(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0088413
(43) 공개일자 2010년08월09일

(51) Int. Cl.
G01W 1/02 (2006.01) *G01W 1/08* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0007615
(22) 출원일자 2009년01월30일
심사청구일자 2009년01월30일

(71) 출원인
부경대학교 산학협력단
부산 남구 용당동 산 100번지 부경대학교내
(72) 발명자
권병혁
부산광역시 남구 대연3동 599-1 부경대학교 환경대기학과
김동수
충청남도 아산시 온천2동 대동아파트 101동 1406호
이동현
경기도 용인시 기흥구 보라동 현대모닝사이드1차 아파트 307-302
(74) 대리인
특허법인다울

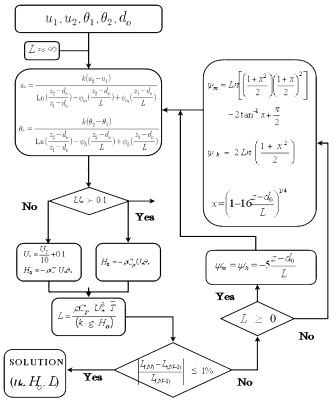
전체 청구항 수 : 총 3 항

(54) 자동기상관측장비를 이용한 느낌열플럭스 산출방법

(57) 요 약

본 발명은 느낌열플럭스를 산출하는 방법에 관한 것으로, 더욱 자세하게는 자동기상관측장비에서 수집한 데이터를 이용하여 간접적으로 느낌열플럭스를 산출하는 방법에 관한 것이다. 본 발명에 의한 자동기상관측장비를 이용한 느낌열플럭스 산출방법은, 자동기상관측장비를 이용하여 서로 다른 높이(z_1, z_2)의 두 지점에서 측정된 풍속(u_1, u_2)과 온위(θ_1, θ_2) 자료를 수집하는 1단계; 중립인 조건을 가정하여 마찰속도(u_*)와 마찰온도규모(θ_*)를 산출하는 제2단계; 마찰속도(u_*)와 마찰온도규모(θ_*)를 이용하여 느낌열플럭스(H_{Gr})를 산출하고, 상기 느낌열플럭스(H_{Gr})와 상기 마찰속도(u_*) 값을 이용하여 오브코프길이(L)를 산출하는 제3단계; n-1번째로 산출된 오브코프길이(L_{n-1}) 값과 n번째로 산출된 오브코프길이(L_n) 값을 비교하여 다음 단계로 진행여부를 판단하는 제4단계; 및 앞서 구한 값들에 안정도 보정함수를 적용하여 마찰속도(u_*)와 마찰온도규모(θ_*)를 산출하고 제3단계로 되돌아가는 제5단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	CATER 2006-2101
부처명	기상청
연구사업명	기상기술 개발사업
연구과제명	대기경계층 특성과 관측자료의 활용
주관기관	기상지진기술개발사업단
연구기간	2006.02~2009.01

특허청구의 범위

청구항 1

자동기상관측장비를 이용하여 서로 다른 높이(z_1, z_2)의 두 지점에서 측정된 풍속(u_1, u_2)과 온위(θ_1, θ_2) 자료를 수집하는 1단계;

중립인 조건을 가정하여 마찰속도(u_*)와 마찰온도규모(θ_*)를 산출하는 제2단계;

앞 단계에서 산출된 마찰속도(u_*) 값이 0.1보다 크면 앞 단계에서 산출된 마찰속도(u_*) 값으로 느낌열플럭스(H_{Gr})를 산출하고, 앞 단계에서 산출된 마찰속도(u_*) 값이 0.1보다 작으면 $u_* = \frac{u_2}{10} + 0.1$ 값을 이용하여 느낌열플럭스(H_{Gr})를 산출하고, 상기 느낌열플럭스(H_{Gr})와 상기 마찰속도(u_*) 값을 이용하여 오브코프길이(L)를 산출하는 제3단계;

n-1번째로 산출된 오브코프길이(L_{n-1}) 값과 n번째로 산출된 오브코프길이(L_n) 값을 비교하여 $\frac{L_{(n)} - L_{(n-1)}}{L_{(n-1)}} \leq 1\%$ 을 만족하면 n번째로 산출된 느낌열플럭스(H_{Gr})와 마찰속도(u_*) 및 오브코프길이(L)를 최종값으로 하여 과정을 중단하고, 상기 식을 만족하지 않으면 다음 단계로 진행하는 제4단계; 및

앞서 구한 값들에 안정도 보정함수를 적용하여 마찰속도(u_*)와 마찰온도규모(θ_*)를 산출하고 제3단계로 되돌아가는 제5단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 자동기상관측장비를 이용한 느낌열플럭스 산출방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 마찰속도(u_*)를 산출하는 수식이

$$u_* = \frac{k(u_2 - u_1)}{\mathrm{Ln}\left(\frac{z_2 - d_o}{z_1 - d_o}\right) - \psi_m\left(\frac{z_2 - d_o}{L}\right) + \psi_m\left(\frac{z_1 - d_o}{L}\right)}$$

이고,

상기 마찰온도규모(θ_*)를 산출하는 수식이

$$\theta_* = \frac{k(\theta_2 - \theta_1)}{\mathrm{Ln}\left(\frac{z_2 - d_o}{z_1 - d_o}\right) - \psi_h\left(\frac{z_2 - d_o}{L}\right) + \psi_h\left(\frac{z_1 - d_o}{L}\right)}$$

이고,

상기 k는 폰카르만(von karman)상수로 0.4이고, 상기 d_0가 영면변위이고,

상기 제2단계에서 중립조건은 $L \approx \infty$ 이며,

상기 느낌열플럭스(H_{Gr})를 산출하는 수식이

$H_{Gr} = \rho C_p u_* \theta_*$ 로, ρ는 공기밀도로 1.2kgm^{-3}이고, C_p는 공기의 정압비열로 1004JKkg^{-1}이며,

상기 오브코프길이(L)를 산출하는 수식이

$L = -\frac{\rho C_p u_*^3 \overline{\theta}}{kgH_{Gr}}$ 로, g는 중력가속도이고, $\overline{\theta}$는 두 고도에서 평균한 온위값인 것을 특징으로 하는 자동기상관측장비를 이용한 느낌열플럭스 산출방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

제5단계는 오브코프길이(L) 값이 0보다 크거나 같은지를 판단하는 제5-1단계;

제5-1단계에서 판단된 값에 따라서 운동량에 대한 안정도 보정함수(Ψ_m)와 열플럭스에 대한 안정도 보정함수(Ψ_h)를 선택하는 제5-2단계; 및

제5-2단계에서 선택된 동량에 대한 안정도 보정함수(Ψ_m)와 열플럭스에 대한 안정도 보정함수(Ψ_h)를 사용하여 마찰속도(u_*)와 마찰온도규모(θ_*)를 산출하여 제3단계로 진행하는 제5-3단계를 포함하며,

운동량에 대한 안정도 보정함수(Ψ_m)와 열플럭스에 대한 안정도 보정함수(Ψ_h)는

$L \geq 0$ 이면

$$\psi_m = \psi_h = -5\frac{z-d_o}{L}$$ 이고,

$L < 0$ 이면

$$\psi_m = \mathrm{Ln}\left[\left(\frac{1+x^2}{2}\right)\left(\frac{1+x}{2}\right)^2\right] - 2\tan^{-1}x + \frac{\pi}{2}$$

$$\psi_h = 2\mathrm{Ln}\left(\frac{1+x^2}{2}\right)$$ 이며,

이때, $x = (1-16\frac{z-d_0}{L})^{1/4}$ 인 것을 특징으로 하는 자동기상관측장비를 이용한 느낌열플럭스 산출방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 느낌열플럭스를 산출하는 방법에 관한 것으로, 더욱 자세하게는 자동관측장비에서 수집한 데이터를

이용하여 간접적으로 느낌열플럭스를 산출하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 지표면에 흡수되는 태양복사 에너지는 일부가 지표에 포함된 수분 증발에 관계하여 잠열의 형태로 공기 중에 전달되고, 일부는 지중열의 형태로 토양속으로 전달되며, 나머지는 느낌열(sensible heat, 현열)의 형태로 공기 중으로 전달된다.

[0003] 느낌열플럭스는 지표면과 대기의 온도차이에 의하여 발생한다. 이러한 느낌열플럭스는 대기확산구조에 영향을 미치는 주된 요소로서, 주간에는 혼합층고도를 발달시키고 야간에는 역전층 형성에 영향을 미치게 된다. 따라서 정확한 느낌열플럭스의 산출은 대기오염 확산모델 등의 실행에 있어서 매우 중요하다.

[0004] 이러한 느낌열플럭스는 난류계측기 등의 장비를 이용하여 측정이 가능하지만 그 측정에 사용되는 장비들이 매우 고가의 장비이고, 야외에서 장기간 측정 관리하기에 어려움이 있다. 따라서 일반적으로 사용할 수 있는 일기상 관측자료 중에 일부를 이용하여 간접적으로 산출하는 방법이 다양하게 발전하여왔다.

[0005] 그 중에 경도법(gradient method)는 두 고도 이상의 지점에서 측정한 풍속과 기온 데이터를 이용하여 느낌열플럭스를 산출할 수 있는 방법이다.

[0006] 도 4는 고흥만 관측지점에 대하여 난류계측기인 신틸로미터와 초음파기기를 이용하여 측정한 느낌열플럭스와 종래의 경도법으로 산출된 느낌열플럭스를 비교한 그래프이다. 도 5는 10m와 2m높이에서 측정한 온도 차이와 풍속 차이를 나타내는 그래프이고, 도 6은 10m높이에서 측정한 온도와 풍속을 나타내는 그래프이다. 그리고 도 7은 관측지점의 순복사량을 나타내는 그래프이고, 도 8은 2006년 8월 10일에 촬영한 한반도 적외영상이다.

[0007] 2006년 8월 10일 오전 9시에 자동기상관측기에서 관측한 지표층의 기상상황은, 순복사가 400Wm^{-2}이고, 10m 고도의 기온은 30℃ 이며, 풍속은 2ms^{-1}미만으로 관측되었다. 도 8에서 보이듯이 2006년 8월 10일 오전은 맑은 날씨를 보이고 있었으며, 10m와 2m높이에서 측정한 온도 차이는 3℃이상이었다. 이렇게 맑은 날 온도 차이가 크게 나타는 경우에 경도법으로 산출한 느낌열플럭스와 난류계측기로 측정한 느낌열플럭스의 차이가 적을 것으로 예상되었지만, 실제 값은 80~100Wm^{-2}범위에서 과소평가되는 결과를 보이고 있다.

[0008] 이렇듯 종래의 경도법에서 차이를 보이는 문제를 해결하기 위한 노력이 계속되고 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0009] 본 발명은 상기 문제점을 해결하기 위하여 발명된 것으로, 풍속이 작은 경우에도 정확하게 느낌열플럭스를 산출하는 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제 해결수단

[0010] 상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 의한 자동기상관측장비를 이용한 느낌열플럭스 산출방법은, 자동기상관측장비를 이용하여 서로 다른 높이(z_1, z_2)의 두 지점에서 측정된 풍속(u_1, u_2)과 온위(θ_1, θ_2) 자료를 수집하는 1단계; 중립인 조건을 가정하여 마찰속도(u_*)와 마찰온도규모(θ_*)를 산출하는 제2단계; 앞 단계에서 산출된 마찰속도(u_*) 값이 0.1보다 크면 앞 단계에서 산출된 마찰속도(u_*) 값으로 느낌열플럭스(H_{Gr})를 산출하고, 앞 단계에서 산출된 마찰속도(u_*) 값이 0.1보다 작으면 $u_* = \frac{u_2}{10} + 0.1$ 값을 이용하여 느낌열플럭스(H_{Gr})를 산출하고, 상기 느낌열플럭스(H_{Gr})와 상기 마찰속도(u_*) 값을 이용하여 오브코프길이(L)를 산출하는 제3단계; n-1번째로 산출된 오브코프길이(L_{n-1}) 값과 n번째로 산출된 오브코프길이(L_n) 값을 비교하여

$\frac{L_{(n)}-L_{(n-1)}}{L_{(n-1)}} \leq 1\%$ 을 만족하면 n번째로 산출된 느낌열플럭스(H_{Gr})와 마찰속도(u_*) 및 오브코프길이(L)를 최종값으로 하여 과정을 중단하고, 상기 식을 만족하지 않으면 다음 단계로 진행하는 제4단계; 및 앞서 구한 값들에 안정도 보정함수를 적용하여 마찰속도(u_*)와 마찰온도규모(θ_*)를 산출하고 제3단계로 되돌아가는 제5단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 이때, 상기 마찰속도(u_*)를 산출하는 수식이 $$u_* = \frac{k(u_2-u_1)}{\mathrm{Ln}(\frac{z_2-d_o}{z_1-d_o})-\psi_m(\frac{z_2-d_o}{L})+\psi_m(\frac{z_1-d_o}{L})}$$ 이고, 상기 마찰온도규모(θ_*)를 산출하는 수식이 $$\theta_* = \frac{k(\theta_2-\theta_1)}{\mathrm{Ln}(\frac{z_2-d_o}{z_1-d_o})-\psi_h(\frac{z_2-d_o}{L})+\psi_h(\frac{z_1-d_o}{L})}$$ 이고, 상기 k는 폰카르만(von karman)상수로 0.4이고, 상기 d_0가 영면변위이고, 상기 제2단계에서 중립조건은 $L \approx \infty$이며, 상기 느낌열플럭스(H_{Gr})를 산출하는 수식이 $H_{Gr} = \rho C_p u_* \theta_*$ 로, ρ는 공기밀도로 $1.2\mathrm{kgm}^{-3}$이고, C_p는 공기의 정압비열로 $1004\mathrm{JKkg}^{-1}$이며, 상기 오브코프길이(L)를 산출하는 수식이 $L = -\frac{\rho C_p u_*^3 \overline{\theta}}{kgH_{Gr}}$ 로, g는 중력가속도이고, $\overline{\theta}$는 두 고도에서 평균한 온위값이다.

[0012] 그리고 제5단계는 오브코프길이(L) 값이 0보다 크거나 같은지를 판단하는 제5-1단계; 제5-1단계에서 판단된 값에 따라서 운동량에 대한 안정도 보정함수(Ψ_m)와 열플럭스에 대한 안정도 보정함수(Ψ_h)를 선택하는 제5-2단계; 및 제5-2단계에서 선택된 동량에 대한 안정도 보정함수(Ψ_m)와 열플럭스에 대한 안정도 보정함수(Ψ_h)를 사용하여 마찰속도(u_*)와 마찰온도규모(θ_*)를 산출하여 제3단계로 진행하는 제5-3단계를 포함하며, 운동량에 대한 안정도 보정함수(Ψ_m)와 열플럭스에 대한 안정도 보정함수(Ψ_h)는, $L \geq 0$이면 $\psi_m = \psi_h = -5\frac{z-d_o}{L}$ 이고, $L<0$이면 $\psi_m = \mathrm{Ln}\left[\left(\frac{1+x^2}{2}\right)\left(\frac{1+x}{2}\right)^2\right] - 2\tan^{-1}x + \frac{\pi}{2}$ 및 $\psi_h = 2\mathrm{Ln}\left(\frac{1+x^2}{2}\right)$ 이며, 이때 $x = (1-16\frac{z-d_0}{L})^{1/4}$ 이다.

효 과

[0013] 본 발명에 따르면, 자동기상관측장비에 수집한 데이터를 이용하여 느낌열플럭스를 산출함으로써 비용이 적게 들면서도 장기간의 느낌열플럭스 산출이 가능하다는 효과가 있다.

[0014] 특히 본 발명의 느낌열플럭스 산출방법은 종래의 간접적인 산출방법에서 오차가 크게 발생하였던 바람시어가 작은 경우에도 정확한 느낌열플럭스를 산출하는 뛰어난 효과를 나타낸다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0015] 본 발명을 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0016] 본 발명의 느낌열플럭스 산출방법은 제1단계로, 자동기상관측장비를 이용하여 서로 다른 높이(z_1, z_2)의 두 지점에서 측정된 풍속(u_1, u_2)과 온위(θ_1, θ_2) 자료를 수집한다. 일반적으로 측정고도는 2m와 10m의 두 지점에서 측정되는 경우가 많으며, 이러한 자료들은 두 고도에서 10분 간격으로 수집된 자료를 30분 간격으로 평균하여 사용하는 것이 좋다.

[0017] 제2단계에서는 중립인 조건을 가정하여 마찰속도(u_*)와 마찰온도규모(θ_*)를 산출한다.

[0018] 마찰속도와 마찰온도규모는 다음의 식으로 구해진다.

[0019] [수식1]

$$u_* = \frac{k(u_2 - u_1)}{\mathrm{Ln}\left(\frac{z_2 - d_o}{z_1 - d_o}\right) - \psi_m\left(\frac{z_2 - d_o}{L}\right) + \psi_m\left(\frac{z_1 - d_o}{L}\right)}$$

[0020]

[0021] [수식2]

$$\theta_* = \frac{k(\theta_2 - \theta_1)}{\mathrm{Ln}\left(\frac{z_2 - d_o}{z_1 - d_o}\right) - \psi_h\left(\frac{z_2 - d_o}{L}\right) + \psi_h\left(\frac{z_1 - d_o}{L}\right)}$$

[0022]

[0023] k는 폰카르만(von karman)상수로 0.4의 값을 사용하며, d_0는 영면변위(zero plane displacement)를 나타낸다. L은 오브코프(Obukhov)길이이고, Ψ_m과 Ψ_h는 각각 운동량플럭스와 느낌열플럭스에 대한 안정도 보정함수이다.

[0024] 한편, $\frac{z}{L}$은 임의의 고도에서의 모닌-오브코프(Monin-Obukhov) 안정도 매개변수로서, 시어(shear)생성에 대한 부력생성의 상대적 중요성을 나타내는 열적 안정도이다. $\frac{z}{L} < 0$ 이면 부력에 의해 난류가 생성되어 대기경계층이 불안정한 상태이고, $\frac{z}{L} > 0$ 이면 난류에 의한 부력이 소멸되어 대기경계층이 안정한 상태이다. 그리고 $\frac{z}{L} \approx 0$ 이면 부력효과가 대기구조와 역학에 거의 영향을 미치지 않은 중립상태를 나타낸다.

[0025] 수식1과 수식2의 값을 구하기 위하여, 먼저 중립적인 조건을 가정한다. 중립적인 조건에서는 L이 무한대의 값을 갖게 되고, 따라서 Ψ_m과 Ψ_h을 포함하는 성분은 각각 0으로 취급된다. 이러한 값을 수식1과 수식2에 대입하여 마찰속도(u_*)와 마찰온도규모(θ_*)를 산출한다.

[0026] 제3단계에서는 앞 단계에서 산출된 마찰속도(u_*)와 마찰온도규모(θ_*)를 이용하여 느낌열플럭스 H_{Gr}을 산출한다.

[0027] 느낌열플럭스는 다음의 식으로 구해진다.

[0028] [수식3]

[0029] $$H_{Gr} = \rho C_p u_* \theta_*$$

[0030] 수식3에서 ρ는 공기밀도로 1.2kgm^{-3}이며, C_p는 공기의 정압비열로 1004JKkg^{-1}이다. 이때, 두 측정지점에서의 풍속의 차이가 작은 경우에, 수식1에서 분자의 값이 작아지는 결과로 마찰속도 값이 매우 작아진다. 본 발명의 발명자들은 종래의 경도법에 의해 산출된 느낌열플럭스가 실측값보다 작아지는 이유가 마찰속도 값이 너무 작아지기 때문임을 확인하였다.

[0031] 도 2는 10m와 2m의 두 측정지점에 대한 바람시어와 산출된 느낌열플럭스를 바람시어가 1일 때의 느낌열플럭스로 나눈 비를 %로 나타낸 그래프이다. 바람시어(wind shear,풍속시어)는 방향미분계수를 말하는 것으로, 도 2(a)는 바람시어가 0~1s^{-1} 사이인 경우이고, 도 2(b)는 바람시어가 1~2s^{-1} 사이의 범위인 경우를 나타낸다. 도 2에서 보이듯이 바람시어가 1s^{-1}이하인 경우에 느낌열플럭스의 오차가 매우 크기 때문에, 본 발명의 느낌열플럭스 산출방법에서는 마찰속도(u_*)가 0.1 ms^{-1}보다 작은 경우에 마찰속도(u_*)에 대하여 다음과 같은 식을 적용한다.

[0032] [수식4]

[0033] $$u_* = \frac{u_2}{10} + 0.1$$

[0034] 이렇게 특정 조건에서 오차를 보정하여 산출된 느낌열플럭스를 이용하면, 오브코프길이는 다음의 수식으로 나타낼 수 있다.

[0035] [수식5]

[0036] $$L = -\frac{\rho C_p u_*^3 \overline{\theta}}{kgH_{Gr}}$$

[0037] 수식4에서 g는 중력가속도(ms^{-2})이고, $\overline{\theta}$는 두 고도에서 평균한 온위(K)값이다.

[0038] 제4단계에서는 n-1번째로 산출된 오브코프길이(L_{n-1}) 값과 n번째로 산출된 오브코프길이(L_n) 값을 비교하여 다음 단계로 진행할지를 판단한다.

[0039] [수식6]

[0040] $$\frac{L_{(n)} - L_{(n-1)}}{L_{(n-1)}} \leq 1\%$$

[0041] 수식6을 만족하는 경우에는 상기한 n번째로 산출된 느낌열플럭스(H_{Gr})와 마찰속도(u_*) 및 오브코프길이(L)를 최종값으로 결정하고 과정을 중단한다.

[0042] 수식6을 만족하지 못하는 경우에는 다음의 제5단계로 진행한다.

[0043] 제5단계에서는 앞서 구한 값들에 안정도를 고려하기 위하여 안정도 보정함수를 적용한다.

[0044] $\frac{z}{L} \geq 0$ 인 경우, 즉, L이 0보다 크거나 같은 경우에, 안정도 보정함수는 다음과 같다.

[0045] [수식7]

$$\psi_m = \psi_h = -5\frac{z-d_o}{L}$$

[0046]

[0047] 그리고 $\frac{z}{L} < 0$ 인 경우, 즉, L이 0보다 작은 경우에, 안정도 보정함수는 다음과 같다.

[0048] [수식8]

$$\psi_m = \mathrm{Ln}\left[\left(\frac{1+x^2}{2}\right)\left(\frac{1+x}{2}\right)^2\right] - 2\tan^{-1}x + \frac{\pi}{2}$$

$$\psi_h = 2\mathrm{Ln}\left(\frac{1+x^2}{2}\right)$$

[0049]

[0050] 수식8에서, $x = (1-16\frac{z-d_0}{L})^{1/4}$ 이다.

[0051] 이렇게 구해진 운동량플럭스와 열플럭스에 대한 보정함수를 수식1과 수식2에 적용하여, 마찰속도(u_*)와 마찰온도규모(θ_*)를 산출한다. 이렇게 산출된 마찰속도와 마찰온도규모를 가지고 제3단계로 다시 되돌아가서, 제4단계의 수식을 만족할 때까지 제3단계 내지 제5단계의 과정을 반복하게 된다.

[0052] 도 1은 본 발명의 느낌열플럭스 산출방법을 알고리즘으로 표시한 도면이다.

[0053] 도 2는 난류계측기인 신틸로미터와 초음파기기를 이용하여 측정한 느낌열플럭스와 본 발명의 느낌열플럭스 산출방법에 의하여 산출된 느낌열플럭스를 비교한 그래프이다. 도 4에서 많은 차이를 보였던 2006년 8월 10일 오전에 대하여 산출된 느낌열플럭스가 기계로 측정된 값과 매우 비슷한 값을 나타냄을 확인 할 수 있다.

[0054] 도 3은 종래의 경도법으로 산출된 느낌열플럭스와 난류계측기인 신틸로미터를 이용하여 측정한 느낌열플럭스의 상관관계를 나타내는 그래프(a) 및 본 발명의 느낌열 플럭스 산출방법으로 산출된 느낌열플럭스와 난류계측기인 신틸로미터를 이용하여 측정한 느낌열플럭스의 상관관계를 나타내는 그래프(b)이다. 본 발명의 느낌열플럭스 산출방법을 사용한 결과, 난류계측기인 신틸로미터로 측정한 값과의 상관관계가 0.83에서 0.87로 향상되어 실제 측정값에 더욱 유사하게 되었음을 알 수 있다.

[0055] 이상에서는 본 발명을 특정의 바람직한 실시예에 대해서 도시하고 설명하였다. 그러나 본 발명은 상술한 실시예에만 국한되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 기술적 사상을 벗어남이 없이 얼마든지 다양하게 변경 실시할 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 권리범위는 특정 실시예에 한정되는 것이 아니라, 첨부된 특허청구범위에 의해 정해지는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0056] 도 1은 본 발명의 느낌열플럭스 산출방법을 알고리즘으로 표시한 도면이다.

[0057] 도 2는 난류계측기인 신틸로미터와 초음파기기를 이용하여 측정한 느낌열플럭스와 본 발명의 느낌열플럭스 산출방법에 의하여 산출된 느낌열플럭스를 비교한 그래프이다.

[0058] 도 3은 간접적인 방법으로 산출된 느낌열플럭스와 난류계측기인 신틸로미터를 이용하여 측정한 느낌열플럭스의 상관관계를 나타내는 그래프이다.

[0059] 도 4는 고흥만 관측지점에 대하여 난류계측기인 신틸로미터와 초음파기기를 이용하여 측정한 느낌열플럭스와 종래의 경도법으로 산출된 느낌열플럭스를 비교한 그래프이다.

[0060] 도 5는 10m와 2m높이에서 측정한 온도 차이와 풍속 차이를 나타내는 그래프이다.

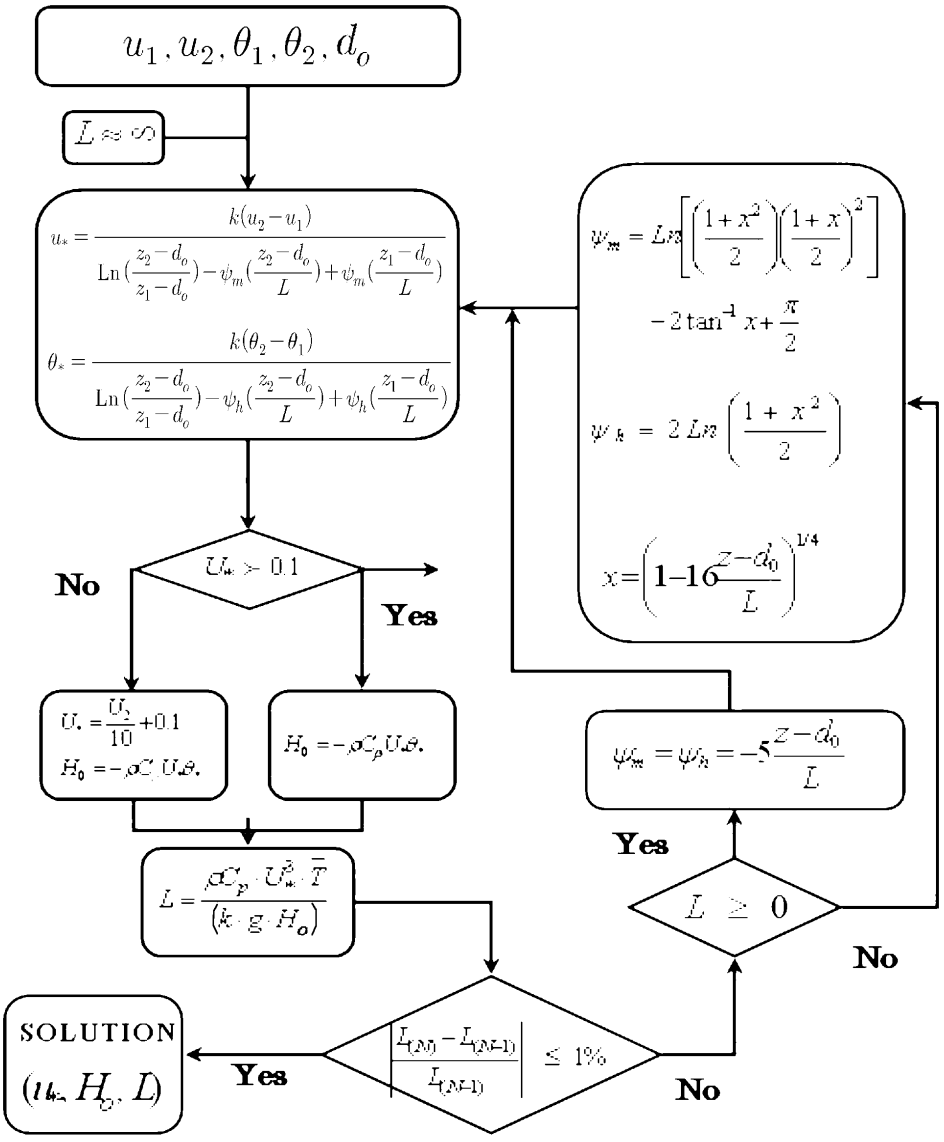
[0061] 도 6은 10m높이에서 측정한 온도와 풍속을 나타내는 그래프이다.

[0062] 도 7은 관측지점의 순복사량을 나타내는 그래프이다.

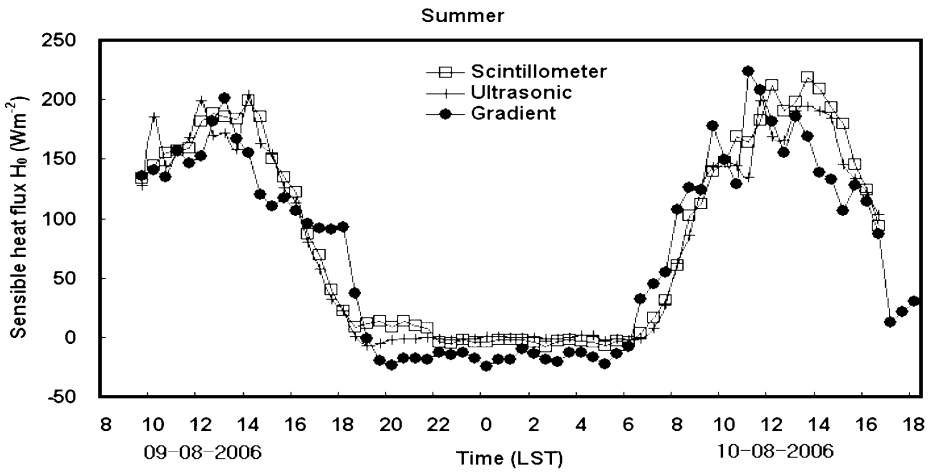
[0063] 도 8은 2006년 8월 10일에 촬영한 한반도 적외영상이다.

도면

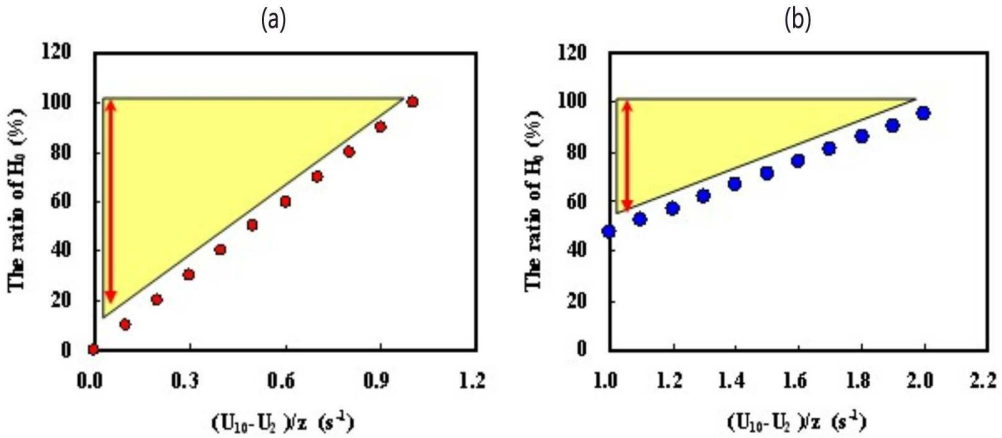
도면1



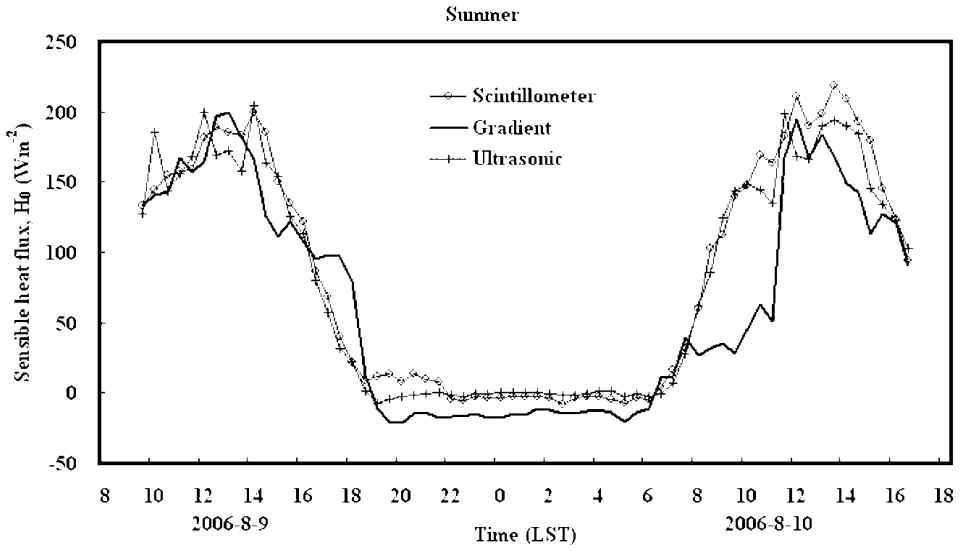
도면2


Summer
Scintillometer
Ultrasonic
Gradient
Sensible heat flux H₀ (Wm⁻²)
250
200
150
100
50
0
-50
8 10 12 14 16 18 20 22 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18
09-08-2006
Time (LST)
10-08-2006

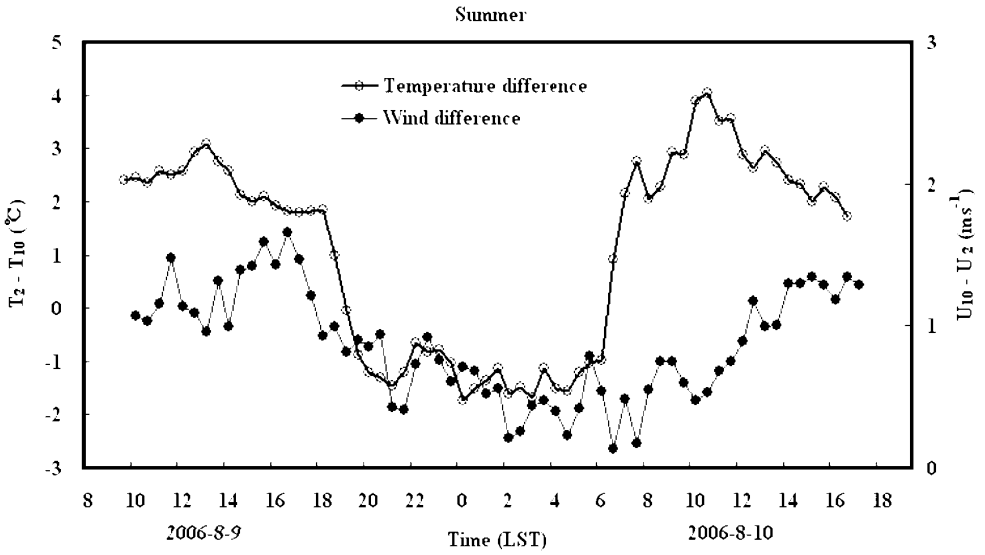
도면3


(a)
(b)
The ratio of H₀ (%)
120
100
80
60
40
20
0
0.0 0.3 0.6 0.9 1.2
1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0 2.2
(U₁₀-U₂)/z (s⁻¹)

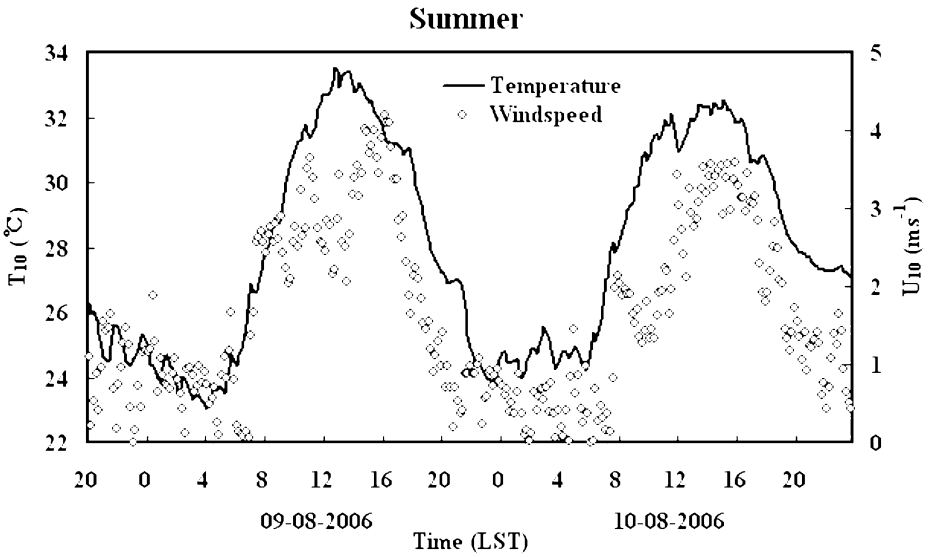
도면4


Summer
Scintillometer
Gradient
Ultrasonic
Sensible heat flux, H0 (Wm-2)
250
200
150
100
50
0
-50
8 10 12 14 16 18 20 22 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18
2006-8-9
Time (LST)
2006-8-10

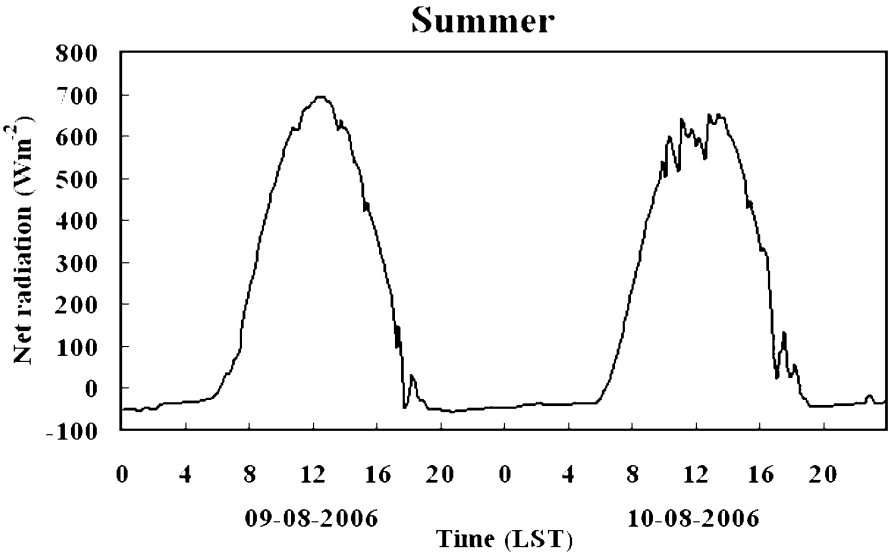
도면5


Summer
Temperature difference
Wind difference
T2 - T10 (℃)
U10 - U2 (ms-1)
5
4
3
2
1
0
-1
-2
-3
3
2
1
0
8 10 12 14 16 18 20 22 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18
2006-8-9
Time (LST)
2006-8-10

도면6


Summer
Temperature
Windspeed
T_{10} (℃)
U_{10} (ms^{-1})
34
32
30
28
26
24
22
5
4
3
2
1
0
20 0 4 8 12 16 20 0 4 8 12 16 20
09-08-2006
10-08-2006
Time (LST)

도면7


Summer
Net radiation (Wm^{-2})
800
700
600
500
400
300
200
100
0
-100
0 4 8 12 16 20 0 4 8 12 16 20
09-08-2006
10-08-2006
Time (LST)

도면8

