

Code: NMSC/SCI/ATBD/FOG Issue: 1.0 Date:2012.12.21

File: NMSC-SCI-ATBD-FOG_v1.0.hwp

Page: 18



안개탐지(FOG) 알고리즘 기술 분석서 (FOG-v1.0)

NMSC/SCI/ATBD/FOG, Issue 1, rev.0 2012.12.12



Code: NMSC/SCI/ATBD/FOG Issue: 1.0 Date:2012.12.21

File: NMSC-SCI-ATBD-FOG_v1.0.hwp

Page: 18

REPORT SIGNATURE TABLE

Function	Name	Signature	Date
Prepared by	Lee, Jung Rim		2013. 3. 4
Reviewed by			
Authorised by			



Code: NMSC/SCI/ATBD/FOG Issue: 1.0 Date:2012.12.21

File: NMSC-SCI-ATBD-FOG_v1.0.hwp

Page: 18

DOCUMENT CHANGE RECORD

Version	Date	Pages	Changes



Code: NMSC/SCI/ATBD/FOG Issue: 1.0 Date:2012.12.21

File: NMSC-SCI-ATBD-FOG_v1.0.hwp

Page: 18

차 례

- 1. 개요
- 2. 배경 및 목적
- 3. 알고리즘
 - 3.1 이론적인 배경 및 근거
 - 3.2 산출방법
 - 3.3 산출과정
 - 3.4 검증
 - 3.4.1 검증방법
 - 3.4.2 검증자료
 - 3.4.3 시공간일치방법
 - 3.4.4 검증결과분석
- 4. 산출결과 해석방법
- 5. 문제점 및 개선 가능성
- 6. 참고문헌



Code: NMSC/SCI/ATBD/FOG Issue: 1.0 Date:2012.12.21

File: NMSC-SCI-ATBD-FOG_v1.0.hwp

Page: 18

List of Tables

Table 1: Input data for the FOG2 Algorithm.

Table 2: Criteria used in the FOG2 algorithm.

Table 3: INDEX values for FOG2 result.

Table 4: QC parameters using bit method.

Table 5: Description of the auxiliary data for FOG2 validation.

Table 6: The collocation methods for FOG2 validation.



Code: NMSC/SCI/ATBD/FOG Issue: 1.0 Date:2012.12.21

File: NMSC-SCI-ATBD-FOG_v1.0.hwp

Page: 18

List of Figures

- Figure 1: RTM simulation results. The value of $3.7\mu\text{m}-10.8\mu\text{m}$ changes as a function of solar zenith angle and effective radius(Re) in each graph. Different colors varied from light blue to dark blue in the graph represent different Re (2, 4, 8, 16, 32, 64), and each graph (a~f) is the simulation results for different cloud optical depth(COT) values (2, 4, 8, 16, 32, 64).
- Figure 2: The flowchart of FOG2 algorithm
- Figure 3: SWIR-IR1 images on fog case (near red box) at 1833 UTC (a) and 2133 UTC (b) on January 8th and 0033 UTC (c) and 0333 UTC (d) on January 9th in 2008.
- Figure 4: Plots of SWIR-IR1 (K) according to the solar zenith angle (degree) in the red box of figure 3.
- Figure 5: FOG2 validation methods.
- Figure 6: The validation results from 1 to 4 in October 2008. (a) and (b) represent GTS for East-Asia and Ground observation data for Korea respectively.
- Figure 7: The validation results from 1 through 4 in October 2008. (a) and (b) represent the validation results with GTS over East-Asia and with ground observation data over Korean peninsula, respectively.
- Figure 8: MTSAT-1R SWIR at 02 UTC 7 Nov. 2007 (a) and fog detection results on IR1 image (b~f)



Code: NMSC/SCI/ATBD/FOG Issue: 1.0 Date:2012.12.21

File: NMSC-SCI-ATBD-FOG_v1.0.hwp

Page: 18

List of Acronyms

COMS Communication, Ocean, and Meteorological Satellite

CMDPS Coms Meteorological Data Processing System

CSI Critical Success Index

FAR False Alarm Rate

GOES Geostationary Operational Environmental Satellites

IR Infrared image

MTSAT-1R Multi-functional Transport SATellite

PC Proportion Correct

POD Probability of Detection

POFD Probability of False Detection

RTM Radiative Transfer Model

SWIR ShortWave Infrared

VIS Visible image

WV WaterVapor image



Code: NMSC/SCI/ATBD/FOG Issue: 1.0 Date:2012.12.21

File: NMSC-SCI-ATBD-FOG_v1.0.hwp

Page: 18

1. 개요

안개로 인한 시정악화는 지상 뿐 아니라 항공과 선박 교통에도 심각한 사고를 유발하여 많은 인명, 재산 피해를 야기한다. 때문에 정확한 안개역의 탐지와 안개지속시간 예보는 이러한 사고를 예방하고, 재산 피해를 줄이는데 중요한 수단이 된다.

본 문서는 CMDPS의 안개탐지 알고리즘의 기술 분석서로서 2장에서는 안개역 산출의 물리적인 배경과 일반적인 산출 방법, 산출목적에 관해 기술하였고, 3장에서 CMDPS 알고리즘의 이론적인 배경과 근거, 산출방법과 산출 과정, 산출결과의 검증에 관한 내용을 기술하였으며, 4장에서는 모듈에 대한 설명, 5장에서는 문제점 및 개선 가능성에 대해 상세히기술하였다.

2. 배경 및 목적

지상의 안개 관측은 한 지점에서의 목측자료로써 관측지점 주변의 안개 정보를 나타낸다. 따라서 관측소가 없는 지역의 안개에 대해서는 정보를 얻기가 어렵고, 특히 야간의 경우 정확한 관측이 어렵다. 반면 위성 관측은 광역의 지역에 대해 빠른 시간간격으로 관측이가능하기 때문에 넓게 자리한 안개역에 대한 정보를 얻는데 중요한 수단이 된다.

위성자료를 이용한 안개탐지는 단파적외채널에서 안개의 방출률이 적외채널에서의 방출률보다 작은 특성을 이용하여 산출한다(Eyre et al., 1984; Turner et al., 1986; Dybbroe et al., 1993; Bendix, 2002). 적외채널에서 안개의 방출률은 거의 1에 가까운 반면 단파적외채널에서 안개의 방출률은 0.7~0.8(Ellord 1995; Wetzel et al. 1996; Lee et al. 1997) 정도의 작은 값을 갖기 때문에 야간에 두 채널의 휘도온도 차이를 이용하면 안개/하층운 탐지가 가능하다. 하지만 주간이 되면서 단파적외채널은 지표로부터의 방출성분 뿐 아니라 반사성분까지 함께 관측하기 때문에 두 채널의 휘도온도 차이는 야간과 주간에 각기 다른 특성을 갖고, 이는 주야간 안개 탐지의 불연속을 야기한다. 또한 가시채널에서 안개는 높은 반사도를 가져 주간의 짙은 안개역을 구분할 수 있고, 적외채널의 밝기온도로도 안개와 상층운을 어느 정도 구분이 가능하다(Gultepe et al., 2007).

안개는 지표면에 닿아서 발생하는 현상이지만 하층운의 성질을 가지므로 위성을 이용한 안개탐지에 많은 어려움이 있다 (Bendix et al., 2005). 또한 안개는 종류(해양, 육상 등)에 따라 각기 다른 광학 특성을 가지며, 특히 한반도와 같이 지형이 복잡한 지역에서 국지적으로 발생하는 안개는 위성의 공간분해능의 한계로 인해 탐지해내기 어렵다. 또한 안개탐지에 가장 중요한 수단이 되고 있는 단파적외채널의 주/야간 다른 관측 특성으로 인해 주/야간 안개탐지에 불연속을 야기한다.

이에 본 알고리즘에서는 주/야간 및 계절에 따른 안개탐지 불연속을 최소화 하고자 동적



Code: NMSC/SCI/ATBD/FOG Issue: 1.0 Date:2012.12.21

File: NMSC-SCI-ATBD-FOG_v1.0.hwp

Page: 18

경계값을 사용하는 알고리즘을 개발하였다. 또한 새벽/황혼역에 크게 나타나는 지표면으로 부터의 오염화소를 제거하기 위해 청천 가시채널 반사도를 사용하였고, 구름화소에 의한 오염을 제거하기 위한 방법으로 채널 차(IR1-IR2, IR1-WV) 방법과 적외채널 밝기 온도 등을 사용하여 오염화소를 최소화하고자 하였다. 또한 안개 특성인 시간 연속성과 공간 균질성을 알고리즘에 적용하여 최종 안개역을 산출하고자 하였다.

3. 알고리즘

3.1. 이론적인 배경 및 근거(Theoretical Background)

본 알고리즘에서는 안개역이 단파적외채널과 적외채널에서 각기 다른 방출률을 갖는 특 성을 이용하여 두 채널의 차이(Dual Channel Difference between SWIR and IR1: 이하 DCD_{SWIR-IR1})를 이용하여 안개역을 탐지한다. 야간 안개에서 이 채널 차이는 음의 값을 갖 고, 주간이 되면 양의 값을 갖는다. 이는 주간에 단파적외채널이 지표로부터의 방출성분 뿐 아니라 반사성분도 함께 측정하기 때문에 나타나는 특성이다. 특히 안개와 같이 입자가 작 은 물방울에 대해서는 태양천정각에 따라 DCDswir-iri 가 크게 달라지는데(Lee et al. 1997; Turk et al. 1998; Schreiner et al., 2007), 태양천정각에 따른 DCDswir-iri 의 변화를 물방울입자의 크기를 나타내는 유효 반경(effective radius: Re)을 달리하여 복사 모의 한 결과를 Fig. 1 에 나타내었다. 그래프에서 선의 색깔은 밝은 청색부터 어두운 남색 순으로 Re를 2, 4, 6, 16, 32, 64로 변화시킨 것이고, a, b, c, d, e, f 는 각각 구름 광학두 께(cloud optical depth: COT)를 2, 4, 8, 16, 32, 64 로 변화시켰을 때의 결과를 나타낸 다. 모든 그림에서 야간(태양천정각 > 90°)에 DCD_{SWIR-IR1} 은 음의 값을 갖는다. 해가 뜨 면서(태양천정각 < 90°) DCDswir-iri 는 변화하는데, 유효 반경이 큰 경우(짙은 남색) 그 차이는 크게 변하지 않지만, 유효 반경이 작은 경우(밝은 청색) 채널차가 크게 변한다. 그 변화는 태양천정각이 60°~ 90° 사이에 있을 때 태양천정각에 따라 큰 변화를 보이고, 60° 보다 작을 때 비교적 일정한 값을 갖는다. 이런 경향은 COT를 달리하여도 나타나는 데, COT가 커질수록 작은 물방울(Re가 작음)의 변화폭(야간에 낮은 값을 갖고, 주간에 높 은 값을 갖음)은 더 커진다. 따라서 본 알고리즘에서는 물방울 입자가 작은 안개의 광학 특 성을 이용하여 태양천정각에 따라 변화하는 DCD_{SWIR-IR1} 에 동적경계값을 적용하였다.



Code: NMSC/SCI/ATBD/FOG Issue: 1.0 Date:2012.12.21

File: NMSC-SCI-ATBD-FOG_v1.0.hwp

Page: 18

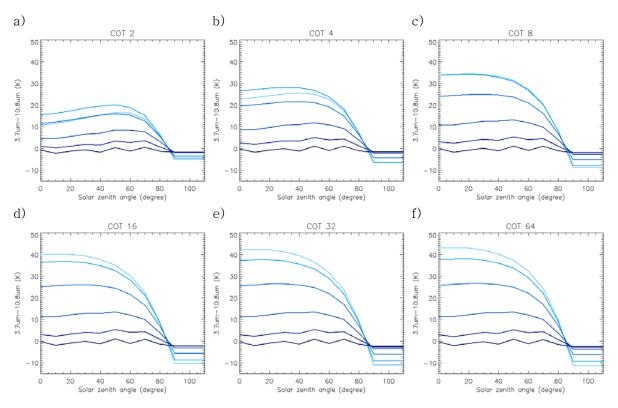


Figure 1. RTM simulation results. The value of $3.7\mu\text{m}-10.8\mu\text{m}$ changes as a function of solar zenith angle and effective radius(Re) in each graph. Different colors varied from light blue to dark blue in the graph represent different Re (2, 4, 8, 16, 32, 64), and each graph (a~f) is the simulation results for different cloud optical depth(COT) values (2, 4, 8, 16, 32, 64).

3.2. 산출방법(Methodology)

본 알고리즘은 주/야간 계절별 연속적인 안개탐지를 위하여 태양천정각에 따라 크게 변화하는 DCD_{SWIR-IR1} 에 동적 경계값을 적용하여 안개역을 탐지한다. Fig. 1에 근거하여 태양천정각에 따라 주간(태양천정각<60), 새벽/황혼(90<태양천정각>60), 야간(태양천정각>90)을 구분하고, 야간에는 일정한 음의 경계값을, 주간에는 양의 경계값을 주고, 새벽/황혼에 대해서는 태양천정각에 따라 변하는 동적경계값을 사용한다. 또한 이때 나타나는 구름 및 지표면으로부터의 오염화소를 제거하기 위해 적외채널 차, 청천 가시채널 반사도등을 사용하고, 안개의 특성인 시간 연속성과 공간 균질성을 이용하여 안개역을 탐지한다.



Code: NMSC/SCI/ATBD/FOG Issue: 1.0 Date:2012.12.21

File: NMSC-SCI-ATBD-FOG_v1.0.hwp

Page: 18

3.3. 산출과정

안개탐지 알고리즘 흐름도를 Fig. 2 에 나타내었다. 알고리즘은 크게 자료입력과 경계값 검사, 새벽/주간/황혼에 대한 시간연속성 검사와 청천 가시채널 반사도를 이용한 테스트를 통해 최종 안개역과 QC flag를 산출한다.

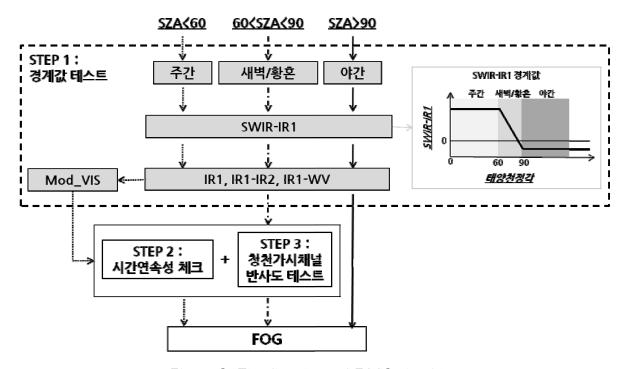


Figure 2. The flowchart of FOG2 algorithm

입력자료

안개 탐지는 기본적으로 단파적외채널, 적외1채널 자료를 입력 자료로 사용하고, 주간의 안개탐지 수단으로 가시채널 반사도가 사용된다. 구름화소와 지표면 보정을 위해 COMS 위성의 5 개 채널 자료를 모두 사용한다. 보조 자료로는 새벽/황혼 시간대와 주간 안개탐지시 지표면 보정을 위한 15일 최소 반사도 합성장과 이전시간 안개탐지 결과를 사용한다. 또한, 주/야 구분을 위한 태양천정각이 입력 자료로 사용 되고, 품질정보 산출을 위해 Land/Sea mask 가 사용된다(Table 1). 한편 안개는 다른 CMDPS 산출물들과 같이 위성천정각 65°이하의 영역에 대해 산출한다.



Code: NMSC/SCI/ATBD/FOG Issue: 1.0 Date:2012.12.21

File: NMSC-SCI-ATBD-FOG_v1.0.hwp

Page: 18

Table 1. Input data for the FOG2 Algorithm.

	Data	공간 해상도	
	VIS	2750 × 2750	
	SWIR	2750 × 2750	
COMS	WV	2750 × 2750	
	IR1	2750 × 2750	
	IR2	2750 × 2750	
Composite Input	CS_Refl	2750 × 2750	
Static Input	Land/sea mask	2750 × 2750	
Dynamic Input	Solar zenith angle	2750 × 2750	
	Satellite zenith angle	2750 × 2750	

STEP 1 : 경계값 검사

안개탐지는 주로 DCD_{SWIR-IR1} 와 가시채널 반사도를 포함한 경계값 검사로 이루어진다. 알고리즘에 사용된 각각의 경계값들을 Table 2에 정리하였다. 안개탐지 알고리즘은 야간, 새벽 및 황혼 그리고 주간에 따라 다른데 각각의 알고리즘에 사용되는 경계값 테스트가 각기 다르다. 야간에는 SWIR-IR1, IR1-IR2, IR1-WV, IR1에 대한 경계값 테스트를 하고, 새벽/황혼 및 주간에는 가시채널 반사도와 과거 15일 최소 가시채널 반사도의 차에 대한 경계값 검사가 추가된다. 또한 주간에는 태양 천정각으로 보정된 가시채널 반사도에 대한 경계값 검사가 추가된다. 각각의 경계값에 대한 자세한 설명을 STEP1.1~STEP1.4에 자세히 설명했다.



Code: NMSC/SCI/ATBD/FOG Issue: 1.0 Date:2012.12.21

File: NMSC-SCI-ATBD-FOG_v1.0.hwp

Page: 18

Table 2. Criteria used in the FOG2 algorithm.

Criteria	야간 새벽/황혼		주간	Explanation
태양천정각	89° 이상 60° ~ 89°		60° 이하	주/야 구분
SWIR-IR1	-9.5~-2.5 동적계수		15~50	하층운 분리
IR1-IR2	동적계수 사용			상층운 제거
IR1-WV	동적계수 사용			상층운제거
IR1	260 K 이상 260 K 이상		260 K 이상	상층운 제거
vis_alb-CS_refl	- 동적경계값~40		동적경계값~40	지표면 효과 제거
mod_sza_alb	_	_	25~55	안개역

STEP 1.1 : 주/야 구분

안개탐지에 주로 사용되는 단파적외채널의 관측 특성이 주/야간에 따라 다르고, 주간 안 개탐지에는 가시채널을 사용할 수 있기 때문에 본 알고리즘에서는 주간, 새벽/황혼, 야간에 각기 다른 알고리즘을 사용한다. 주간, 새벽/황혼, 야간은 태양천정각에 의해 구분하는데, 태양천정각이 89°보다 크면 야간, 60°~89°일 경우 새벽/황혼, 60°보다 작을 경우 주간으로 구분한다.

STEP 1.2 : SWIR-IR1

안개 탐지에 주로 사용되는 단파적외채널은 주/야간 관측 특성이 다르므로(야간에는 지표로부터의 방출성분만 측정하지만 주간에는 방출성분과 함께 지표면으로부터의 반사성분을 함께 측정) 주간 및 새벽/황혼, 야간에 각기 다른 경계값을 사용한다. 안개역에서의 SWIR-IR1 영상의 시간에 따른 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 2008년 1월 8일에서 9일에 걸쳐 중국 동부지역과 해안에 걸쳐 넓게 발달한 안개 사례이며, a), b), c), d)는 각각 8일 1833 UTC, 2133 UTC, 9일 0033 UTC 0333 UTC 의 관측 시간을 나타낸다. 영상의색이 어두울수록 작은 값을 나타내고 밝은 수록 큰 값을 나타내는데, 야간인 a)와 b)의 영상에 비교해서 c), d)의 영상이 밝게 나타난다. 이는 단파적외채널이 주간에 반사성분을 함께 측정하기 때문이다.안개역(붉은 박스 부근)은 야간의 영상에서 주변보다 작은 값(어두운 색)을 보이고, 주간의 영상에서 주변보다 큰 값(밝은 색)을 보여 주/야간 특성이 다르게나타남을 알 수 있다. Fig. 4는 영상의 붉은 박스내의 화소값을 태양천정각에 따라 나타낸 플로팅한 그래프이다. 태양 천정각이 90도 보다 큰 경우 0보다 작은 값을 갖고, 태양천정각이 90도 보다 작아질 경우 급격히 증가하여 태양 천정각이 60도 일 경우 30 K 정도의높은 값을 가진다.



Code: NMSC/SCI/ATBD/FOG Issue: 1.0 Date:2012.12.21

File: NMSC-SCI-ATBD-FOG_v1.0.hwp

Page: 18

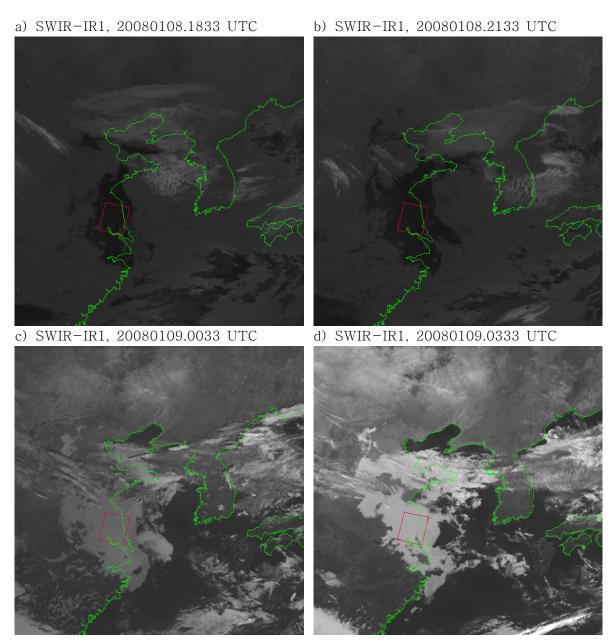


Figure 3. SWIR-IR1 images on fog case (near red box) at 1833 UTC (a) and 2133 UTC (b) on January 8th and 0033 UTC (c) and 0333 UTC (d) on January 9th in 2008.

이는 Fig. 1 의 복사모의 결과와 일치하는 결과이다. 따라서 본 알고리즘에서는 태양 천정 각에 따른 SWIR-IR1의 변화를 이용하여 동적 경계값을 설정하였다. 태양 천정각이 90도 보다 큰 야간에 대해서는 $-9.5\sim-2.5$ (K), 태양 천정각이 60도 보다 작은 주간에 대해서는 $15\sim26$ (K)를 사용한다. 한편 태양 천정각이 $60\sim90$ 도인 새벽/황혼에 대해서는 SWIR-IR1이 급격히 변하는 구간으로, 다음 식으로부터의 동적 경계값을 사용한다.



Code: NMSC/SCI/ATBD/FOG Issue: 1.0 Date:2012.12.21

File: NMSC-SCI-ATBD-FOG_v1.0.hwp

Page: 18

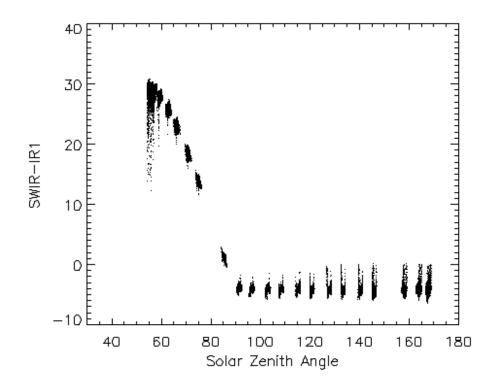


Figure 4. Plots of SWIR-IR1 (K) according to the solar zenith angle (degree) in the red box of fig. 3.

swir_ir1_thr_min =
$$72.0048 - 0.828323 \cdot \theta_{\text{degree}} - 7$$

swir_ir1_thr_max = $72.0048 - 1.5 \cdot \theta_{\text{degree}} + 60.5$

여기서 θ_{degree} 는 태양천정각이고, SWIR-IR1이 swir_ir1_thr_min 과 swir_ir1_thr_max 사이에 있을 때 안개로 탐지한다.

STEP 1.3: IR1-IR2, IR1-WV, IR1

권운 등 상층운의 제거와 지표면에 의한 오염화소를 제거하기 위해 적외1 휘도온도, 적외채널 차에 경계값을 설정하여 이를 제거하였다. Fig. 5는 각각의 보정을 통해 구름에 의한 오염화소가 제거된 예이다. (a)는 2008년 1월 8일 0233 UTC의 안개 탐지 결과이고, (b)는 IR1-IR2를 이용한 보정 후의 탐지 결과이다. 일본과 주변 바다에 나타나던 오염화소가 적외차 보정에 의해 많이 제거된 모습을 보인다. (c)는 2007년 11월 7일 0233 UTC에 대한 안개 탐지 결과이고, (d)는 IR1-WV를 이용한 보정 후의 탐지 결과이다. 보정 후, 중국 대륙의 지표면에 의한 오염화소와 북태평양의 구름오염화소가 많이 제거되었다. 각채널차 방법들의 경계값은 적외채널 휘도온도(K)에 따라 변하는 동적경계값을 갖으며 각



Code: NMSC/SCI/ATBD/FOG Issue: 1.0 Date:2012.12.21

File: NMSC-SCI-ATBD-FOG_v1.0.hwp

Page: 18

각의 경계값은 다음과 같다.

IR1-IR2 적외차 경계값 : thr_min_dtb45 < IR1-IR2 < thr_max_dtb45 사이의 값을 갖는 조건 충족 시 안개

thr_min_dtb45 = -37.4793 + IR1 · 0.132949 -1 thr_max_dtb45 = -37.4793 + IR1 · 0.132949 +1

IR1-WV 적외차 경계값 : IR1-WV 값이 thr_dtb43 보다 큰 값을 갖는 조건 충족 시 안개 thr_dtb43 = 299 - IR1

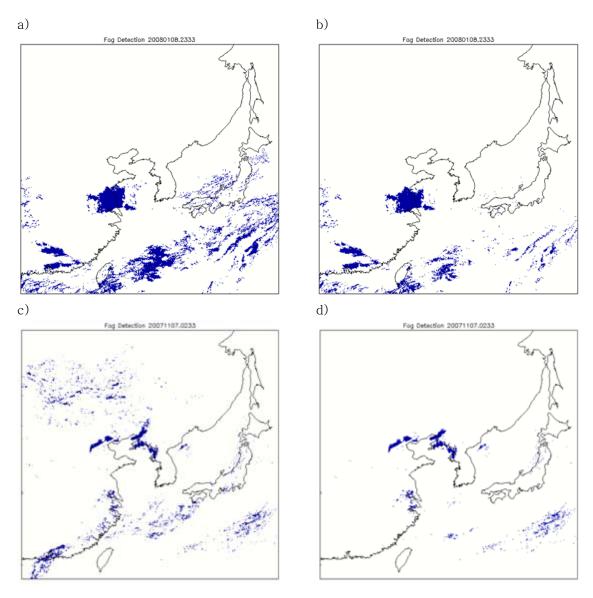


Figure 5. Example images on IR corrections. (b) image is the results of IR1-IR2 correction on (a), and (d) image is the results of IR1-WV correction on (c).



Code: NMSC/SCI/ATBD/FOG Issue: 1.0 Date:2012.12.21

File: NMSC-SCI-ATBD-FOG v1.0.hwp

Page: 18

STEP 1.4: mod_sza_alb

가시채널 영상에서 안개는 높은 반사도를 갖는다. 때문에 높은 반사도와 안개의 공간 균질성, 시간 연속성 등의 특성을 이용하면 가시채널 영상에서 안개역을 쉽게 찾을 수 있다. 본 알고리즘에서도 주간 안개탐지에 가시채널 반사도를 이용하는데, 가시채널 반사도는 태양의 위치 등에 따라 변하기 때문에 사용에 앞서 태양천정각을 이용한 보정을 아래와 같이수행한다.

$$mod_sza_alb = ch1_alb / cos(\theta_{rad})$$
 (1)

여기서, $ch1_alb$ 과 mod_sza_alb 는 각각 가시채널 반사도와 태양 천정각 보정 후의 반사도이고, θ_{rad} 는 태양 천정각이다. 태양 천정각 보정된 가시채널 반사도는 전체적으로 값이 커지고, 태양 천정각의 일변화에 따른 변화가 거의 나타나지 않는다(해빙/적설 ATBD 중 3.3 산출과정 step 2: 태양천정각 보정 참조). 본 알고리즘에서 주간 안개탐지시의 보정된 반사도는 $25\sim55$ 이다.

STEP 2 : 청천 가시채널 반사도 보정

경계값 검사를 통해 안개역을 탐지할 때, 시간에 따라 안개 탐지 특성이 달라지는데, 이는 태양의 위치와 채널 특성이 변하기 때문이다. 특히 야간에서 새벽으로 시간이 변하면서 지표면에 의한 오염화소가 크게 나타난다. 지표면에 의한 오염화소를 제거하기 위해 이전 15일 최소 가시채널 반사도를 사용하며, 적용 방법은 다음과 같다.

 $drefl = ch1_alb - csr_refl$

여기서 csr_refl 은 이전 15일 최소 가시채널 반사도이고, 여기서 계산된 drefl이 thr_min_drefl과 thr_max_drefl 사이의 범위에 속할 때 안개로 탐지한다.

thr_min_drefl=3 \cdot COS(θ_{rad})+4 - exp(θ_{degree} /10.)/10000 thr_min_drefl=40

STEP 3: 시간 연속성 검사

STEP 2의 청천 가시채널 반사도를 이용해 보정했을 경우, SWIR의 특성으로 인하여 새벽 시간의 안개화소가 제거되는 경우가 있다. 이를 보강하기 위해 시간적으로 어느 정도 연특성을 이용한다. 이 방법은 바로 전시간의 안개탐지 결과를 이용하는데, 경계값을 이용한 안개탐지 결과에서 이전시간에도 안개가 있었던 화소를 안개로 탐지하는 방법이다. 결과적으로, STEP 2에 의해 제거된 안개 화소가 이 방법에 의해 안개로 탐지될 경우, 안개화소로 복구하는 기능을 한다. 이 방법은 청천 가시채널 반사도 보정을 수행하는 새벽/황혼 시간대



Code: NMSC/SCI/ATBD/FOG Issue: 1.0 Date:2012.12.21

File: NMSC-SCI-ATBD-FOG_v1.0.hwp

Page: 18

와 주간에만 적용한다.

안개탐지 결과

FOG2의 안개탐지 결과는 Table 3 과 같이 0~4의 값을 갖고 이 중 0은 청천, 1~4는 안개화소이다. 또한 1로 표현되는 "datw_asmp"와 "day_asmp"는 STEP 3 의 시간 연속 성 검사를 통과한 화소로써, 안개 탐지 결과에 조금 더 신뢰성을 갖는다.

Table 3. INDEX values for FOG2 result.

Parameter	Index
night fog	2
datw	3
datw_asmp	1
day	4
day_asmp	1
no	0
unavail	-999

품질정보

FOG2의 품질정보는 총 다섯 가지 항목에 대해 생산되는데, 바다/육지, 주/야구분, CS_Refl의 사용 여부, 이전시간 안개탐지 경과의 사용여부와 구름탐지 결과에 대해 산출하며, 자세한 내용을 Table 4에 나타내었다.

Table 4. QC parameters using bit method.

조건		
land/coast		
twilight	+96	
day	+64	
night	+32	
csr_ir(ix,jy) /= real_unavail	+16	
fog_prev(ix,jy)/=indx_fog_no .OR. fog_prev(ix,jy)/=int_unavail	+8	
cld(ix,jy)%prob == 5	+5	
cld(ix,jy)%prob == 4	+4	
cld(ix,jy)%prob == 3	+3	
cld(ix,jy)%prob == 2	+2	
cld(ix,jy)%prob == 1	+1	



Code: NMSC/SCI/ATBD/FOG Issue: 1.0 Date:2012.12.21

File: NMSC-SCI-ATBD-FOG_v1.0.hwp

Page: 18

3.4. 검증

3.4.1. 검증방법

안개 검증은 지상의 유인관측 자료를 이용한다. 검증은 지상관측자료가 있는 주변 화소에 대해 실시한다. 검증 방법으로는 검증 보조 자료의 결과와 일치하게 안개화소를 탐지한 비율을 나타내는 Probability of detection (POD)와 검증 보조 자료와 비교하여 안개화소로 잘못 탐지한 비율을 나타내는 Probability of false detection (POFD) 등을 비롯한 다섯 가지 방법으로 계산 한다(Fig. 6). POD와 PC, CSI 는 값이 1에 가까울수록, POFD 와 FAR 은 0에 가까울수록 좋은 일치를 의미한다.

		검증보조자료			
		Yes No			
산출값	Yes	A	В		
	No	С	D		

POD (probability of detection) : A / (A + C)
POFD (probability of false detection) : B / (B + D)
FAR (false alarm ratio) : B / (A + B)
PC (proportion correct, accuracy) : (A + D) / N
CSI (critical success index, threat score)

: A / (A + B + C)

Figure 6. FOG2 validation methods.

3.4.2. 검증자료

안개 검증 보조 자료에 대한 설명을 Table 5 에 나타냈다. 안개는 지상관측 자료의 일기 현상요소로 검증하는데, 현재일기가 40~49 인 경우에 지상 안개로 정의하고, 나머지 경우 엔 청천으로 한다.



Code: NMSC/SCI/ATBD/FOG Issue: 1.0 Date:2012.12.21

File: NMSC-SCI-ATBD-FOG_v1.0.hwp

Page: 18

Table 5. Description of the auxiliary data for FOG2 validation.

보조 자료	영역	시간 해상도	관측지점수
GROUND	한반도	1시간	89
GTS	전구 (동아시아 영역만 검증 수행)	3시간 (00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 UTC)	3523

3.4.3. 시공간일치방법

안개 검증 보조 자료인 GROUND와 GTS 자료는 1시간 주기로 관측된다. 하지만 GTS 자료의 경우 안개 검증 영역인 동아시아 지역에 대해서는 3시간 간격으로 정기적인 자료가입수되기 때문에 3시간 간격의 검증을 수행한다. 따라서 GROUND 자료와는 매 시간 전후 30분 이내의 안개탐지 결과와 검증하고, GTS 자료와는 3시간 간격으로 전후 30분 이내의안개탐지 결과와 검증한다. 공간적으로는 GROUND와 GTS 자료가 모두 지점관측 자료이므로 관측지점을 중심으로 주변 3×3 화소의 안개탐지 결과와 비교한다. 이때, 3×3 화소중 5픽셀 이상이 안개로 탐지했을 경우 CMDPS 안개화소로 정의 한다(Table 6).

Table 6. The collocation methods for FOG2 validation.

보조 자료	시간 해상도	고기체사다	시공간 일치		
	시간 해상도 공간해상도	중신에 경도	시간	공간	기준자료
GROUND	1시간	관측지점	± 30분 이내	3×3	GROUND
GTS	3시간	관측지점	± 30분 이내	3×3	GTS

3.4.4. 검증결과분석

안개는 지상의 목측 자료와 검증하므로 위성에서 관측하는 것과는 많은 차이가 있다. 특히 지상관측은 상층운의 유무에 관계없이 안개를 관측하는 반면 위성에서는 상층운 존재시 지표면의 정보를 얻을 수 없기 때문에 안개 탐지가 불가능하다. 이러한 차이로 인해 산출된 안개 검증 결과는 안개 탐지 알고리즘의 성능문제 외에도 많은 오류를 포함하고 있다. Fig. 7 은 2008년 10월 1일~4일의 시간별 안개탐지 결과에 대한 검증치 이다. (a)는 GTS에 대한 동아시아 영역의 검증 결과이고, (b)는 한반도에 대한 검증 결과이다. 그림에서 붉은색과 청색의 막대그래프는 각각 POD 와 CSI 결과이고, 초록색 선은 지상에서 안개



Code: NMSC/SCI/ATBD/FOG Issue: 1.0 Date:2012.12.21

File: NMSC-SCI-ATBD-FOG_v1.0.hwp

Page: 18

를 관측한 지점수를 나타낸다. POD와 CSI는 모두 그 수가 1에 가까울수록 좋은 검증결과를 나타내는데, 두 검증치 모두 지상의 안개관측 지점 수에 비례하는 경향을 보인다. 이는 지상의 안개가 적을 때 검증치 들은 낮은 값을 나타내고, 드물게 일어나는 안개 현상을 통계적으로 감시하는 것에 큰 의미를 부여할 수 없다는 것을 보여준다. 또한 이 사례는 한반도의 복잡한 지형에 의한 국지적인 안개가 발생한 사례인데, 이런 경우 위성의 위치오차 (navigation error)가 발생하게 되면 안개탐지 역이 이동하여 검증결과는 낮아질 수 있다.

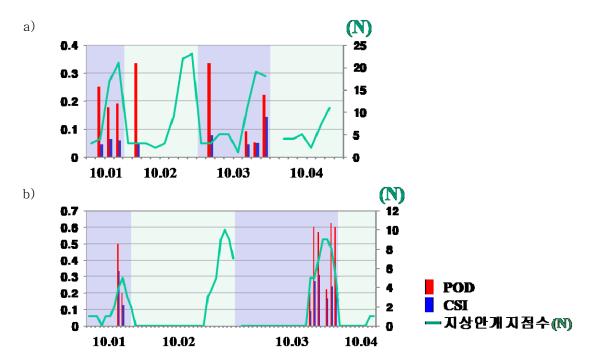


Figure 7. The validation results from 1 through 4 in October 2008. (a) and (b) represent the validation results with GTS over East-Asia and with ground observation data over Korean peninsula, respectively.

4. 산출결과 해석방법

2007년 11월 6일과 7일에 중국 만주지방에 발생한 안개 사례에 대한 탐지 결과를 분석하였다 (Fig. 8). (a)는 2007년 11월 7일 02 UTC의 SWIR 영상을 나타낸 것이다. SWIR 영상은 해가 뜨면서 안개/하층운역이 어둡게 나타나는데, 중국 베이징 부근과 만주지방, 그리고 중국 남동부 지역에 어둡고 짙은 안개가 영상에서 검게 나타나고 있다. (b)~(f)는 이사례에 대한 안개탐지 결과를 적외채널 영상위에 나타낸 것이며, 그림의 하늘색 화소는 야간에 "경계값검사" 또는 주간/새벽에 "경계값검사 + 청천 가시채널 반사도 검사"를 통해 나온 화소이며, 주황색 화소는 주간/새벽에 "경계값 검사 + 시간 연속성 검사"를 통



Code: NMSC/SCI/ATBD/FOG Issue: 1.0 Date:2012.12.21

File: NMSC-SCI-ATBD-FOG_v1.0.hwp

Page: 18

해 탐지된 안개화소이다. 한편 주황색 화소는 이전시간에도 안개로 탐지되었던 화소로, 구름이나 지표면에 의해 갑자기 나타난 오염화소가 아닐 가능성이 적은 비교적 신뢰성이 높은 결과이다. 또한 영상에서 자주색 박스들은 지상(GTS)에서 안개를 보고한 지점을 나타낸다. 탐지 결과(b, 6일 1733)에서 f (7일 0533)에 이르는 시간 동안 안개의 생성과 발달, 쇠퇴의 모습이 연속적으로 잘 나타나고 있으며, 지상의 안개지점(GTS)과도 잘 일치함을 보여주고 있다. 한편 (d), (e), (f)에 만주지방에서는 지상에서 안개를 보고하였지만 안개탐지결과에서 안개로 탐지되지 않은 지점들이 있는데, 이는 적외영상에서 보는 것처럼 상층운이 있어 지표면의 안개를 탐지하지 못하는 결과이다. 또한 2333 UTC (d)에서 중국 북부와 러시아에 걸쳐 지상에서 보고한 안개를 탐지하지 못한 결과들이 있는데, 이는 고위도 지역의 얇은 상층운과 찬 지표면 온도에 의해 안개로 탐지되지 못한 화소들이다. 한편, 주간인 0233 UTC (e)와 0533 UTC (f)에 나타나는 중국 북부지역의 오염 화소는 지표면에 의한 오염화소이고, 일본 남해상의 길게 뻗은 구름대 가장자리의 화소들도 구름에 의한 오염화소임을 알 수 있다.

추가적으로, 현재 국가기상위성센터에서 표출되고 있는 CMPDS 안개탐지 결과는 "안 개가능지역"과 "안개지역"으로 표시되는데, 이중 "안개가능지역"은 CMDPS FOG 결과 중 1 번으로, 현재시간에서 안개로 탐지되지는 않았으나 이전시간에 안개로 탐지된 역을 나타낸다. 이 외에 2~4 번의 주간 안개, 새벽/황혼 안개, 밤 안개는 "안개지역"으로 나타내진다.



Code: NMSC/SCI/ATBD/FOG Issue: 1.0 Date:2012.12.21

File: NMSC-SCI-ATBD-FOG_v1.0.hwp

Page: 18

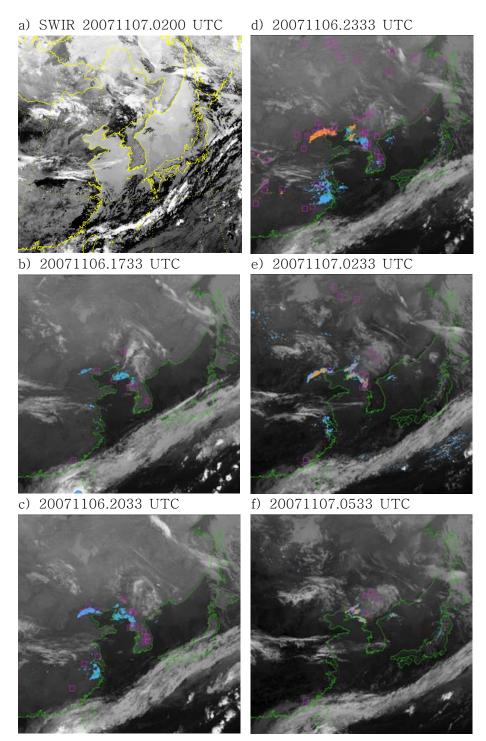


Figure 8. MTSAT-1R SWIR at 02 UTC 7 Nov. 2007 (a) and fog detection results on IR1 image (b~f).



Code: NMSC/SCI/ATBD/FOG Issue: 1.0 Date:2012.12.21

File: NMSC-SCI-ATBD-FOG_v1.0.hwp

Page: 18

5. 문제점 및 개선 가능성

안개는 광학적으로 지표면과 구름의 특성을 모두 갖기 때문에 위성을 이용한 안개탐지에 많은 어려움이 있다. 또한 국지적으로 발생하는 안개의 경우 위성의 공간 분해능과 위치오차 등의 한계로 탐지가 더 어렵다. 따라서 본 알고리즘에서는 위성탐지 능력의 한계를 인정하고 어느 정도 이상의 면적과 강도를 가진 안개 현상에 대해, 안개의 발생과 발달, 소멸의 과정을 연속적으로 탐지하는데 중점을 두었다. 또한 위성의 공간분해능, 위성의 위치오차 등의 문제점과 더불어, 하층운이 관측지역의 고도에 따라 안개로 관측되기도 하고 하층운으로 분류되기도 하는 현상은 위성을 이용한 안개 탐지와 검증에 큰 어려움이 아닐 수 없다. 안개를 포함한 구름은 안개 입자의 크기와 광학 두께에 따라 각기 다른 광학적 특성을 갖기 때문에 해상과 육상에서의 안개 특성은 다르다. 한편 본 알고리즘에서는 해상과 육상에 대해 같은 알고리즘과 경계값의 사용으로 특히 해양에서의 안개탐지 오차를 좀 더 포함하고 있다. 향후 해양에서의 경계값 산출과 안개 특성을 고려한 탐지 알고리즘의 개발이 필요시 된다.

6. 참고문헌

- Bendix, J., 2002; A satellite-based climatology of fog and low-level stratus in Germany and adjacent areas. Atmos. Res. 64. 3-18.
- Bendix, J., B. Thies, J. Cermak, and T. Naub, 2005: Ground Fog Detection from Space Based on MODIS Daytime Data-A Feasibility Study. Wea. and Forecasting. 20, 989-1005.
- Cermak, Jan, J. Bendix, 2008: A novel approach to fog/low stratus detection using Meteosat 8 data, Atmos. Res. 87, 279-292.
- Dybbroe, A., 1993. Automatic detection of fog at night using AVHRR data. Proc. 6th AVHRR Data Users' Meeting, pp. 245-252.
- Ellord, G. P., 1995: Advances in the detection and analysis of fog at night using GOES multispectral infrared imagery. Wea. Forecasting, 10, 606-619.
- Eyre, J. R., Brownscombe, J. L., Allam, R. J., 1984: Detection of fog at night using Advanced Very High Resolution Radiometer. Meteorol. Mag. 113, 266-271.
- Gultepe I., M. Pagowski, and J. Reid, 2007: A satellite-Based Fog Detection Scheme Using Screen Air Temperature.
- Lee, T. F., F. J. Turk, and K. Richardson, 1997: Stratus and fog products using GOES-8-9 3.9-μm data. Wea. Forecasting, 12, 664-677.



Code: NMSC/SCI/ATBD/FOG Issue: 1.0 Date:2012.12.21

File: NMSC-SCI-ATBD-FOG_v1.0.hwp

Page: 18

Saunders, R. W., Kriebel, K. T., 1988: An improved method for detecting clear sky and cloudy radiances from AVHRR data. Int. J. Remote Sens. 9, 123-150.

- Schreiner A. J., S. A. Ackerman, B. A. Baum, and A. K. Heidinger, 2007: A Multispectral Technique for Detecting Low-Level Cloudiness near Sunrise, J. Atmos. and Ocean. Tec., 24, 1800-1810.
- Turk, J., J. Vivekanandan, T. Lee, P. Durkee, and K. Nielsen, 1998: Derivation and Applications of Near-Infrared Cloud Reflectances from GOES-8 and GOES-9. Amer. Meteor. Soc., 37, 819-831.
- Turner, J., Allam, R. J., Maine, D. R., 1986: A case study of the detection of fog at night using channel 3 and 4 on the Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR). Meteorol. Mag. 115, 285-290.
- Wetzel, M. A., R. D. Vorys, and L. E. Xu, 1996: Satellite microphysical retrievals for land-based fog with validation by baloon profiling. *J. Appl. Meteor.*, 35, 810-829.