

## JERS-1 OPS영상의 줄무늬 현상 제거 알고리즘

신동석 · 이영란

한국과학기술원 인공위성연구센터 원격탐사연구팀

### Elimination of JERS-1 OPS Image Striping Effect

Dongseok Shin and Young-Ran Lee

Remote Sensing Section, SaTReC, KAIST

#### Abstract

This paper describes an algorithm which was developed for removing along-track and across-track striping effect shown in JERS-1 OPS/VNIR images. A statistical algorithm was implemented based on the mean brightness value of each along-track and across-track line. Different from any filtering techniques in either spatial or frequency domain, the developed algorithm does not change the radiometric characteristics of image pixels. The algorithm will be inserted to the JERS-1 OPS image data processing chain in the Satellite Technology Research Center direct receiving station.

Keyword : JERS-1 OPS/VNIR image, along- across-track striping effect.

#### 요 약

본 논문에서는 일본 지구관측 위성인 JERS-1의 광학 센서 (OPS) 영상에 나타나는 줄무늬를 제거하기 위해 개발된 알고리즘에 대해서 기술한다. 개발된 알고리즘은 주위의 화소 값을 사용하는 공간 또는 주파수 대역의 필터링 기술과는 달리 영상 각 줄의 평균 값을 사용하는 통계적 방법을 사용하기 때문에 영상의 방사학적 성질을 변화시키지 않는다. 개발된 알고리즘은 인공위성연구센터 위성영상 직수신국의 처리 단계의 일부로 삽입되어 사용자에게 줄무늬 효과를 크게 줄인 OPS 영상을 제공하는데 도움을 줄 것이다.

---

1998년 2월 10일 접수 : 1998년 6월 12일 수리.

## 1. 서론

현재 한국과학기술원 인공위성연구센터에서는 고해상도 지구관측 위성인 SPOT 및 JERS-1 영상데이터를 직수신하여 이를 처리, 사용자에게 공급하고 있다. JERS-1 (Japanese Earth Resources Satellite)은 광학센서인 OPS (Optical Sensor)와 SAR를 탑재하고 있다. OPS는 각 4개의 파장대역을 갖는 VNIR (Visible and Near-IR)과 SWIR (Short Wave IR) 두 개의 센서로 나뉘어지는데 SWIR은 1993년에 그 기능이 정지되어 더 이상 동작하지 않는다. VNIR은 SPOT MLA (Multi-spectral Linear Array)와 비슷한 red, green, near-IR 대역의 수직영상과 near-IR 전방 스테레오 영상을 제공하는데 현재 인공위성연구센터에서는 4번째 채널인 전방 스테레오 영상은 처리하여 사용자에게 제공하지 않는다.

VNIR 영상의 가장 큰 문제점은 along-track방향 및 across-track방향으로 줄 무늬가 발생하며 때에 따라서 그 정도가 심각하다는 데 있다. 이러한 줄무늬 현상을 제거하기 위하여 일반적인 영상 처리 기술인 spatial domain에서의 필터링을 사용하면 큰 효과를 얻을 수 없으며 FFT등을 통한 frequency domain의 필터링을 사용하여도 각 화소의 밝기 값은 다른 화소의 밝기 값에 의하여 영향을 받기 때문에 기존의 영상 정보를 유지하기가 힘들다.

본 논문에서는 VNIR영상 내에서 발생하는 줄무늬 현상의 원인을 분석하고 영상의 밝기 값 분포 정보를 그대로 유지할 수 있는 알고리즘에 대하여 기술한다.

## 2. Across-track 방향의 줄무늬 제거

Across-track방향의 줄무늬는 거의 모든 영상의 모든 파장대역에서 발생하며 일반적으로 근적외선 대역 영상보다 가시광선 대역의 영상에서 그 효과가 더 크게 발생한다. 이러한 줄무늬는 VNIR 센서의 CCD출력을 읽어 들이는 오프셋 전력이 100Hz정도의 주파수로 변조되기 때문이며 이 변조파의 진폭은 매우 불규칙적이다 (NASDA 1993). Pushbroom형태의 VNIR이 각 줄을 촬영하는데 소요되는 시간이 3.46 msec인 점을 감안하면 100Hz의 변조파 영향은 영상 내에 약 2.89줄의 주기로 줄무늬를 발생시킨다. 이러한 줄무늬 영향은 Figure 1에서 쉽게 볼 수 있다.

Figure 2는 Figure 1 영상 각 행의 평균 밝기 값 (digital number : DN)을 보여 준다. 그림에서 보는 바와 같이 영상 각 행의 평균 값은 2-3줄의 주기로 약 12 DN 까지 변화한다. 줄무늬의 주기(약 2.89줄)가 정수 값이 아니므로 약 20줄의 주기로 또다른 변조 파형이 발생한다. 본 논문에서는 2-3 줄의 주기로 발생하는 줄무늬를 고주파 줄무늬, 약 20줄의 주기로 발생하는 줄무늬를 저주파 줄무늬로 부르도록 한다.

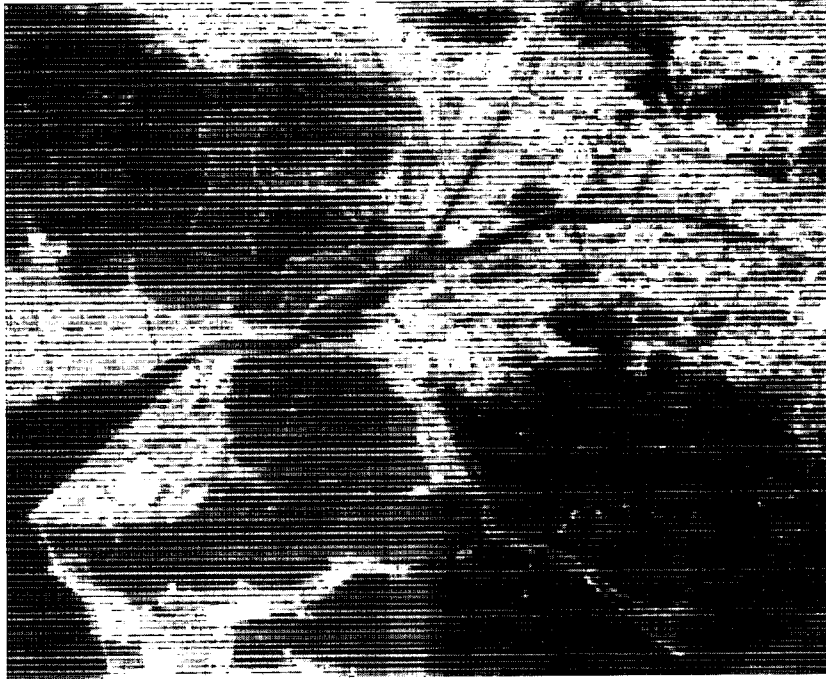


Figure 1. VNIR original image sub-section ( $512 \times 512$ ), path 85, row 242, received at Satellite Technology Research Center on 8 September, 1997. © MITI/NASDA

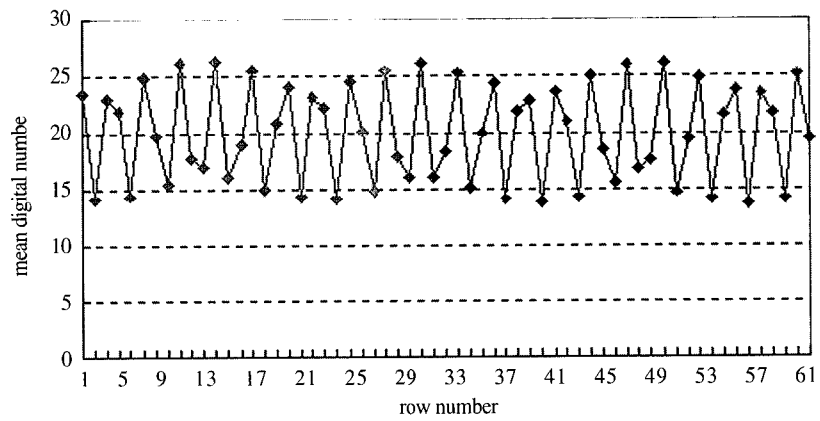


Figure 2. Variation of mean digital count of each row (from 1 to 60 only)

### 1) 고주파 줄무늬의 '보정'

Bizzi *et al.* (1996)은 줄무늬가 발생하는 영상 각 행의 평균 값을 반복 연산을 사용하여 일정한 값으로 수렴시키는 방법으로 영상을 보정하였다. 하지만 이러한 반복 연산은 궁극적으로 영상 내의 모든 행의 평균 값을 같게 만들기 때문에 밝기 값의 차이가 심하게 나는 지역에 대해서는 큰 문제가 발생한다. 예를 들어 한반도의 남해안과 같이 횡방향으로 육지와 바다가 나뉘어 지는 지역의 영상을 기존의 방법으로 반복 수렴 시킨다면 해안선 부근에서 육지와 바다의 밝기 값이 필요 이상으로 가까워지는 현상이 발생한다. 본 논문에서 제안되는 알고리즘은 반복 연산이 아닌 한번의 수행 과정을 통해 줄무늬의 지역 평균 (local mean)을 맞추어 주는 방법을 사용하기 때문에 영상 내의 정보 밝기 값의 변화를 최대한 줄일 수 있다.

우선 고주파 줄무늬의 보정을 위해서 구해진 각 행 평균 DN 값 (Figure 2)의 2-3줄 주기 최대 값을 구하였다. 이러한 최대 값은 Figure 2에서 보여진 파형의 envelop이 되며 최대 값이 아닌 행에는 그 행을 기준으로 양쪽에 있는 행의 최대 평균 값을 내삽하여 새로운 평균 값을 할당하였다. Figure 3는 이렇게 새로 할당된 각 행의 평균 값을 보여주며 이는 Figure 2와 비교해 볼 때 그 envelop을 취한 것이라는 것을 쉽게 알 수 있다.

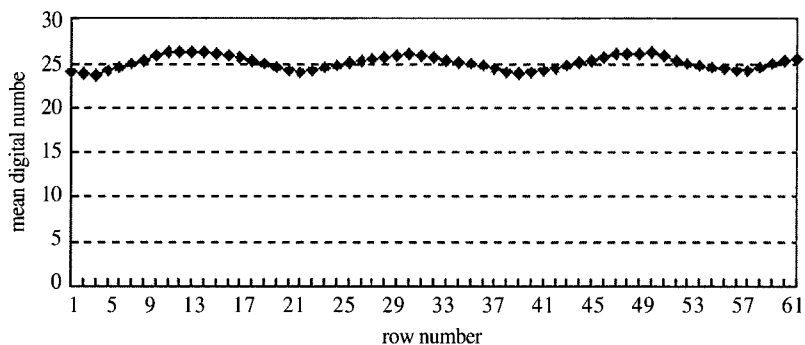


Figure 3. Envelop of mean digital number of each row.

Bizzi *et al.*(1993)은 밝기 값이 포화된 지역을 제외하면 영상 정보의 본래 밝기 값과 관계 없이 일정한 크기로 변조됨을 보여주었다. 따라서 새로 구해진 각 행의 평균 값을 사용하여 각 행에 있는 모든 화소의 밝기 값을 일정하게 증가 시킨다.

Figure 4는 Figure 1의 영상을 고주파 줄무늬 보정을 통해 얻은 영상이다. Figure 4는 Figure 1과 비교해 볼 때 고주파 줄무늬가 거의 제거되었으며 20줄 정도의 주기를 가진 저주파 줄무늬가 강조되어 보인다.



Figure 4. Result image of high frequency correction.

## 2) 저주파 줄무늬의 보정

저주파 줄무늬의 보정도 기본적으로 고주파 줄무늬 보정 방법과 같은 방법을 사용한다. 우선 Figure 3에서 구해진 고주파 줄무늬 보정된 영상 각 행의 평균 밝기 값의 최대 값들을 사용하여 나머지 행의 밝기 값들을 증가시켜 준다. 약 20줄 주기의 최대 평균 밝기 값들을 추출할 때, 한 행을 중심으로 양쪽으로 5행의 평균 값들이 모두 현재 행의 평균 값보다 작으면 현재 행을 최대 값으로 선정한다. 이는 영상 각 행의 정보에 의한 평균 값의 변화 효과를 최대한 줄이기 위함이다.

Figure 5는 저주파 줄무늬를 보정한 영상이다. Figure 4와 비교해 볼 때 약 20줄 간격으로 나타난 저주파 줄무늬가 상당히 감소했음을 볼 수 있다.

본래 영상 내에 존재하는 정보의 밝기 값을 예측할 수 없기 때문에 실제로 영상 내의 평균 밝기 값을 사용해서 줄무늬를 완벽히 제거하는 것은 거의 불가능하다. 만일 줄무늬를 발생시키는 센서 공급 변조파를 정확히 알 수 있다면 이를 사용하여 본래의 영상 정보를 완벽히 복원할 수 있을 것이다. 하지만 변조파의 정확한 주파수, 진폭, 위상 등을 영상 내에서 추출하기 또한 거의 불가능하다. 만일 본래 영상의 정보 분포에 따라 변조파의 주파수, 진폭, 위상이 조금이라도 잘 못 결정된다면 이를 이용한 복원 영상은 본래 영상과 매우 다르게 되기 때문이다.



Figure 5. Result image of low frequency correction.

### 3. Along-track 방향의 줄무늬 제거

Along-track방향의 줄무늬는 VNIR센서에 있는 선형 CCD 배열의 parity에 기인한 것으로서 (NASDA, 1993) 이의 영향은 64 DN 크기 당 1 DN 정도로 발생한다. 실제로 이 영향은 전체 영상에 골고루 작용하며 영상의 화소 값에 영향을 받지 않는다. 따라서 이를 보정하기 위해 전체 영상의 홀수 열과 짝수 열의 평균 값을 각각 구해서 이 차이 만큼을 보정시켜 준다. 평균 값은 실수 형태로 나타나고 보정은 DN의 단위로 수행해야 하기 때문에 이러한 보정 역시 반올림 만큼의 quantization 오차가 발생한다. 만일 영상 밝기 값의 변화 범위를 증가 시켜 준다면 이러한 오차를 줄일 수 있을 것이다.

Figure 6는 along-track 줄무늬 보정의 결과를 나타낸다. 좌측 영상은 across-track 줄무늬 보정이 이루어진 Figure 5 영상의 일부분이며 우측 영상은 along-track 줄무늬가 보정된 영상이다.

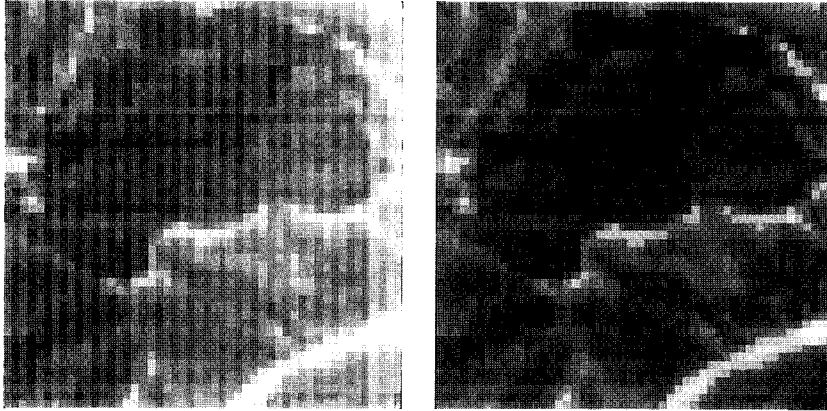


Figure 6. Effect of along-track striping correction.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 JERS-1위성의 OPS/VNIR영상에 발생하는 across-track 및 along-track 방향의 줄무늬를 보정하는 알고리즘을 기술하였다. 제안된 알고리즘을 이용하여 VNIR영상에 발생하는 줄무늬를 크게 줄일 수 있음을 알 수 있었다. 본 알고리즘은 인공위성연구센터에서 수행되는 VNIR영상 처리 과정의 일부로 결합되어 사용자에게 보다 나은 질을 가진 VNIR영상을 제공하는데 도움이 될 것이다.

#### 참고문헌

- Bizzi, S, O Arino and P. Goryl, 1996, Operational algorithm to correct the along track and across track striping in the JERS-1 OPS images, *Int. J. Remote Sensing*, vol 17, no 10, 1963-1968.
- NASDA, 1993, JERS-1 Newsletter number 1, October 1993.