

Pushbroom 방식 Detector에서 발생하는 Non-uniformity 영상의 원시 보정방법 연구

*이선구

한국항공우주연구원 우주응용센터
대전광역시 유성구 어은동 45번지, 305-333
전화: +82-42-860-2388 FAX: +82-42-860-2605,
전자메일: leesg@kari.re.kr

Pushbroom 방식의 CCD 영상에서 발생하는 pixel들 사이의 Non-uniformity 원인은 CCD pixel 면적의 차이, Dark current 영향, Output amplifier 차이, input radiance의 차이 등과 같은 CCD의 특성에 의해 발생하게 되며, CCD의 특성에 의해 발생하는 pixel사이의 상대복사량 차이인 Non-uniformity errors은 위성영상에서 줄무늬의 일차적 원인이 된다. 이러한 CCD의 상대복사보정을 위해서는 일차적으로 CCD의 특성을 잘 파악할 수 있는 지상에서 보정 값이 계산되어야 하며 위성발사 후 보정 값이 다시 update 되어야 한다. 본 연구에서는 다목적실용위성2호의 상대복사보정을 위한 준비로서, 지상에서 만들어진 MSC CCD PAN1 영상과 Pushbroom 방식의 다목적실용위성1호 영상을 시험자료로 이용하여 pixel 사이의 줄무늬를 제거하기 위한 상대복사보정을 수행하였다.

1. 서론

Pushbroom 방식으로 촬영하는 위성영상에서 Scan 방향에 대해 특이한 선이나 줄무늬들이 발생할 경우가 있다. 이러한 현상은 일차적으로 CCD pixels 사이의 면적 차이, Dark current 영향, Output amplifier 차이, input radiance의 차이 등에 의한 Non-uniformity가 그 원인일 수 있다. 이렇게 발생하는 줄무늬제거를 위해서는 센서의 특성이 잘 파악되어 있는 위성 발사전 지상에서 상대복사보정 값이 일차적으로 계산되어야 한다. 하지만 지상에서의 검증자료는 결국 위성 발사 후 환경적인 변화에 의한 CCD 특성이 변함에 따라, 상대복사 값의 재검증과 보정을 위한 상대복사보정 작업이 수행되어야 한다.

다목적실용위성2호는 On-board 상에서 OBRC(Onboard Radiometric Calibration)를 이용하여 상대복사보정을 수행할 수는 있으나, 그러나 인공광원의 문제점과 한계로 상대복사보정을 수행하기에 어려운 문제가 발생 될 수 있다. 본 연구에서는 그 대안의 하나로 직접 위성이 촬영한 영상 자체를 이용하여 상대복사보정 값을 계산하는 방법으로, 다목적실용위성2호 지상 실험에서 획득한 MSC PAN1 영상자료와 다목적실용위성1호 EOC 영상자료를 활용하여 상대복사보정 값을 계산한 결과이다.

2. 본론

2.1 영상 취득방법

In-board상에서 상대복사보정을 위하

여 사용될 이상적인 영상은 다음과 같은 조건을 만족하여야 한다. 첫째, 밝기 분포가 Flat하며 swath width가 포함될 수 있도록 충분히 넓은 지역이어야 한다. 둘째, 통계적인 분석을 위하여 밝기 값에 따른 다양한 자료를 확보하여야 한다. 그러한 대상영상들로는 달빛 등, 어떠한 빛도 없는 밤하늘이나 위성 궤도상에서 촬영 가능한 야간 Ocean지역 영상과, 사막지역영상, 그리고 빙하로 이루어진 극지역 영상 자료가 활용될 수 있다.

본 연구의 첫 번째 시험으로 사용된 영상자료는 다목적실용위성2호의 In-orbit 상태 관측영상이라 가상하고 지상 시험 시 획득된 MSC Panchromatic CCD 6개중 PAN1 영상자료이고, 두 번째로 사용된 영상자료는 현재 운용중인 다목적실용위성1호의 mission planning을 통하여 확보한 EOC panchromatic 영상자료이다.

2.2 다목적실용위성의 상대복사보정자료 (NUC) 적용 방법

일반적으로 상대복사보정은 지상의 처리시스템에서 위성영상 자료에 대한 Level 1R처리 과정에서 수행되어진다. 그러나 다목적실용위성2호에서는 MSC 영상 자료 크기의 한계로 JPEC으로 압축되어 지상국에 전송되기 때문에 상대복사보정이 onboard상에 있는 MSC자체에서 수행되도록 설계되었다.

2.3 상대복사보정 방법

MSC 내에서 서로 다른 감도를 갖는 개개의 CCD pixels에 적용되어지는 상대복사보정 작업은 단순 1차 함수 형태로 다음식과 같으며 그 결과는 그림 2.1과 같다.

NUC 결과 =

$$\text{Gain} * \text{MSC CCD 각 pixel DN 값} + \text{offset}$$

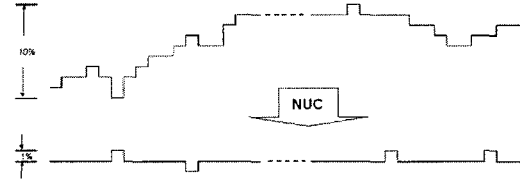


그림 2.1 개개의 CCD pixels에 상대복사 보정 적용 예

위성영상 내에서 일차 함수를 통해 Gain과 Offset값을 추출하기 위해 다음과 같은 두 가지를 가정하였다. 첫째, MSC CCD 반응도는 선형적인 특성을 갖는다. 둘째, 충분히 많은 scan lines 사이에서 모든 pixels은 같은 통계적인 분포를 갖는다.

첫 번째의 기본적인 가정으로부터 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$x_{ij} = a_j * y_{ij} + b_j \quad [\text{식2.1}]$$

여기에서

x_{ij} : line i, pixel j에서 계산된 임의의

DN 값

a_j : 픽셀의 "wrong" gain

b_j : 픽셀의 "wrong" offsets

y_{ij} : 관측된 pixel의 DN값

그리고 획득된 모든 영상자료에 적용하기 위해하면 다음과 같다

$$[1] X_j = a_j * Y_j + b_j \quad \{X_j = [(x_{ij})]/N\}$$

그리고 :

$$(X^2)_j = a_j^2 * (Y^2)_j + 2 * a_j * b_j * Y_j + b_j^2$$

$$\{(X^2)_j = [(x_{ij})^2]/N\}$$

반면에 :

$$(X_j)^2 = a_j^2 * (Y_j)^2 + 2 * a_j * b_j * Y_j + b_j^2$$

여기에서 N은 획득된 영상에서의 NUC을

계산하기 위해 사용한 line 수이다.

분산은 다음과 같다

$$[2] \text{Var}(X_j) = (X^2)_j - (X_j)^2 \\ = a_j^2 * [(Y^2)_j - (Y_j)^2] = a_j^2 * \text{Var}(Y_j)$$

Var(Y_j)은 측정된 x_{ij}의 모든 분포에서의 평균이다.

두 번째 가정을 사용하여 다음과 같은 관계식을 얻을 수 있다.

$$Y_j = Y; \text{Var}(Y_j) = \text{Var}(Y) \text{ for all } j,$$

결과적으로 위의 [1]과 [2]식을 다음처럼 바꿀 수 있다.

$$[3] X_j = a_j * Y + b_j \text{ 그리고}$$

$$[4] \text{Var}(X_j) = (X^2)_j - (X_j)^2 = a_j^2 * \text{Var}(Y)$$

먼저 방정식 [4]는 각 픽셀에 대하여 gain a_j을 계산하기 위하여 사용된다. 방정식 [3]으로 모든 픽셀에 대한 offset b_j를 계산하게 된다. 결국 위의 두식을 통하여 계산된 모든 픽셀의 gain a_j과 offset b_j을 이용하여 아래와 같은 결과 식을 얻게 된다.

$$y_{ij} = (1/a_j) * x_{ij} + (b_j / a_j)$$

3. 결과

3.1. Test1: MSC 지상시험자료 이용

그림 3.1은 NUC Lookup table 적용 전후 결과이며, 표 3.1은 MSC 지상시험 자료로부터 추출된 상대복사보정 Lookup table이다.

-Image file name: MSC CCD 영상

-Image size: 100 by 2528

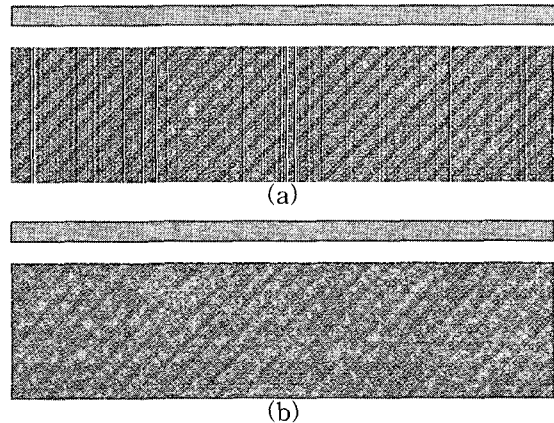


그림 3.1. NUC Lookup table 적용 전(a), 후(b) 영상

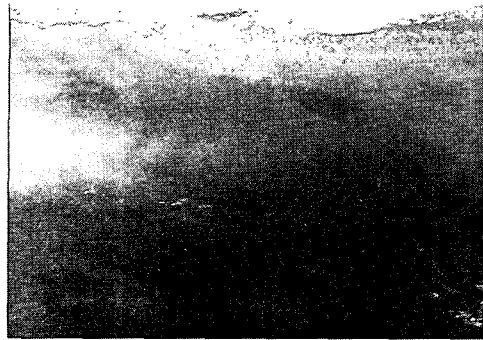
표 3.1. MSC CCD PAN1 NUC Lookup table

pixel number	gain value	offset value
1	0.492917	6.83575
2	0.359955	10.266
3	0.458973	6.91874
4	0.417868	9.05786
5	0.459875	6.49537
6	0.396319	8.77717
7	0.430406	8.19206
8	0.446211	8.74786
9	0.503564	6.85797
:	:	:
2522	0.414622	10.306
2523	0.361601	10.3216
2524	0.422916	8.37305
2525	0.368076	8.72569
2526	0.46652	9.51691
2527	0.342667	9.52221
2528	0.499763	8.2643

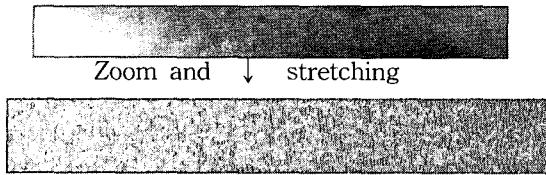
3.2. Test2: EOC In-Orbit 영상을 이용 -Image file name:

29082_2_Ocean_1R.tif

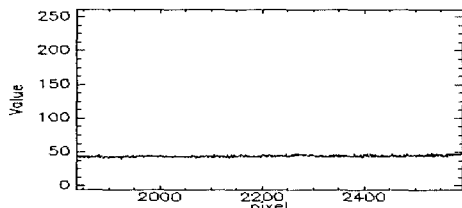
먼저 Path 영상에서 밝기 값이 Flat하며 2592pixel(17km)을 모두 포함하는 지역을 선택하였으며, 선택된 영상이 어느정도 Non-uniform한지 확인하였다(그림 3.2). 표 3.2는 Test2로부터 추출된 상대 복사보정 Lookup table이다.



(a)

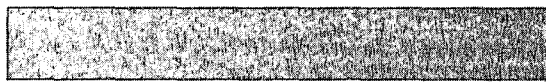


(b)

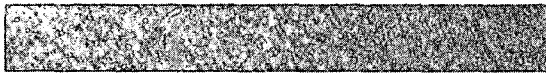


(c)

그림 3.2. In-orbit에 있는 test 영상 추출 예 (a)path 영상, (b) flat 영상과 확대 영상, (c) 추출된 flat영상의 plot 분포



(a)



(b)

그림 3.3. NUC Lookup table 적용 전(a), 후(b) 영상

표3.2. EOC NUC Lookup table

pixel number	gain value	offset value
1	0.208795	35.998
2	0.232526	33.7599
3	0.134025	37.3277
4	0.204684	34.1336
5	0.165003	35.1153

6	0.175701	34.8904
7	0.177	35.4213
8	0.100926	38.0604
9	0.112674	37.8758
:	:	:
2522	0.116142	33.2445
2523	0.111855	33.8468
2524	0.145006	32.1321
2525	0.082516	34.1971
2526	0.113785	33.1937
2527	0.117412	33.8364
2528	0.166541	34.1771

표 3.3. Test 영상들의 통계 값

	평균 DN	표준편차
MSC Test data	14.8184	2.5267
EOC Test data	37.8458	1.2420

4. 결론

본 연구에서는 두가지 Test 영상자료를 이용한 상대복사보정으로 부터 Lookup Table을 산출해 보았다. 산출된 Look table 값들을 줄무늬가 있는 보정 전 영상에 적용해본결과 줄무늬가 대부분 제거되어 성공적인 상대복사보정이 이루어졌음을 알 수 있었다. 결론적으로 본 연구에서 가장 중요한 것은 밝기 분포가 Flat하고 다양한 그리고 CCD 전체 swath width를 포함하는 영상자료 확보만 충분히 이루어진다면 성공적인 상대복사 보정이 이루어지리라 예상해본다.