다. 원영상에서의 폐색지역은 고층건물로 인하여 넓게 존재하였으며, 이로 인하여 참조영상을 이용하여 복원한 후에도 폐색지역이 넓게 잔류하고 있었다. 제안된 패치영상을 이용하는 방안에 의하여 원영상과 참조영상 모두에서 폐색인 지역을 보정하였다. 이를 통해 생성된 정사영상은 패치영상 보정 전 보다 이질감을 최소화할 수 있었다. 그러나 패치영상의 이용은 영상의 여러 곳에서 나타나는 폐색지역이 모두 비슷한 형태일 때 효율적이며 전혀 다른 형태들이 서로 혼재되어 있을 때에 대한 연구가 필요하다. 또한 패치영상 보정 후 해당지역의 국지적인 색조정합기법에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- 권오형, 김용일, 김형태(2000) 수치정사투영영상 제작을 위한 폐색영역의 탐지와 복원, **대한원격탐사학회 춘계학술대회 논문집**, pp. 143 148.
- 유환희, 송영선, 성재열(1999) 대축척 정사투영영상 생성을 위한 건물폐색보정, **대한토목학회논문집**, 제 19권, 제3 2호, pp. 305 312.
- Fahmi Amhar, Robert Ecker(1996) An Integrated solution for the problems of 3D man made objects in digital orthophotos, *International Archives of Photogrammetry and Remotes Sensing*, Vol. 31, Part B4, pp. 4 89.
- Kurt Novak(1992) Rectification of Digital Imagery, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 58, No. 3, pp. 339 344.
- Liang Chien Chen, Liang Hwei Lee(1993) Rigorous Generation of Digital Orthophotos from SPOT Images, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 59, No. 5, pp. 655 661.
- Maxim Fradkin, Uzi Ethrog(1997) Automatic generation of distortionless digital orthophoto, *International Archives of Photogrammetry and Remotes Sensing*, Vol. 32, part 3 2W3, pp. 39 46.
- Renata(2000) Vector data in semi automatic corrections of dense DEM for orthoimages generation", *International Archives of Photogrammetry and Remotes Sensing*, Vol. 33, Part B3, pp. 452 456.