

다중영상 강화에 의한 고해상도 수치영상획득 The Digital Image Acquisition of High-resolution by Enhancing the Multiple Images

강준목* · 오원진** · 엄대용***

Kang, Jun-Mook · Oh, Won-Jin · Um, Dae-Yong

요 旨

각종 영상매체와 수치영상처리 기술이 발전함에 따라 수치영상을 이용한 대상물의 정량적 또는 정성적 분석에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 높은 정확도의 영상해석에 있어 고해상도의 영상획득 시스템에 대한 의존도가 매우 높은 실정이며 이들은 고가의 장비라는 문제점을 안고 있다. 본 연구에서는 저가의 영상획득 시스템에 의해 획득한 다중영상을 강화·분석하여 최적의 강화조건을 도출하고 이를 적용하여 3차원 정확도 분석을 실시하였다. 저해상도의 원시영상과 최적의 조건에 의해 강화한 영상을 이용하여 평균 3차원 위치오차를 분석한 결과, 강화영상은 원시영상에 비해 10%정도 향상된 정확도를 보였다.

ABSTRACT

The study about quantitative or qualitative analysis of object using digital image is being progressed actively with the development of the image medium and image process technique. But, it is very high that the dependency about image acquisition system of high resolution for image analysis of high accuracy and it is a equipment of high-price. In this study, I extracted the optimum condition of image enhancement by analyzing and enhancing the multiple images which were acquired by system of low-price. And I carried out the analysis of 3D accuracy by being applied the optimum condition of image enhancement. In the result of analysis of average 3D positioning error using law image and enhanced image which is acquired by applying the optimum condition of image enhancement, I could obtain the progressed accuracy about 10% on the enhanced image.

1. 서 론

최근 고해상도의 센서 개발과 더불어 고정확도의 영상 분석이 가능하여짐에 따라 수치사진측량에 의한 VM (Vision Metrology) 분야에 많은 발전이 이루어지고 있다. 그러나 수치사진측량의 발전에도 불구하고 그 응용에 있어서 가장 큰 제약은 고해상도의 영상획득을 위한 비용이다. 고해상도 영상획득 시스템은 매우 고가일 뿐 아니라 컴퓨터 내 큰 저장용량을 요하게 된다는 점에서 사용자들에게 큰 부담이 되고 있으며 사용범위가 제한될 수 있다는 단점을 가지고 있다.

최근 들어 이러한 단점을 개선하기 위한 노력으로 소

프트웨어적 해법을 이용하여 저가의 시스템에 의해 획득된 영상의 해상도를 향상시키고자 하는 연구에 관심을 갖게 되었다. 이러한 기법은 저해상도의 다중영상으로부터 획득된 밝기값 정보를 최소제곱법에 의해 합성하여 고해상도의 영상을 생성하는 방법으로 이를 사진측량분야에 적용하기 위해서는 먼저 이에 대한 신뢰도 분석이 필수적으로 선행되어야 한다.

이에 본 연구에서는 저해상도 다중영상을 이용하여 고해상도의 영상을 획득하고 이에 대한 정확도 분석을 실시하고자 입력영상수, 처리시간, 강화비, 노이즈 등을 매개변수로 하여 최적의 영상수 및 강화비를 결정하고 강화과정에서 발생하는 노이즈와 영상의 해석정확도와의 관계를 분석하고자 하였다. 또한 자체 개발한 수치영상 측정 프로그램을 이용하여 원시영상과 강화영상에 대한 영상측정정확도와 3차원 위치정확도를 분석하므로써 보다 경제적인 방법에 의한 고해상도 영상획득과 고정확도

*충남대학교 토목공학과 교수

**충청대학 지적과 부교수

***충남대학교 대학원 박사과정

의 영상해석이 가능한 수치영상획득기법을 제시하고자 하였다.

2. 영상강화

본 알고리즘은 저해상도의 영상을 이용하여 고해상도의 영상을 생성하고자 하는 시도로써, 우선 최소제곱정합법을 적용하여 저해상도의 영상들간의 이동량과 회전량을 결정한다. 그리고 원시영상의 밝기값과 함께 변수로 이용하여 관측방정식을 형성하고 최소제곱법에 의해 이들 관측방정식의 해를 구하므로써 새로운 밝기값을 생성하는 방법이다(그림 2). 이들 강화요소(enhancement factor)는 표본화이론으로부터 유도되어지며 또한 이 이론으로부터 유도되어진 나이퀴스트 이론(Nyquist theo-

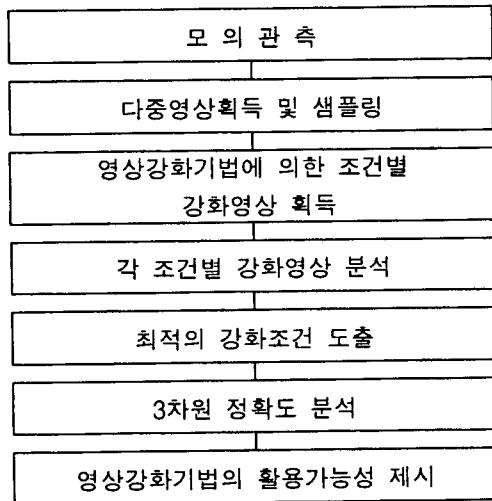
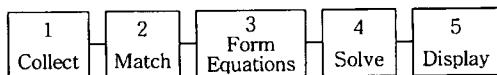


그림 1. 연구내용 흐름도



1. Collect several low resolution images
2. Determine pixel offsets of each image from the first using least-squares area-based image matching. Select an enhancement ratio. This determines the size of the high resolution pixels
3. Form sets of equations using the offsets as coefficients, the enhancement ratio and the coarse graylevel values.
4. Solve for finer resolution pixels.
5. Display the resulting higher resolution image.

그림 2. 영상강화기법의 흐름도

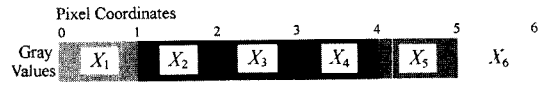


그림 3. 강화영상의 픽셀일부

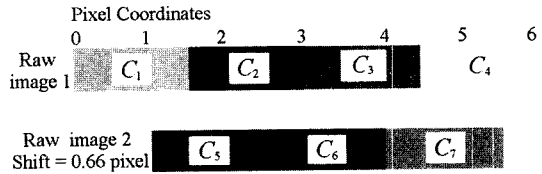


그림 4. 원시영상의 픽셀일부

rem)은 강화의 양을 제한하는 요소로서 작용하여 2배 이상의 강화를 제한하게 된다.

다음은 알고리즘에 이용된 방법들의 한 예이다. 이는 1차원의 극히 간단한 경우로 최소제곱해를 위한 정규방정식의 형성과정을 나타낸 것이다. 저해상도 영상을 이용하여 해상도를 향상시킨 영상으로부터 한 라인의 일부 6개의 픽셀에 대해 고려해보면 그림 3과 같다.

X_n 는 최소제곱해에서 고해상력 픽셀의 미지 밝기값으로 가정하고 두 개의 원시영상으로부터 이들 미지수를 결정하는 과정을 고려한 것이다. 결과픽셀과 원시픽셀의 비는 3:2로 가정한다. 여기서 가정한 비는 3개의 결과픽셀의 길이와 2개의 원시픽셀 길이가 같음을 의미하는 것이며 원시영상 1에서 첫 번째 픽셀과 결과영상의 첫 번째 픽셀이 일치하였다고 가정한다.

결과픽셀좌표는 모든 원시영상이 정합되고 상대적인 이동량이 결정될 때까지 미지값이다. 원시영상사이의 이동량은 영역기반정합기법에 의해 결정되며 결과픽셀의 단위길이는 강화비율에 의해서 결정된다. 여기서, 강화비는 ξ 로 표시하고 3:2이다. 이 방법에서 관측방정식은 각 원시픽셀에 대해 세워질 수 있다. 원시영상 1에서 픽셀은 C_1, C_2, C_3, C_4 로 표시하고, 원시영상 2에서 픽셀은 C_5, C_6, C_7 로 표시한다. 중복도와 강화비를 고려한 관측방정식은 다음과 같이 구성되어진다.

$$C_1 = \left(X_1 + \frac{1}{2}X_2 \right) * \xi^{-1}$$

$$C_2 = \left(\frac{1}{2}X_2 + X_3 \right) * \xi^{-1}$$

$$C_3 = \left(X_4 + \frac{1}{2}X_5 \right) * \xi^{-1}$$

$$\begin{aligned}
 C_4 &= \left(\frac{1}{2}X_5 + X_6\right) * \xi^{-1} \\
 C_5 &= \left(X_2 + \frac{1}{2}X_3\right) * \xi^{-1} \\
 C_6 &= \left(\frac{1}{2}X_3 + X_4\right) * \xi^{-1} \\
 C_7 &= \left(X_5 + \frac{1}{2}X_6\right) * \xi^{-1}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

관측방정식의 풀이는 최소제곱법을 이용하게 되며 이는 식(2)와 같이 표현된다.

$$[C] = [A] [X] \tag{2}$$

여기서 [C]는 원시픽셀의 밝기값이고 [X]는 결과픽셀의 밝기값이며, [A]는 계수행렬이다. 이 경우 $\xi^{-1}=2/3$ 이다.

$$[A] = \xi^{-1} \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/2 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1/2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/2 & 1 \\ 0 & 1 & 1/2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/2 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1/2 \end{bmatrix} \quad [C] = \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \\ C_5 \\ C_6 \\ C_7 \end{bmatrix}$$

방정식의 해는

$$[X] = [A^T A]^{-1} * [A^T C] = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ X_6 \end{bmatrix} \tag{3}$$

식(3)과 같이 계산되어질 수 있다.

3. 시스템 구축

3.1 영상획득

본 연구에서는 비교적 저가의 SONY MVC-FD7 Digital Mavica Camera와 Kodak DC50 Zoom Digital Camera를 모의관측과 3차원 정확도 분석을 위한 영상획득시스템으로 각각 이용하였다.

SONY MVC-FD7 Digital Mavica Camera는 640×420픽셀을 가지는 CCD센서로 구성되어 있다. 그리고 촬영 후 저장을 위해 3.5" 플로피 디스크를 사용하도록 고

안되어 있어 컴퓨터와의 어떠한 연결작업이나 케이블을 필요로 하지 않으며, 대부분의 컴퓨터는 JPEG필터를 포함하고 있으므로 부가 소프트웨어가 필요하지 않다. 또한 자체내 메뉴기능을 갖추고 있기 때문에 사용자가 간편하게 영상을 획득할 수 있는 시스템이다.

Kodak DC50 Zoom Digital Camera는 756×504픽셀의 CCD센서로 구성된다. 본 시스템은 촬영영상의 저장을 위해 PCMCIA 메모리 카드를 이용하며 1MB의 내부저장공간을 가지므로 케이블을 이용해 카메라로부터 직접 다운로드도 가능하도록 구성되어 있다. 본 실험에서는 2MB 크기의 메모리 카드를 이용하였으며 영상의 다운로드를 위해서 Photoenhancer 소프트웨어를 이용하였다. Photoenhancer 소프트웨어에서는 영상의 디스플레이는 물론 원파일 포맷을 다양한 파일포맷으로 변환할 수 있으며 자체내에 영상처리 알고리즘을 적용하므로써 비교적 고화질의 영상을 획득할 수 있도록 고안되어 있다.

3.2 영상분석

3.2.1 영상강화

본 시스템은 초기 데이터의 입력을 위한 입력원도우인 "In.enh"와 알고리즘에 의해 입력된 데이터를 처리하여 새로운 밝기값을 산출하므로써 해상도가 향상된 영상을 생성하는 "Enhnc_w1"으로 구성되어 있다. 입력원도우에서는 입력파일명, 결과파일과 요약파일명을 지정하도록 하였으며 강화의 정도를 표시하는 강화비, 구역의 크기, 최대반복계산 횟수, 노이즈의 부과여부 및 부과값 등 입력정보를 설정하게 된다.

그리고 처리결과를 저장하기 위한 결과파일과 요약파일을 생성하도록 설계하였다. 결과파일에서는 영상간의

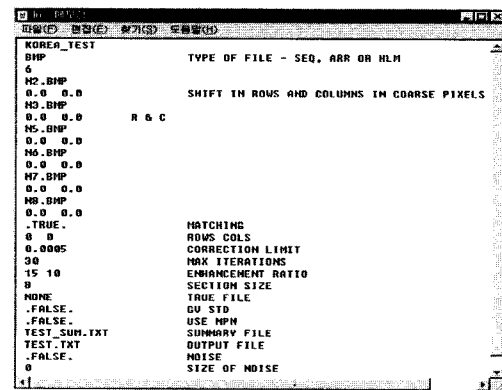


그림 5. 입력자료판넬

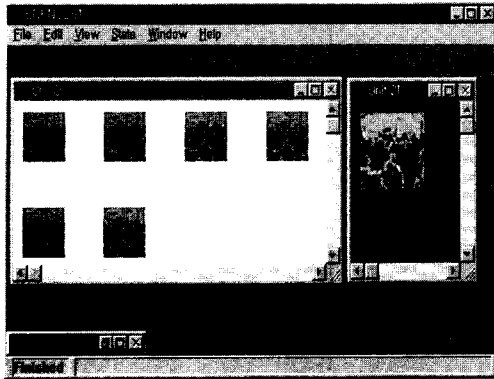


그림 6. 영상강화판넬

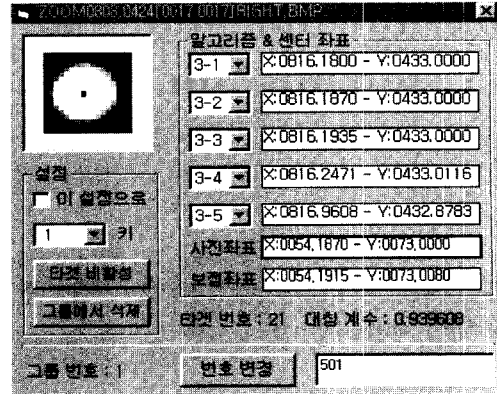


그림 8. 좌표추적판넬

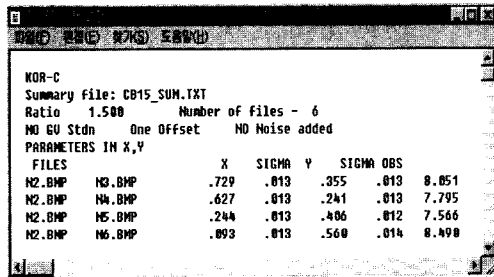


그림 7. 이동량 산출 판넬

이동량과 구역들에 대한 밝기값의 표준편차, 처리시간, 그리고 새로이 생성된 픽셀의 밝기값 등을 기록한다. 또한 이들 결과파일의 내용 중 처리를 위해 필요한 정보만을 선별하여 요약과일에 정리하여 저장한다.

입력영상 중 첫 번째 영상은 이동량 결정의 기준영상으로 이용되며 나머지 입력영상간의 이동량은 LSM에 의해 첫 번째 기준영상으로부터 계산된다. 계산결과치의 단위는 픽셀이며 1픽셀 이상의 이동량을 나타낸다면 경중률의 변화로 인해 정확한 밝기값의 생성에 크게 영향을 미치게 된다. 그림 6은 영상강화 프로그램을 나타낸 것이며 그림 7은 본 프로그램에 의해 결정된 이동량의 한 예를 나타낸 것이다.

3.2.2 좌표해석

본 기법에 의해 획득한 강화영상은 원시영상에 비해 해상도가 증가하므로 영상의 측정정확도 향상을 기대할 수 있다. 이에 본 연구에서는 원시영상과 강화영상을 이용하여 3차원 위치정확도 분석을 실시하였다.

대상물에 부착한 타겟들의 2차원 영상좌표를 획득하기 위해 수치영상추적시스템을 이용하였다. 본 시스템은 원

도우 환경하에서 이벤트의 핸들러를 정의하는 이벤트 드리븐 방식(event driven method)과 주제별 모듈을 개체화 형태로 작성하는 객체지향기법(OOP; Object Oriented Programming)을 이용한 시스템으로 타겟인식(target recognition)과 로케이션 기법(location)에 의한 타겟 이미지의 측정정확도 향상을 위해 광속조정 클래스에 이르는 다양한 해석과정을 모듈화한 것이다. 또한 이미지 분할(segmentation), 위치추정(positioning), 부결한계(reject limit), 기준점, 좌표변환, 보정, 3차원 해석 등의 사용자 클래스와 이미지의 자동 타겟팅에 의한 데이터 처리루틴을 완성한 시스템이다. 본 시스템은 이미지 분할 6개의 방법과 타겟 중심위치추정 5개 방법을 조합한 총 30개 방법에 대해 이미지 좌표를 산출하기 위한 클래스로 제작하였다. 이미지 분할은 Global thresholding, Semi-thresholding, Multilevel thresholding, 그리고 분산과 표준편차를 이용한 임계값(thresholding)의 알고리즘을 적용하였으며, 중심위치추정은 원형타겟의 중심위치를 측정하기 위해 도형의 도심을 이용한 도심추정기법(centroid)과 외각선 검출(edge detection)에 의한 타원피팅(ellipse fitting)기법 그리고 부결한계결정 등의 기법을 활용하였다. 그림 8은 좌표추정 패널로, 이미지 분할, 위치추정, 사진좌표, 왜곡보정좌표, 타겟삭제, 타겟추가, 대칭비, 그룹변화 등의 기능을 가지고 있다.

그림 9는 싱글 다큐먼트(single document)로 실행한 좌표산출 결과이며, 이는 좌표추정 패널에서의 알고리즘 선택키의 번호변경에 따라 그 결과가 제시되며, 계산된 대칭비를 비교하여 기준 이하의 값을 나타낸 타겟은 자동 삭제된다.¹¹⁾

점번호	X 좌표 (m)	Y 좌표 (m)	Z 좌표 (m)	고도 (m)	비고
001	001.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
002	002.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
003	003.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
004	004.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
005	005.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
006	006.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
007	007.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
008	008.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
009	009.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
010	010.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
011	011.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
012	012.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
013	013.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
014	014.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
015	015.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
016	016.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
017	017.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
018	018.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
019	019.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
020	020.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
021	021.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
022	022.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
023	023.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
024	024.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
025	025.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
026	026.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
027	027.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
028	028.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
029	029.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
030	030.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
031	031.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
032	032.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
033	033.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
034	034.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
035	035.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
036	036.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
037	037.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
038	038.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
039	039.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
040	040.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
041	041.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
042	042.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
043	043.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
044	044.0000	000.0000	000.0000	000.0000	
045	045.0000	000.0000	000.0000	000.0000	

그림 9. 분석결과판넬



그림 10. 관측모형

4. 결과분석

4.1 강화조건에 따른 분석

강화영상의 획득을 위해서는 다중영상간의 정확한 이동량과 회전량을 결정할 수 있어야 하므로 본 연구에서는 영상들간의 정확한 이동량을 결정하기 위해 밝기값의 이용을 기본으로 하는 최소제곱정합기법(LSM)을 이용하였다. 이 기법은 다양한 밝기값의 변화를 가지는 영상에서 보다 정확한 정합결과를 산출한다. 본 영상강화기법에서는 이러한 정합기법을 이용하여 관측방정식의 형성을 위한 이동량 및 회전량 등의 매개변수를 결정하게 된다. 이러한 변수들은 새로운 밝기값의 생성을 위한 적용 경중률을 좌우하게 되며 강화영상의 해석정확도에도 큰 영향을 주게 된다. 그러므로, LSM의 적용에 있어 보다 다양한 밝기값 정보를 포함할 수 있는 그림 10의 기록지도(scale 1: 500,000)를 대상으로 선정하였다

영상들은 2.5m의 촬영거리에서 획득하였으며, 각종 분석을 위해 실 스케일 1픽셀이하의 카메라 이동에 의해 8

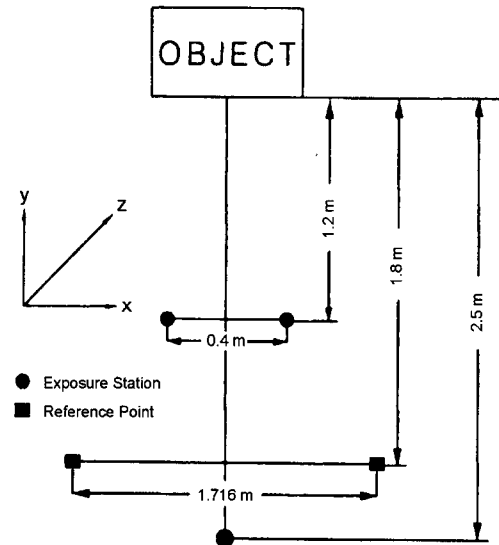


그림 11. 촬영계획도

매의 다중영상을 획득하였다. 이때, strob는 영상들에 강한 밝기영역을 부여하게 되므로 사용하지 않았으며, 단지 형광빛을 대상면에 근접하여 이용하였다.

모의관측에 의해 획득한 영상들은 관측방정식의 풀이에 상당한 시간을 요구하게 된다. 본 실험에 사용한 영상획득 시스템에 의해 획득한 원시영상의 크기는 640×480픽셀로 1.5의 강화비를 이용하여 강화할 경우 약 690,000개 이상의 방정식의 풀이를 요구하게 된다. 이는 과도한 처리시간과 큰 저장공간을 필요로 하게 되므로 이러한 문제점을 해결하기 위해 전체영상 중 관심영역(interest area)을 선택하여 분석하였으며 영상분석의 전 과정에서 구역화(sectioning)를 실시하였다. 또한 구역의 크기는 8로 설정하였고, 결정된 영상에서 연계성을 확보하기 위하여 구역간을 중복시켰다. 샘플링 영상을 획득하기 위해서 Aldus Photostyler S/W 패키지를 이용하였으며, 영상의 크기는 100×100픽셀로 한정하였다.

4.1.1 영상수에 따른 분석

영상강화기법에서 사용되는 입력영상의 수는 1픽셀 내에서 이동량과 직접적인 관계가 있으며, 밝기값의 경중에도 크게 영향을 미친다. 또한 과도한 수의 입력영상의 이용은 입력정보를 증가시키므로써 과도한 처리시간을 요구하게 되므로 비경제적일 수 있다. 이러한 입력영상의 수가 결과영상에 미치는 영향을 분석하고 최적의 영상수를 도출하기 위해, 획득한 8개의 영상을 임의의 강

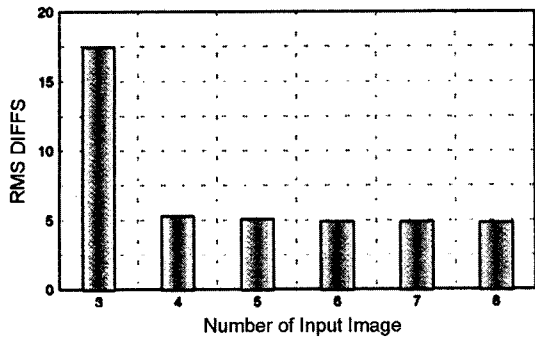


그림 12. 입력영상수의 변화에 따른 RMS DIFFS

화비에서 각각 매수를 달리하여 강화영상을 획득하였다. 획득한 강화영상으로부터 밝기값을 표본추출하여 원시영상에서 추출한 밝기값과의 RMS 차를 산출함으로써 분석을 수행하였다. 그림 12는 영상수에 따른 정확도를 분석한 결과로서 원시영상의 밝기값과 강화영상에서 얻은 밝기값의 RMS 차를 이용하여 나타낸 것이다. 2매의 영상을 이용하였을 경우에는 강화영상을 얻을 수 없었으며 3매의 경우에는 17.4535의 큰 RMS 차를 보였다. 4, 5, 6, 7, 8매의 영상을 이용하였을 경우에는 정확도에서 매우 근소한 값의 차이를 보였으며 영상의 입력영상수가 증가함에 따라 정확도는 다소 향상됨을 알 수 있었다.

적은 영상매수에서의 정확도 저하는 최소제곱해를 위한 원시영상의 밝기값 정보 부족이 원인이라 생각되며 매수가 증가될수록 밝기값의 정보가 풍부해짐에 따라 원시영상의 밝기값에 접근하는 정보를 획득할 수 있게 되어 보다 향상된 정확도를 유도할 수 있었던 것으로 사료된다. 그러나 입력영상의 수가 증가함에 따라 최소제곱해의 계산을 위해 소요되는 시간이 증가하므로 최적의 영상수 결정에 있어서 소요시간에 대한 측정을 병행하여야 한다. 소요시간의 측정결과 3~6매 사이의 입력영상을 이용하여 강화할 경우에는 약 10~15분 정도의 시간이 소요되었으며, 7매와 8매의 입력영상을 이용하였을 경우에는 각각 22분, 40분 이상의 처리시간이 소요되었다. 소요시간에 대한 관찰결과 6매 이상의 영상이 이용될 경우 소요시간의 증가율이 급격히 증가하므로 비효율적인 면을 나타내었다.

입력영상수의 변화에 따른 정확도의 분석결과와 소요시간에 대한 분석결과를 토대로 하여 정확도를 비교·분석한 결과, 4~6매의 입력영상을 이용하는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

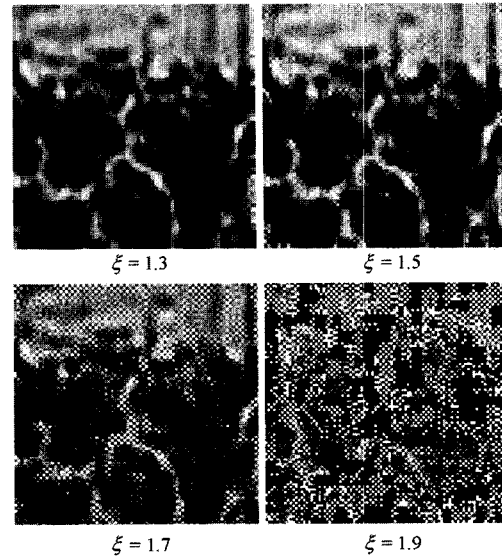


그림 13. 강화비의 변화에 따른 강화영상

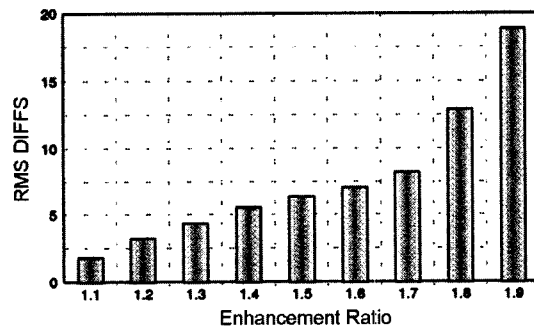


그림 14. 강화비의 변화에 따른 RMS DIFFS

4.1.2 강화비에 따른 분석

강화비(enhancement ratio)는 강화 알고리즘에 의한 픽셀의 증가비를 나타내는 요소이다. 이 요소 역시 관측방정식의 형성을 위한 매개변수로 이용되며 강화영상의 해상도를 결정하게 된다. 그러므로 최적의 강화비 결정은 영상의 해상도 향상에 큰 비중을 차지하게 된다.

최적의 강화비를 결정하기 위해 1.1에서 1.9까지 강화비를 변화하면서 강화영상을 얻고 정확도의 변화추이를 관찰하였다. 그림 13은 각 강화비에서 얻어진 강화영상을 나타낸 것이다.

강화비를 증가시킬수록 영상의 해상도는 점차 향상됨을 볼 수 있으나 이에 비례하여 노이즈 역시 증가함을 볼 수 있다.

그림 14는 최적강화비 결정을 위한 자료처리 결과를

도시한 것이다. 강화비의 증가에 따라 TRUE 영상과 강화영상 사이의 밝기값 정확도가 점차 저하하는 경향을 볼 수 있었다. 이는 강화과정에서 발생하는 노이즈가 강화비의 증가에 비례하여 발생하는데서 원인을 찾을 수 있다. 그러므로 요하는 해상도의 영상을 획득하고 노이즈의 영향을 최소화 할 수 있는 강화비의 결정에 있어 강화과정에서 발생하는 노이즈의 영향분석이 필수적으로 병행되어야 한다.

여기서 TRUE영상은 입력영상들을 강화비를 1.0으로 설정하여 처리하므로써 얻어낸 것으로 이는 입력영상들의 밝기값을 평균한 값과 같다. 이러한 TRUE영상은 강화영상과 비교·분석을 위해 작성한 것이다.

4.1.3 노이즈영향분석

영상의 강화과정에서 강화비의 증가에 비례하여 노이즈의 양 역시 증가함을 볼 수 있다.

그림 15는 강화과정에서 발생한 노이즈의 양상을 나타낸 것이다. 강화과정에서 발생하는 이러한 노이즈는 강화비가 증가함에 따라 픽셀간의 경계가 일치하는 부분이 증가함으로 인해 새로이 형성되는 밝기값이 0 또는 255로 일괄적으로 처리되어 발생하게 된다. 이렇게 발생한 노이즈는 밝기값의 정확도를 크게 저하시키는 요인으로

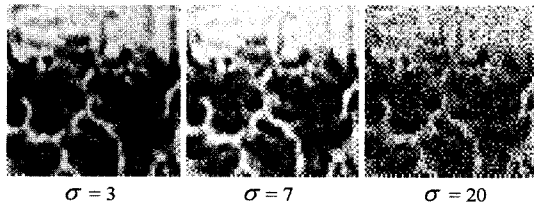


그림 15. 노이즈의 양상

작용하게 되므로 강화기법에 의한 고해상도 영상의 획득을 위해 노이즈의 분석은 필수적이라 하겠다. 노이즈가 강화영상에 미치는 영향을 분석하기 위해 우선 영상이 노이즈를 지닌 상태로 만들어 주는 작업이 필요하다. 노이즈가 부과된 효과를 주기 위해 입력영상들의 밝기값에 정규분포 형태의 다양한 수준의 노이즈를 부과하였다. 그리고 임의의 강화비를 이용하여 각각의 결과영상을 얻고 이로부터 밝기값의 정보를 추출하여 노이즈를 부과하지 않은 영상의 밝기값과의 RMS 차를 계산하였다. 그림 16은 1.5의 강화비를 이용하여 6개의 입력영상들에 노이즈의 수준을 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 15, 20으로 변화시켜 처리한 결과를 도시한 것이다.

분석결과, 정확도는 1~5의 노이즈 수준에서 19.2%, 7~20의 수준에서는 37.4%로 저하되는 경향을 나타내고 있다. 특히, 7이상의 노이즈의 수준에서는 1~5의 노이즈 수준사이의 정확도 저하폭의 약 2배정도의 정확도 저하 경향을 보였다. 이로부터 노이즈가 강화영상의 정확도에

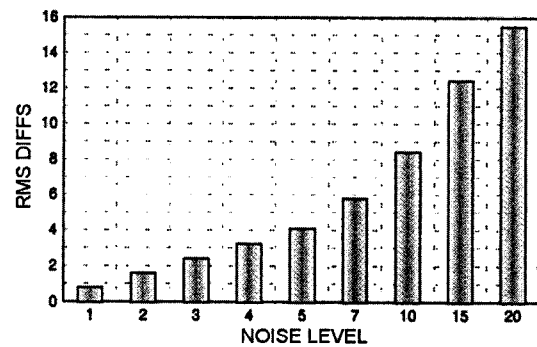


그림 16. 부과노이즈의 변화에 따른 RMS DIFFS

표 1. 최적의 강화비 결정을 위한 자료처리 결과

Enhancement Ratio										
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	
Noise Level										
0	1.7547	3.1915	4.293	5.4656	6.3908	7.0836	8.2285	12.8779	18.8644	
1	1.7818	3.2298	4.334	5.5161	6.4163	7.2652	8.6846	15.0863	20.7247	
3	1.8629	3.2704	4.409	5.5168	6.6137	7.9984	10.582	16.5896	30.3963	
5	2.0612	3.4272	4.6456	5.6732	6.9648	9.0822	13.2832	18.3317	35.4105	
7	2.3275	3.6501	4.987	5.9237	7.9739	10.3004	16.2686	20.3873	38.9116	
10	2.8055	4.0875	5.6696	6.4517	8.2974	12.266	18.7678	22.6087	41.8555	
15	3.7133	5.0095	7.1103	7.6372	9.6918	15.5043	21.0222	24.0657	42.2422	
20	4.759	6.0733	8.7874	8.9964	11.0839	18.4968	21.6678	25.2089	43.9728	

직접적인 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

위에서 분석한 강화비와 노이즈의 영향에 관한 분석을 기초로 하여 노이즈의 영향을 고려한 최적의 강화비를 결정하였다. 이를 위해 입력영상수를 6대로 고정하고 강화비의 범위를 1.1~1.9까지 변화하여 적용하였으며 강화비별 부과노이즈량은 1, 3, 5, 7, 10, 15, 20으로 변화하여 영상강화기법에 적용함으로써 각 조건별 강화영상을 획득하였다. 획득한 조건별 강화영상과 원시영상의 밝기값을 비교하여 RMS차를 산출함으로써 최적의 강화비를 결정할 수 있었다. 표 1은 최적의 강화비 결정을 위한 자료처리 결과를 나타낸 것이다. 이는 획득한 영상에 대해 강화비와 노이즈의 수준을 각각 달리 부여하여 얻은 데이터이며 그림 17은 이를 도시한 것이다. 강화의 정확도가 영상에 부여한 노이즈의 수준에 의해서 뿐만

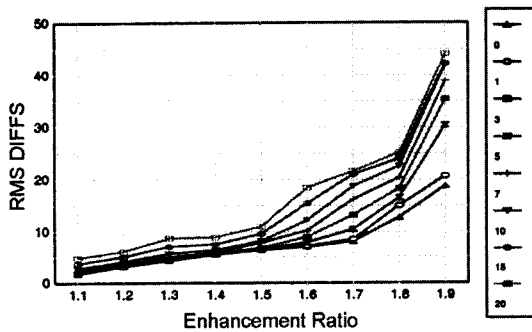


그림 17. 강화비와 노이즈의 관계



그림 18. 대상물 전경

아니라 적용된 강화의 양에 의해 다른 결과를 나타냄을 종합적으로 나타내고 있다.

두 요소를 종합하여 비교·분석한 결과 강화비 1.5를 경계로 하여 부여한 노이즈의 수준 전체에서 정확도의 저하율이 크게 증가함을 볼 수 있었다. 이는 강화비의 증가에 따른 노이즈의 발생량이 강화비 1.5이상에서 급격히 증가하게 되고 이로 인한 정확도의 저하폭이 상대적으로 커짐을 나타낸다. 따라서 강화기법의 효율적인 활용을 위해서는 강화비 1.5이하의 강화비를 이용함이 바람직할 것으로 사료되며 수치사진측량에 있어 사용목적과 오차의 한계에 따라 노이즈의 영향을 고려한 최적의 강화비 선택이 중요하리라 생각된다.

4.2 강화영상분석

4.2.1 영상획득

본 실험의 목적은 저해상도 영상과 강화한 영상에 대해 영상측정 정확도와 3차원 위치정확도를 비교·분석함으로써 영상강화기법의 적용에 따른 정확도의 향상정도를 관찰하기 위한 것이다.

우선, 3차원 정확도 분석을 위해 충분한 높이값의 차를 가진 속초지역(scale 1: 50000)의 기복지도를 대상으로 선택하였으며 그림 18은 대상지역에 대한 영상이다.

대상물에는 기준점으로 사용하기 위해 산정과 평지 그리고 해양에 7개의 원형 반사타겟(retro-reflective targets)을 고르게 배치하였다. DC50 Digital Camera를 이용하여 그림 11와 같이 1.2 m의 촬영거리에서 0.4 m의 촬영기선과 중복도 60%의 조건으로 직각수평촬영을 실시하였으며 좌·우측 station에서 X와 Y방향에 대해 약 3 mm보다 적은 이동량을 부여하여 각각 6매씩의 다중영상을 획득하였다. 또한 Z축에서의 이동을 제한함으로써 6매의 모든 영상의 중심이 Z축에 대해 동일평면상에 위치하도록 하였다. strob는 영상들에 강한 밝기영역을 부

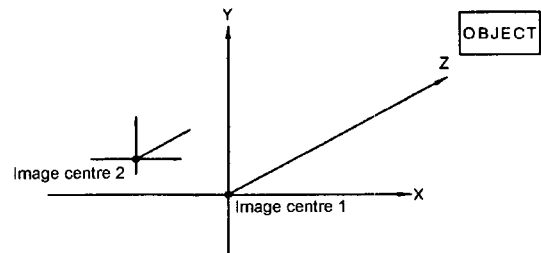
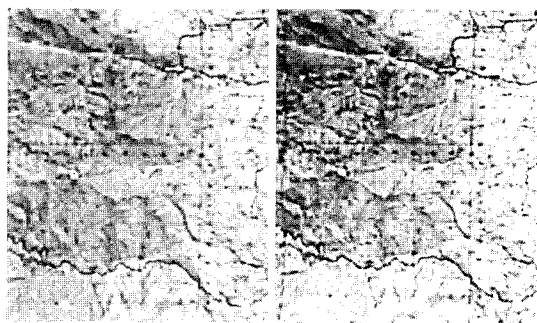


그림 19. 영상중심의 상대적 이동

표 2. 기준점 성과

No.	X(mm)	Y(mm)	Z(mm)
1	652.329	-277.706	-1845.709
2	757.572	-282.960	-1855.656
3	873.983	-236.112	-1857.436
4	874.318	-376.337	-1855.501
5	694.405	-411.119	-1823.484
6	688.397	-552.639	-1836.676
7	876.204	-512.964	-1854.000



(a) 원시영상 (b) 강화영상
그림 20. 원시영상과 강화영상

여하게 되므로 사용하지 않았다.

기준점측량은 Kern DKM 2A(1" theodolite)을 이용하였으며 대상물로부터 1.8 m 앞쪽에 기선장 1.716 m을 두 기선점을 설정하였다. 그리고 기선방향을 X축, 촬영방향을 Z축, 이에 직각방향을 Y축으로 하는 직각좌표계를 구성하였고 삼각측량에 의해 3차원 좌표를 획득하였다. 이로부터 획득한 7점의 기준점 측량 성과는 표 2와 같다.

자료처리 시간을 단축하기 위해 얻어진 영상들에 대해 관심지역을 선택하여 200×232픽셀로 샘플링을 실시하였다. 여기서 3차원 좌표획득을 위한 광속조정시 샘플링된 영상의 중복도를 인식하기 위해 원시영상으로부터 샘플링할 당시 시작점의 좌표를 기억해야할 필요가 있다. 렌즈왜곡의 영향은 왜곡량이 최소인 영상의 중앙부분에서 샘플링하므로써 최소화하였다.

좌·우측 영상들로부터 샘플링된 영상들은 각각 영상 강화기법을 이용하여 강화하였다. 이때, 강화비 분석에서 결정된 1.5의 값을 부여하였으며 350×304픽셀의 결과영상을 획득할 수 있었다. 그림 20은 관심지역에 대한 원시영상과 강화한 결과영상이다.

4.2.2 정확도 비교

수치영상측정시스템의 임계값 결정 클래스와 위치측정 클래스에 대한 3차원 위치오차 분석에서 임계값 T-3방법과 타원피팅 1방법의 조합에 의한 해석정확도 분석에서 가장 낮은 오차분포를 가지는 것으로 알려진다.¹²⁾ 이에 본 실험에서는 임계값 T-3방법과 타원피팅 1방법을 이용하여 획득한 원시영상과 결과영상에 부착한 타겟의 자동 측정을 수행하므로써 각각의 영상좌표와 영상중심좌표, 그리고 영상보정좌표를 픽셀단위와 mm단위로 획득하였다.

획득한 영상좌표에 대해 공선 이론을 기초로 광속조정법에 의해 대상점의 3차원 좌표와 외부표정 매개변수를 결정하였다. 이때, 기준점 좌표 X, Y, Z의 표준오차는 1 μm로 간주하고, 상점에 대한 영상좌표 x, y의 표준오차는 6 μm로 하여 표준편차 제곱에 반비례하여 경중를 부여하였다. 이로써 외부표정 매개변수와 대상점의 3차원 좌표를 산출하였고, 대상점들의 평균 기하학적 표준오차(Average Simulated Errors; A.S.E)와 평균 실 표준오차(Average Actual Errors; A.A.E) 및 단위 경중들의 표준오차(S.E.U.W)를 산출하였다.

표 3은 대상점들에 대한 3차원 위치오차를 평균하여 X, Y, Z축의 평균 기하학적 표준오차와 평균 실 표준오차로 나타낸 것이다.

그림 21은 분석결과를 도시한 것으로 원시영상에 비해 강화영상은 X, Y, Z축에서 각각 10.0%, 9.7%, 9.2%정도 오차감소를 보였다. 영상측정 정확도는 원시영상에서 0.006576 mm의 값을 나타내었고 강화영상에서는 0.005964 mm의 값을 나타내었다.

또한 표 3에서와 같이 픽셀 정확도와 거리-오차정밀도에서도 역시 강화영상에서 향상된 값을 나타내었다. 이는 해상도가 향상됨에 따라 타겟을 포함하는 픽셀의 수

표 3. 정확도 분석

IMAGE	A. S. E (mm)			S.E.U.W	A. A. E (mm)			PixelPrecision (pixel)	Distance-Error Precision
	σX_s	σY_s	σZ_s	σ_u	σX_a	σY_a	σZ_a		
Raw Image	2.0987	2.0473	3.1369	1.096	2.2868	2.2458	3.4113	1/39.103	1:180,000
Enhance Image	2.0897	2.0502	3.1423	0.994	2.0582	2.0282	3.0962	1/43.116	1:210,000

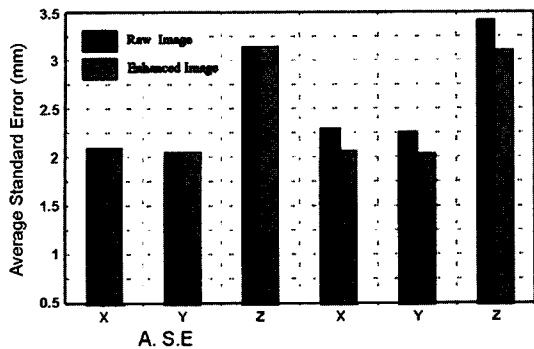


그림 21. 평균표준오차

가 증가되고 타겟과 배경과의 경계를 더욱 명확히 구분하므로써 영상좌표의 획득과정에서 보다 정확한 타겟의 도심을 결정할 수 있었던 것으로 생각되며 3차원의 좌표 결정에서도 원시영상으로부터 결정한 결과치 보다 나은 결과를 도출할 수 있었던 것으로 사료된다.

위의 결과로부터 강화기법에 의해 생성된 강화영상 내 미지점에 대한 좌표결정 정확도는 원시영상의 같은 미지점에 대한 좌표결정 정확도보다 향상됨을 확인할 수 있었다.

5. 결 론

영상강화기법에 의해 영상을 강화하고 최적의 강화조건을 도출하여 원시영상과 강화영상에 대한 3차원 정확도를 비교·분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 최적의 강화조건을 결정하기 위한 입력영상수의 분석결과, 입력영상수의 증가에 따라 정확도가 향상됨을 알 수 있었으며 자료처리시간을 고려하여 4~6개의 입력영상수를 결정할 수 있었다.
2. 최적의 강화조건을 결정하기 위한 노이즈의 영향과 강화비에 대한 분석결과, 노이즈는 1~5단계에서 19.2% 정도, 7~20의 단계에서는 37.4%정도의 정확도 감소경향을 나타내었으며 이를 토대로 하여 최적의 강화비 1.5를 결정할 수 있었다.
3. 저해상도의 원시영상과 최적의 조건에 의해 강화한 영상을 이용하여 평균 3차원 위치오차를 분석한 결과, 강화영상에서 원시영상에 비해 10%정도 향상된 정확도를

보였다.

4. 도출한 결과를 적용하여 저해상도 다중영상을 영상 강화기법에 의해 강화하므로써 기대정확도의 고해상도 영상을 획득할 수 있었다.

참고문헌

1. Wong, K. and Obaidat, M., A knowledge-based system for stereovideo measurement. IAPRS, 30(5), 1994, 443-446.
2. Kochi, N. *et al.*, Development of a metric CCD camera and its application. ISPRS, Zurich, Switzerland, 1995, 254-258.
3. Peipe, J., Photogrammetric investigation of a 3000 × 2000 pixel high resolution still video camera. ISPRS, Zurich, Switzerland, 1995, 36-39.
4. Godding, R. and Woytowicz, D., A new digital high resolution recording system. ISPRS, Zurich, Switzerland, 1995, 31-35.
5. Lenz, R. and Lenz, U., New developments in high resolution image acquisition with CCD area sensors. In: A. Gruen and H. Kahmen (Editors), Optical 3D Measurement Techniques II. Wichmann, Zurich, 1993, 53-62.
6. Jensen, K. and Anastassiou, D., Subpixel edge localization and the interpolation of still images. IEEE Transactions of Image Preprocessing, 4(3), 1995, 285-295.
7. Schultz, R. and Stevenson, R., Extraction of high resolution frames from video sequences. IEEE Transactions of Image Preprocessing, 1996, 996-1011.
8. Fryer, J. G. and McIntosh, K. L., Integration of low resolution digital images. In: S. El-Hakim (Editors), Videometrics V. SPIE, San Diego, California, USA, 1997, 136-144.
9. Fryer, J. G. and McIntosh, K. L., Digital Image Enhancement Using Photogrammetric Techniques, First Trans Tasman Surveyors Conference, Newcastle, NSW, 1997, 37.1-37.9.
10. 한승희, "3차원측량을 위한 Digital Image의 영상좌표 획득에 관한 연구", 대한토목학회 논문집, 제15권 6호, 1995, 1721-1930.
11. 배상호, "DPS를 이용한 구조물의 순간거동 해석". 대한토목학회 학술발표회 논문집, 제4권, 1998, pp. 361-364.