



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년07월27일
(11) 등록번호 10-1167066
(24) 등록일자 2012년07월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01W 1/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0025509

(22) 출원일자 2011년03월22일

심사청구일자 2011년03월22일

(56) 선행기술조사문헌

한국지구과학회지

한국해양학회지

한국GIS학회

JP2008064720 A

전체 청구항 수 : 총 8 항

(73) 특허권자

이화여자대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)

(72) 발명자

최용상

서울특별시 서대문구 이화여대길 52, 이화여대 아산공학관 105-3 (대현동)

(74) 대리인

남정길

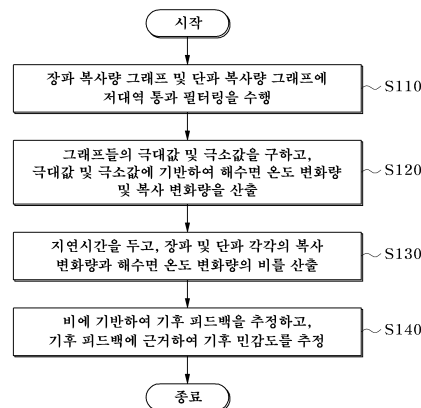
심사관 : 김홍래

(54) 발명의 명칭 해수면 온도 극값을 이용한 기후 민감도 추정 방법

(57) 요약

본 발명은 해수면 온도 극값을 이용한 기후 민감도 추정 방법에 관한 것이다. 기후 민감도 추정 방법에 있어서, 지구의 장파 복사량 그래프 및 태양의 단파 복사량 그래프에 근거하여 해수면 온도 변화량 및 복사 변화량을 산출하는 단계; 상기 해수면 온도 변화량 및 상기 복사 변화량 사이에 지연 시간(lag time)을 두고, 상기 장파 및 상기 단파 각각의 상기 복사 변화량과 상기 해수면 온도 변화량의 비(ratio)를 구하는 단계; 및 상기 비를 이용하여 기후 피드백을 추정하고, 상기 기후 피드백에 근거하여 기후 민감도를 추정하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2009-0093457

부처명 교육과학기술부

연구사업명 선도연구센터 육성사업

연구과제명 상호작용을 고려한 지역기후-육지표면과정 결합 모델 개발

주관기관 이화여자대학교 산학협력단

연구기간 2009.09.01 ~ 2016.02.28

특허청구의 범위

청구항 1

지구의 장파 복사량 그래프 및 태양의 단파 복사량 그래프에 근거하여 해수면 온도 변화량 및 복사 변화량을 산출하는 단계;

상기 해수면 온도 변화량 및 상기 복사 변화량 사이에 지연 시간(lag time)을 두고, 상기 장파 및 상기 단파 각각의 상기 복사 변화량과 상기 해수면 온도 변화량의 비(ratio)를 구하는 단계; 및

상기 비를 이용하여 기후 피드백을 추정하고, 상기 기후 피드백에 근거하여 기후 민감도를 추정하는 단계를 포함하는 기후 민감도 추정 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 해수면 온도 변화량 및 상기 복사 변화량을 산출하는 단계는

상기 장파 복사량 그래프 및 상기 단파 복사량 그래프에 저대역 통과 필터링을 수행하는 단계; 및

상기 필터링을 수행한 상기 그래프들의 극대값 및 극소값을 구하고, 상기 극대값 및 상기 극소값에 기반하여 상기 해수면 온도 변화량 및 상기 복사 변화량을 산출하는 단계를 포함하는 기후 민감도 추정 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 저대역 통과 필터링은 이동 평균법을 수행하는 기후 민감도 추정 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 이동 평균법은 3 개월 이동 평균법을 수행하는 기후 민감도 추정 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 지연 시간은

상기 해수면 온도 변화량이 상기 복사 변화량에 대해 1개월 내지 5개월이 빠르거나, 상기 복사 변화량이 상기 해수면 온도 변화량에 대해 1개월 내지 5개월이 빠른 기후 민감도 추정 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 복사 변화량과 상기 해수면 온도 변화량의 비는 상관 계수가 최대인 경우의 지연 시간에서의 값에 해당하는 기후 민감도 추정 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 기후 피드백은

$$-\frac{f}{G_0} \Delta S_{ST} = \Delta Flux - ZFB$$

로부터 추정하는 기후 민감도 추정 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,
상기 기후 민감도는

$$\Delta T = \frac{\Delta T_0}{1-f}$$

로부터 추정하는 기후 민감도 추정 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 해수면 온도 극값을 이용한 기후 민감도 추정 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 기후 민감도는 대기 중 이산화탄소 농도가 현재의 두 배로 증가했을 때 상승하는 지구 평균 지면온도로 정의된다. 기후 민감도 이슈에 있어서, 완벽하지는 않으나 현존하는 가장 적절한 자료로 인공위성 관측 자료를 꼽는다. 인공위성은 전구의 기후 상태를 지속적으로 관측하므로 온도의 변화, 지구 에너지 수지를 분석하는데 적절하다. 기후 민감도를 추정하기 위하여는 기후 피드백의 강도나 부호를 조사하여 이용한다. 기후 피드백의 강도와 부호는 해수면 온도의 변화에 대한 방출복사량의 반응으로 나타나기 때문이다. 이론적으로 에너지의 수평 방향 수송이 없는 기후 시스템을 가정하면, 피드백이 없는 경우 해수면 온도가 증가할 때, 지구 방출 총 복사량(장파복사와 단파복사의 총합)이 스테판-볼츠만의 법칙에 의해 증가한다. 만약 총 기후 피드백이 양수이면, 지구 방출 총 복사량의 증가량은 피드백이 없을 경우보다 작다. 반대로 총 기후 피드백이 음수이면 그 증가량은 피드백이 없을 경우보다 크다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] Lindzen and Choi(2009)의 연구는 최근 기후 피드백의 조사는 주요 기후 피드백의 과정인 수증기나 구름의 반응에 상응하는 짧은 시간규모에서 이루어져야 한다고 밝혔다. 또한, 수시로 변동하는 해수면 온도에 대한 지구 방출 총 복사량의 변동 특성을 보았으며, 그 결과 기후 민감도가 1도 미만이었다. 그러나 Lindzen and Choi(2009)의 주장은 피드백 추정방법의 불안정성에 대한 문제점이 존재한다. 즉, 장파 및 단파 그래프에서 어떤 지점을 선택하느냐에 따라 값이 달라지는 선택의 문제가 존재하고, 구름과 같은 노이즈 때문에 기후 민감도를 추정하는 것이 어려운 문제점이 존재한다.

[0004] 개시된 기술이 이루고자 하는 과제는 기후 민감도를 추정하는 경우, 스무딩 및 리드 래그(lead lag) 방법을 포함하여 실제 기후 민감도와 유사한 값을 산출하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0005] 상술한 바와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명은, 기후 민감도 추정 방법에 있어서, 지구의 장파 복사량 그래프 및 태양의 단파 복사량 그래프에 근거하여 해수면 온도 변화량 및 복사 변화량을 산출하는 단계; 상기 해수면 온도 변화량 및 상기 복사 변화량 사이에 지연 시간(lag time)을 두고, 상기 장파 및 상기 단파 각각의 상기 복사 변화량과 상기 해수면 온도 변화량의 비(ratio)를 구하는 단계; 및 상기 비를 이용하여 기후 피드백을 추정하고, 상기 기후 피드백에 근거하여 기후 민감도를 추정하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0006] 개시된 기술은 다음의 효과를 가질 수 있다. 다만, 특정 실시예가 다음의 효과를 전부 포함하여야 한다거나 다음의 효과만을 포함하여야 한다는 의미는 아니므로, 개시된 기술의 권리범위는 이에 의하여 제한되는 것으로 이해되어서는 아니 될 것이다.

[0007] 일 실시예에 따른 기후 민감도 추정 방법은 기후 피드백 추정에서의 불안정성을 스무딩 및 리드 래그(lead lag) 방법을 통해 보완하여 실제 기후 민감도와 유사한 값을 구할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 기후 민감도 추정 방법을 나타내는 순서도이다.
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 장파 및 단파 복사량 그래프를 나타내는 도면이다.
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 이동 평균법 수행 후의 해수면 온도 변화량 및 복사 변화량을 나타내는 도면이다.
 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 상관계수 및 복사 변화량과 해수면 온도 변화량의 비를 나타내는 도면이다.
 도 5는 심플 모델 분석에 근거한 본 발명의 일 실시예와 단순 회귀 방법과의 비교를 나타내는 도면이다.
 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 확률 밀도 함수를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] 개시된 기술에 관한 설명은 구조적 내지 기능적 설명을 위한 실시예에 불과하므로, 개시된 기술의 권리범위는 본문에 설명된 실시예에 의하여 제한되는 것으로 해석되어서는 아니 된다. 즉, 실시예는 다양한 변경이 가능하고 여러 가지 형태를 가질 수 있으므로 개시된 기술의 권리범위는 기술적 사상을 실현할 수 있는 균등물들을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0010] 한편, 본 출원에서 서술되는 용어의 의미는 다음과 같이 이해되어야 할 것이다.

[0011] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한 복수의 표현을 포함하는 것으로 이해되어야 하고, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0012] 각 단계들은 문맥상 명백하게 특정 순서를 기재하지 않은 이상 명기된 순서와 다르게 일어날 수 있다. 즉, 각 단계들은 명기된 순서와 동일하게 일어날 수도 있고 실질적으로 동시에 수행될 수도 있으며 반대의 순서대로 수행될 수도 있다.

[0013] 여기서 사용되는 모든 용어들은 다르게 정의되지 않는 한, 개시된 기술이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미를 지니는 것으로 해석될 수 없다.

[0014] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 기후 민감도 추정 방법을 나타내는 순서도이다. 도 1을 참조하면, 지구의 장파 복사량 그래프 및 태양의 단파 복사량 그래프에 저대역 통과 필터링(low pass filter)을 수행한다(S110). 일 예로서, 저대역 통과 필터링은 이동 평균법(moving average method)에 해당될 수 있다. 또한, 이동 평균법을 수행하는 경우, 예로서, 2개월, 3개월 또는 4개월 이상의 이동 평균법을 수행할 수 있다.

[0015] 필터링을 수행한 그래프들의 극대값 및 극소값을 각각 구하고, 극대값 및 극소값에 기반하여 해수면 온도 변화량 및 복사 변화량을 산출한다(S120). 극대값 및 극소값에 기반하여 해수면 온도 변화량 및 복사 변화량을 산출하는 것은 도 3에서 상세히 다룰 것이다.

[0016] 해수면 온도 변화량 및 복사 변화량 사이에 지연 시간(lag time)을 두고, 장파 및 단파 각각의 복사 변화량과 해수면 온도 변화량의 비(ratio)를 산출한다(S130). 일 예로서, 지연 시간은 해수면 온도 변화량이 복사 변화량에 대해 1개월 내지 5개월이 빠르거나, 복사 변화량이 해수면 온도 변화량에 대해 1개월 내지 5개월이 빠를 수 있다. 복사 변화량과 해수면 온도 변화량의 비는 상관 계수(R)와 관련성이 있으며, 상관 계수가 최대일 때의 지연 시간에서의 값에 해당할 수 있다. 일 예로서, 장파에서 상관 계수가 최대인 지점에서의 지연 시간이 0인 경우, 지연 시간이 0에서의 복사 변화량과 해수면 온도 변화량의 비가 기후 피드백을 추정하는데 이용될 수 있다. 다른 일 예로서, 단파에서 상관 계수가 최소인 지점에서의 지연 시간이 '-1', 즉 해수면 온도 변화량이 복사 변화량에 대하여 1개월 지연된 경우, 복사 변화량과 해수면 온도 변화량의 비가 기후 피드백을 추정하는데 이용될 수

있다. 또한, 상관 계수가 최대값인 경우가 아닌, 최대값에 근접한 경우의 지연 시간도 복사 변화량과 해수면 온도 변화량의 비를 구하는데 이용될 수 있다.

[0017] 복사 변화량과 해수면 온도 변화량의 비에 기반하여 기후 피드백을 추정하고, 기후 피드백에 근거하여 기후 민감도를 추정한다(S140). 기후 민감도는 대기 중 이산화탄소 농도가 현재의 두 배로 증가했을 때 상승하는 지구 평균 지면온도를 의미한다. 기후 민감도를 결정하는 것은 대기와 지면의 각종 물리과정에 의한 기후 피드백 작용이다.

수학식 1

$$-\frac{f}{G_0} \Delta SST = \Delta Flux - ZFB$$

[0018]

[0019] 수학식 1은 기후 피드백과 복사 변화량과 해수면 온도 변화량의 비의 관계를 나타내는 식이다. 수학식 1에서,

f 는 기후 피드백을 나타내고, G_0 는 기후 시스템에서 제로 피드백 반응 함수를 나타낸다. $\Delta SST_{(Sea$

Surface Temperature)로서 해수면 온도 변화량을 나타내고, $\Delta Flux$ 는 복사 변화량을 나타내고,

ZFB (zero-feedback response)는 해수면 온도 변화량에 대한 제로 피드백 반응을 나타낸다.

수학식 2

$$\Delta T = \frac{\Delta T_0}{1-f}$$

[0020]

[0021] 수학식 2는 기후 피드백과 기후 민감도의 관계를 나타내는 식이다. 수학식 2에서, ΔT 는 기후 민감도를 나타

내고, ΔT_0 는 온도 증가를 나타내고, f 는 기후 피드백을 나타낸다. 수학식 1에서 도출한 기후 피드백을 통해 기후 민감도를 추정하는 것이 가능하다.

[0022]

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 장파 및 단파 복사량 그래프를 나타내는 도면이다. 도 2를 참조하면, LW(long wave)는 장파 복사량을 나타내는 그래프이고, SW(short wave)는 단파 복사량을 나타내는 그래프이다. 장파 복사량 그래프 및 단파 복사량 그래프에 이동 평균법을 수행하여 그래프를 스무딩할 수 있다. 일 예로서, 3 개월 이동 평균법을 사용할 수 있다. 장파 복사량 그래프 및 단파 복사량 그래프에서 중간에 끊어지는 부분은 데이터가 없는 지점에 해당한다. 예로서, 2000년 경에는 기후 관측 인공위성이 ERBE/ERBS NS에서 CERES/Terra로 변경되는 시점으로서 데이터가 관측되지 않았다.

[0023]

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 이동 평균법 수행 후의 해수면 온도 변화량 및 복사 변화량을 나타내는 도면이다. 도 3을 참조하면, 해수면 온도는 계속 변동증임을 알 수 있다. 도 3은 도 2의 장파 및 단파 복사량 그래프들에 이동 평균법을 수행하여 스무딩하고, 장파 및 단파 복사량 그래프 각각의 극대값 및 극소값을 구하여 도출한 것을 나타낸다. 도 3에서, 빨간색은 해수면 온도가 증가하는 것을 나타내고, 파란색은 해수면 온도가 감소하는 것을 나타낸다. 검정색은 도 2에서 데이터가 관측되지 않거나 데이터가 없는 지점을 나타낸다. 또한, 해수면 온도 변화량이 0.1이하인 경우에도 검정색으로 표시되었다. 도 3의 빨간색 또는 파란색 각각의 세그먼트

(segment)의 세로는 해수면 온도 변화량을 나타내고, 각 세그먼트의 가로는 복사 변화량을 나타낸다.

[0024] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 상관계수 및 복사 변화량과 해수면 온도 변화량의 비를 나타내는 도면이다. 도 4를 참조하면, 장파 복사량 그래프 및 단파 복사량 그래프의 스무딩(smoothing) 및 리드 래그(lead lag)의 영향을 알 수 있고, 상관계수(R)와의 관계를 알 수 있다. 그래프에서 회색으로 나타나는 그래프는 스무딩을 하지 않은 그래프로서 장파 및 단파 복사량 그래프들의 오차 범위(상하 직선)가 큰 것을 알 수 있다. 그래프에서 검정색으로 나타나는 그래프는 2개월 이동 평균법을 수행한 그래프로서 장파 및 단파 복사량의 그래프들의 오차 범위가 스무딩을 하지 않은 그래프보다는 적은 것을 알 수 있다. 또한, 그래프에서 빨간색으로 나타나는 그래프는 3개월 이동 평균법을 수행한 그래프로서 장파 및 단파 복사량의 그래프들의 오차 범위가 가장 적은 것을 알 수 있다. 일 예로서, 3개월 이동 평균법을 수행한 복사 변화량 및 해수면 온도 변화량 그래프와 상관계수 그래프를 들 수 있다.

[0025] 왼쪽 아래의 장파의 상관계수 그래프에서 지연 기간이 0인 경우, 상관 계수는 최대값에 해당한다. 그러나, 지연 기간이 1개월인 경우 상관 계수는 최대값과 근사한 값을 가지고, 복사 변화량 및 해수면 온도 변화량의 비가 최대의 값을 갖는다. 따라서, 상관계수의 값이 높으면서 복사 변화량 및 해수면 온도 변화량의 비가 최대인 지연 기간 '1'의 지점을 선택할 수 있다. 지연 기간이 '1'인 것은 복사 변화량이 해수면 온도 변화량에 대하여 1개월 지연된 경우를 나타낸다. 오른쪽 아래의 단파의 상관계수 그래프에서 지연 기간이 4개월인 경우, 상관 계수는 최대값에 해당한다. 그러나, 지연 기간이 3개월인 경우 상관 계수는 최대값과 근사한 값을 가지고, 복사 변화량 및 해수면 온도 변화량의 비가 최대의 값을 갖는다. 따라서, 상관계수의 값이 높으면서 복사 변화량 및 해수면 온도 변화량의 비가 최대인 지연기간 '3'의 지점을 선택할 수 있다. 지연 기간이 '3'인 것은 복사 변화량이 해수면 온도 변화량에 대하여 3개월 지연된 경우를 나타낸다.

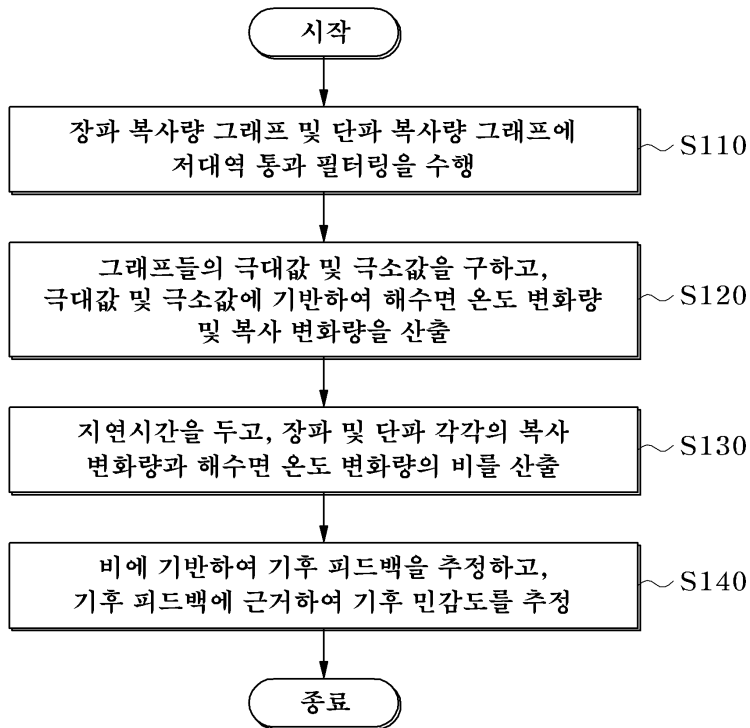
[0026] 도 5는 심플 모델 분석에 근거한 본 발명의 일 실시예와 단순 회귀 방법과의 비교를 나타내는 도면이다. 도 5를 참조하면, 왼쪽 그래프는 단순 회귀 모형으로서 복사 변화량 및 해수면 온도 변화량의 비 즉 그래프의 기울기가 3.2에 해당한다. 실제 피드백 파라미터 즉 기울기는 6으로서 단순 회귀 방법에 의한 그래프의 기울기는 실제 값과 차이가 크다. 그러나, 오른쪽 그래프는 도 3의 세그먼트들의 복사 변화량 및 해수면 온도 변화량에 대응하는 점들의 그래프로서, 기울기가 5.7에 해당하며 실제 피드백 파라미터와 유사한 것을 알 수 있다.

[0027] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 확률 밀도 함수를 나타내는 도면이다. 도 6을 참조하면, 10000번을 수행한 심플 모델 시뮬레이션의 확률 밀도 함수를 알 수 있다. 도 6a는 양성 피드백 케이스로서 파란색 점선은 실제 피드백 파라미터로 1에 해당한다. 검정색 그래프는 동시 이상 회귀(simultaneous anomaly regression) 확률 밀도 함수이고, 붉은색 그래프는 Lindzen and Choi의 추정 방법의 확률 밀도 함수로서 실제 값은 두 그래프의 중간에 위치한다. 도 6b는 제로 피드백 케이스로서 실제 피드백 파라미터는 파란색 점선으로 3.3을 나타낸다. 제로 피드백 케이스에서는 Lindzen and Choi의 추정 방법의 확률 밀도 함수의 최대값이 실제 피드백 파라미터와 유사한 것을 알 수 있다. 도 6c는 음성 피드백 케이스로서 파란색 점선으로 나타낸 실제 피드백 파라미터는 6에 해당한다. 음성 피드백 케이스에서도 Lindzen and Choi의 확률 밀도 함수의 실험 결과가 실제 피드백 파라미터와 유사한 것을 알 수 있다.

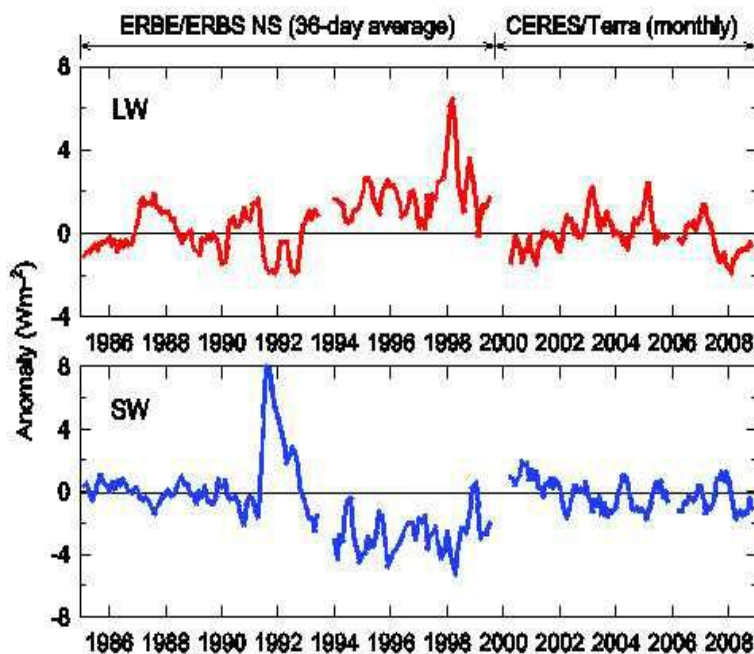
[0028] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

도면

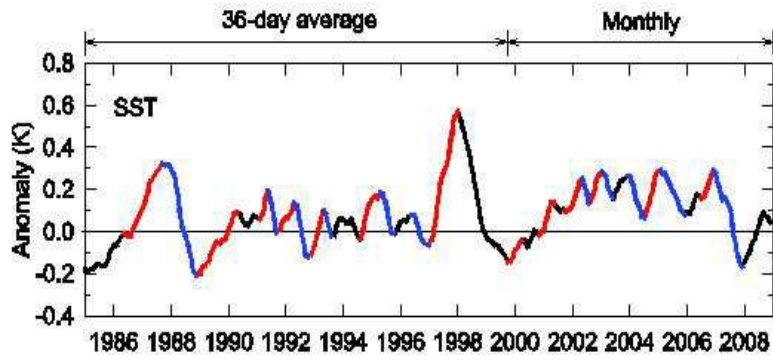
도면1



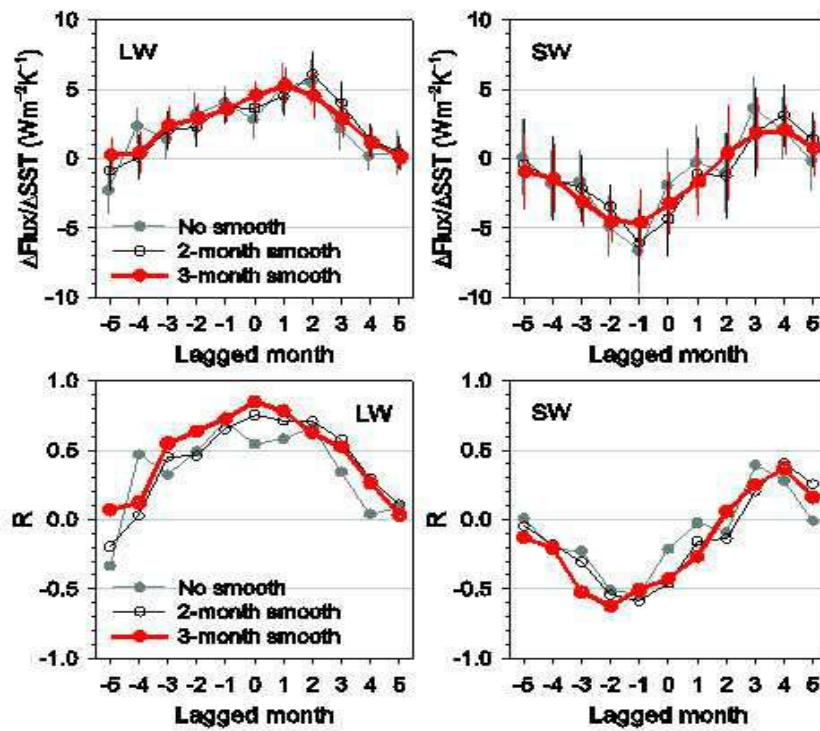
도면2



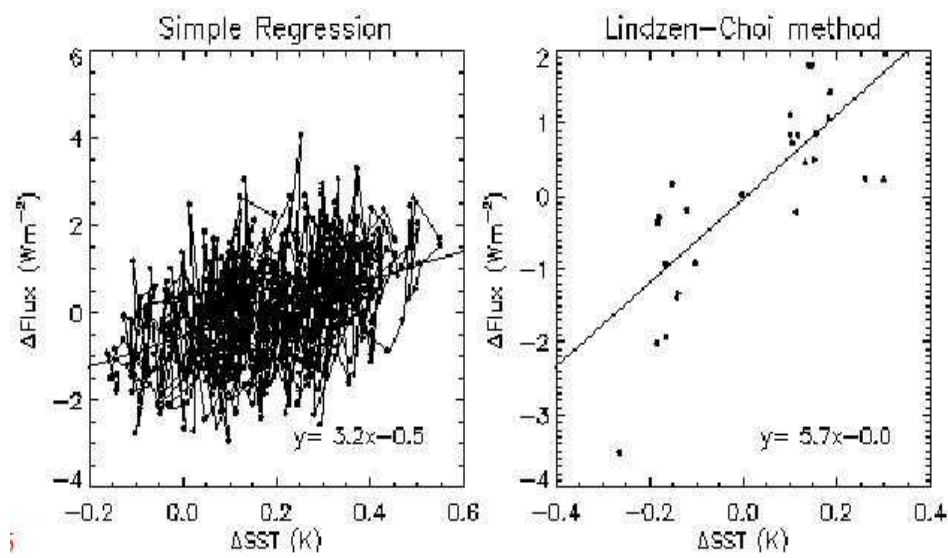
도면3



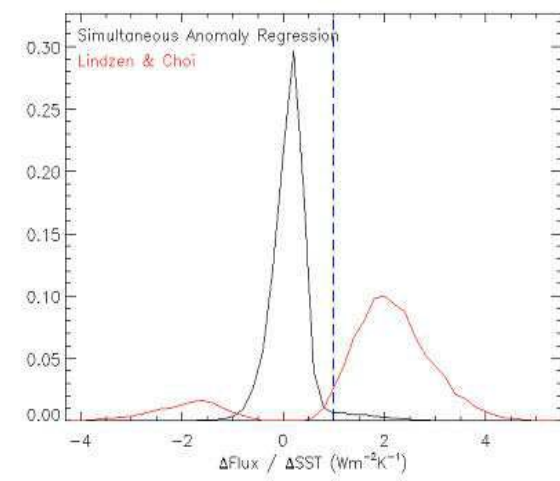
도면4



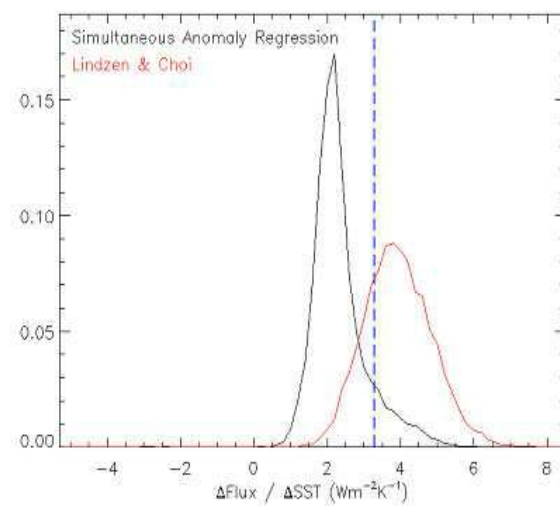
도면5



도면6a



도면6b



도면6c

