

효율적인 LANDSAT영상의 주기적 간섭잡음 검출 및 제거

권호열*, 서주하*, 오조철**, 박종철**, 양인태***

요 旨

본 논문에서는 LANDSAT 위성영상의 주기적 간섭잡음을 제거하는 방법에 대하여 연구하였다. 이를 위하여 위성영상의 잡음을 가산적으로 모델링하였으며 잡음의 고유한 특성을 고려하여 잡음주파수를 검출하고 이에 따른 잡음제거 필터를 설계하는 방법을 제안하였다. 본 제안된 방법은 반복설계과정이 필요하지 않을 뿐만 아니라 기존방법에 비해 보다 많은 신호성분을 보존되는 한편 잡음 성분은 효율적으로 제거되는 장점이 있다. 제안된 방법의 유효성을 검증하기 위하여 실제 LANDSAT영상을 이용한 실험을 수행하였다.

ABSTRACT

In this paper, we studied on an efficient detection and removal of the periodic scanner interference noise in LANDSAT images. Firstly, noise models and their characteristics are discussed. And we proposed a new scheme of noise detection in Fourier domain. Then, an efficient noise filter can be designed based on the detected noise components. To verify the effectiveness of our scheme, some experiments guided by our proposed scheme are performed using a real LANDSAT image.

1. 서 론

항공기나 인공위성을 이용한 리모트센싱 기술은 지질탐사, 산림화재의 감시, 농작물과 나무들의 성장상태 파악, 인구성장 및 밀도변화 조사, 기름유출 지점과 이로 인한 바다오염의 범위 결정과 같은 많은 응용분야에서 활용되고 있다. 특히, 500마일의 고도로 비행하는 LANDSAT 위성의 경우 약 100 평방마일이라는 매우 넓은 영역을 단일 측정에 의해 동시에 관측할 수 있을 뿐만 아니라 고밀도의 지구의 표면에 관한 자료를 반복적으로 수집할 수 있다는 장점을 갖는다. (1-5)

그러나, 이러한 LANDSAT 위성에서 얻어진 원시영상은 위성에 장착된 MSS 수신기에서 잡음 발생과 신호전송시 대기의 불안정한 변동에 의하여 주기적인 간섭잡음의 영향을 받게되며, 이러한 잡음은 위성영상을 이용한 도시피복 분류에서 분류기능을 악화시키는 원인이 되기도 한다. (6-8)

위성영상의 주기적 잡음의 제거에 관한 기존의 연구로서는 원시영상 신호에 대해 푸리에 변환을 이용한 주파수분석을 통하여 잡음성분의 위치를 검정하고 이를 제거하기 위한 필터설계를 시행착오적으로 결정하는 방법이 제안되었다. (8,9) 그러나 이들 방법은 필터설계 과정이 반복적으로 수행되어야 할 뿐만 아니라 단순한 직사각형의 필터를 사용함으로써 잡음과 함께 잡음성분 부근의 신호성분까지 함께 제거되는 문제가 있었다.

본 논문에서는 LANDSAT 위성영상의 주기적 간섭잡음을 제거하는 방법에 대하여 연구하였다. 먼저 위성영상의 잡음이 갖는 특성에 대하여 고찰하였고, 여기서 얻어진 잡음모형에 기초하여 잡음성분의 주파수를 결정하는 방법과 이때 얻어진 잡음성분의 위치에 따른 잡음제거용 필터를 설계하는 방법을 새로 제안하였다. 제안된 방법의 유효성을 검증하기 위하여 실제 LANDSAT 영상을 이용한 실험을 수행하고 그 결과를 보였다. 끝으로, 본 연구에서 제안된 방법에 대하여 보다 개선된 결과를 얻기 위한 개선방향을 제시하고 본 연구와 관련된 앞으로의 연구방향에 대하여 논의하였다.

* 강원대학교 컴퓨터공학과, **강원대학교 전자공학과, ***강원대학교 토목공학과

2. 위성영상의 잡음모델

위성영상 $g(x, y)$ 에 나타나는 잡음은 영상신호 $f(x, y)$ 와 상관관계를 갖는가의 여부에 따라 상관도가 거의 없는 신호-독립 잡음과 상관도가 큰 신호-종속 잡음으로 분류된다. 이 가운데, 신호-독립 잡음은 영상수신기의 열잡음이나 산탄 잡음, 또는 A/D 변환기의 양자화 잡음등의 주원인으로서 가산적인 불규칙 잡음신호 $n(x, y)$ 로 모델링 된다.

$$g(x, y) = f(x, y) + n(x, y) \quad (1)$$

한편, 신호-종속 잡음은 센서의 감도변화나 위성으로부터 시상으로 신호를 전송할 때 일어나는 대기중의 불규칙한 교란 현상 등에 기인하며 다음과 같이 승산적인 잡음신호 $w(x, y)$ 로 모델링된다.

$$g(x, y) = w(x, y)f(x, y) \quad (2)$$

주기적인 간섭무늬로 나타나는 LANDSAT 원시영상의 잡음은 구조적으로는 식(2)와 같은 승산 잡음으로 파악되지만, 잡음성분이 주로 신호의 크기가 작고 그 변화가 적은 높은 주파수대에서 집중적으로 발생한다는 점을 이용하면 근사적으로 식(1)과 같은 가산잡음으로 간주하여 처리과정을 보다 단순화할 수 있다.

3. 제안된 잡음 검출, 제거 방법

앞에서 살펴본 바와 같이 LANDSAT 영상의 잡음은 근사적인 가산잡음으로 모델링할 수 있으며, 잡음성분을 효율적으로 제거하기 위해서는 영상신호에서 잡음이 집중되어 있는 주파수대를 검출하여 이를 제거하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 잡음성분의 효율적인 검출을 위해서 신호와 잡음이 갖는 주파수영역에서의 상이성을 이용하였다. 신호영상의 주파수 성분은 주로 최대주파수의 10%이하인 낮은 주파수대에 신호전력의 90%이상이 분포되어 있는 반면, 잡음영상은 간섭무늬의 주기에 대응하는 높은 주파수대에 집중적으로 나타나는 특성을 갖는다. 따라서, 최대주파수의 20%이상인 고주파영역에서 나타나는 날카롭고 강한 침투성분은 잡음으로 간주하였다. 이러한 과정은 주어진 위성영상 $g(x, y)$ 를 푸리에 변환하여 주파수영상 $G(u, v)$ 를 얻고, 이 영상 $G(u, v)$ 를 저역통과 필터 LPF를 통하여 평활화한 것과 원래 영상 $G(u, v)$ 의 차를 구하여 그 차이가 기준치보다 크면 잡음의 침투성분으로 판정하였다. 이때, 목표신호 $f(x, y)$ 의 주파수특성을 고려하여 낮은 주파수대의 침투성분에 대해서는 잡음으로 오판하지 않도록 고역통과 필터 HPF를 사용한다. 이상과 같은 과정을 거쳐 검출된 잡음영역 NR은 식(3)과 같다.

$$NR = \{(u, v) | HPF[G(u, v) LPF (G(u, v))] > 0 \} \quad (3)$$

단, 여기서 LPF, HPF는 적절한 차단주파수를 갖는 Butterworth 필터이며, θ 는 침투판정에 사용되는 기준치이다.

주파수영상 $G(u, v)$ 로부터 잡음영역 NR이 구해지면, 회복된 신호영상 $\hat{f}(x, y)$ 는 푸리에 변환 $\mathcal{F}\{\cdot\}$, 필터함수를 $H(u, v)$ 라고 할 때 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\hat{f}(x, y) = \mathcal{F}^{-1} \{ H(u, v)G(u, v) \} \quad (4.1)$$

$$H(u, v) = \begin{cases} 1 & \text{if } (u, v) \notin NR \\ 0 & \text{if } (u, v) \in NR \end{cases} \quad (4.2)$$

끝으로, 원시영상 $g(x, y)$ 에 포함되어 있던 잡음영상 $\hat{n}(x, y)$ 은 원시영상에서 회복된 신호영상 $\hat{f}(x, y)$ 를 감산하여 얻거나 식(4.1)의 필터함수로서 $H(u, v)$ 대신 $1+H(u, v)$ 를 사용하여 얻는다. 그림 1.에 본 연구에서 제안된 잡음검출 및 제거에 관한 처리과정을 블록도로 표현하였다.

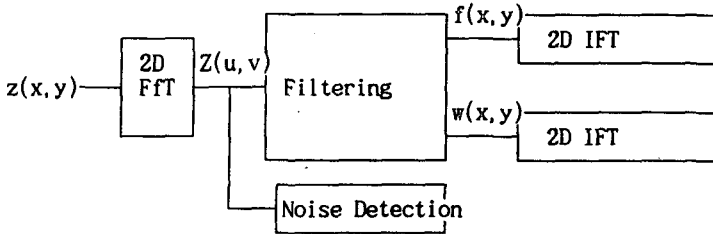


그림1. LANDSAT영상의 잡음검출 및 제거방법

4. 실험결과

제안된 LANDSAT영상의 주기적 간섭 잡음을 제거하는 방법에 대한 효율성을 검증하기 위해서 실제 영상을 사용한 실험을 수행했다. 그림2는 LANDSAT frame의 band4[10]에서 256 x 256 해상도의 원시영상 $g(x, y)$ 이다. 주기적 간섭잡음이 수평방향의 줄무늬로 선명하게 나타나 있는 것을 볼 수 있다. 그림3(a)는 그림2를 푸리에 변환한 주파수 영상 $G(u, v)$ 로서 원시영상에 있던 수평 줄무늬에 대응하는 수직방향의 주파수 성분이 세로 축에 나타난고 있으며, 이 가운데에서도 3개 주파수에서 강한 침투현상이 관측되는데 이는 원영상의 주기적인 간섭이 특정한 주파수에 큰 값으로 나타나는 것임을 알 수 있다. 제안된 방법에 의하여 잡음 영역 NR을 구하고 이에 근거한 필터함수 $H(u, v)$ 에 의해 처리된 주파수 영상이 그림3 (b)이다. 여기에서는 세로축을 이루던 수직주파수 성분이 매우 약화된 것을 알 수 있다. 그림4(a)는 그림3(b)를 푸리에 역변환을 통하여 얻어진 주기적인 간섭잡음을 제거한 후의 회복된 영상 $\hat{f}(x, y)$ 을 나타낸 것이며, 그림4(b)는 원시 영상 $g(x, y)$ 내에 포함되어 있던 간섭잡음 $\hat{n}(x, y)$ 을 보여준 것이나 잡음영상은 잡음무늬 관측의 용이함을 위하여 빈도등화기법을 사용하여 실제보다 강조되어 나타나게 하였다.

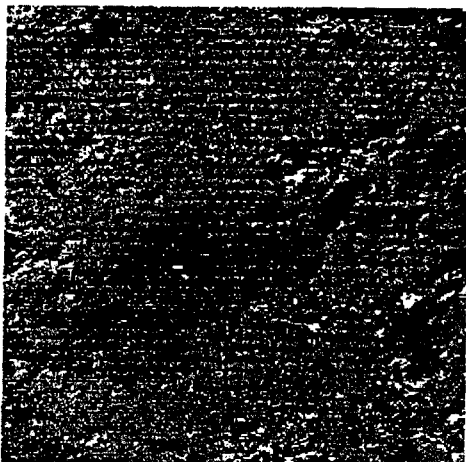


그림 2. 주기적인 간섭잡음이 있는 LANDSAT 원시영상 $g(x, y)$

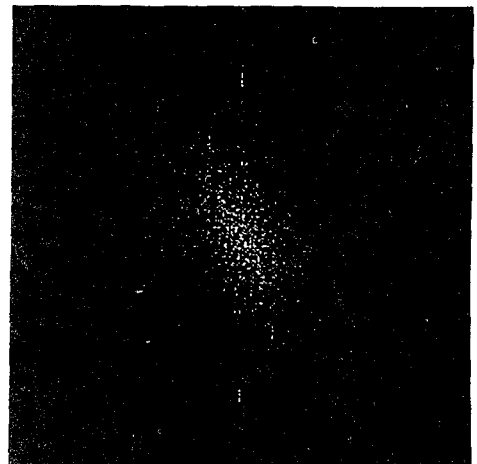


그림3(a) 잡음이 있는 주파수 영상 $G(u, v)$



그림3(b). 잡음이 제거된 주파수영상
 $H(u, v)G(u, v)$



그림4(a) 주기적 간섭잡음을 제거한 후의 영상
 $\hat{f}(x, y)$



그림4(b). 분리된 주기적인 간섭잡음의 영상 $\hat{n}(x, y)$

5. 결론

본 논문에서는 LANDSAT 위성영상의 주기적 간섭잡음을 제거하는 방법에 대하여 연구하였다. 이를 위하여 먼저 LANDSAT 원시영상에서 관측되기 쉬운 주기적 간섭잡음에 대하여 가산적 불규칙잡음으로 모델링하였으며, 푸리에 변환을 통한 주파수 영상에서 신호와 잡음이 갖는 분포주파수대의 상이점과 분산측면의 특성을 이용하여 잡음성분을 제거하는데 효율적인 필터를 설계하는 방법을 새로제안하였다. 본 연구에서 제안된 방법은 반복설계과정이 필요하지 않을 뿐만 아니라 잡음 성분은 효율적으로 제거되는 한편, 기존 방법에 비해 보다 많은 신호성분을 보존되는 장점이 있다. 실제 LANDSAT영상을 이용한 실험을 수행하였으며 실험 결과는 본 연구의 방법이 유효함을 보여주고 있다.

본 연구와 관련하여 앞으로 추진해야 할 연구과제는 순수한 신호처리 측면에서 얻어진 잡음영

상 개선의 효과를 LANDSAT 원시영상에 추가되어 있는 조정용(Calibration) 데이터[11]를 이용한 방법과 정량적으로 비교분석하는 연구와 함께 시가지의 구획선이 드러나는 고해상도의 위성영상에서 주기적 간섭잡음의 영향의 분석에 관한 연구 등이 있다.

6. 감사의 글

본 연구는 1994년 강원대학교 기성희 학술 연구과제로서 지원된 “위성영상의 주기적 간섭 잡음의 제거에 관한 연구”의 결과 가운데 일부로서 이 연구가 수행될 수 있도록 지원한 강원대학교에 심심한 감사를 드립니다.