



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년05월26일
(11) 등록번호 10-2099652
(24) 등록일자 2020년04월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01W 1/10 (2006.01) B61L 23/04 (2006.01)
G01D 21/02 (2006.01) G01K 1/02 (2006.01)
G01W 1/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01W 1/10 (2013.01)
B61L 23/042 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0038642
(22) 출원일자 2019년04월02일
심사청구일자 2019년04월02일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020130060820 A
KR1020140058255 A
KR1020170073817 A
JP2002162478 A

(73) 특허권자
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 신선로 365 (용당동,
부경대학교)
유한회사 나노웨더
서울특별시 서대문구 경기대로 47, 308호(충정로
2가, 190-3)
(72) 발명자
오재호
서울특별시 금천구 한대로 62, 1동 1105호
심지한
부산광역시 사하구 하신변영로 365, 118-1105
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인(유한) 대아

전체 청구항 수 : 총 2 항

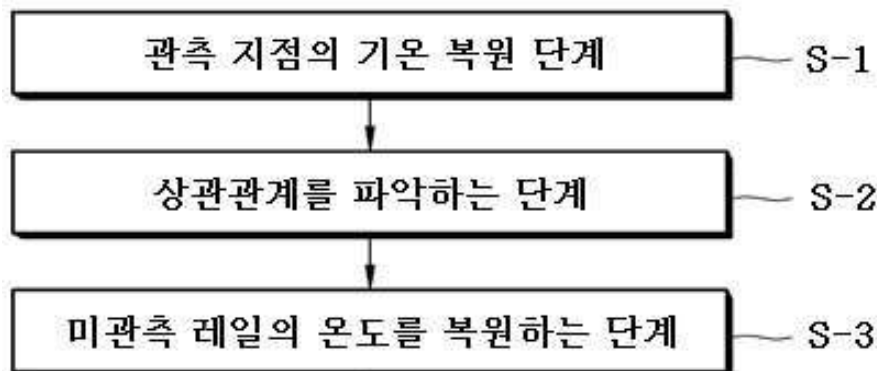
심사관 : 김홍래

(54) 발명의 명칭 미관측 레일의 온도 산출 방법

(57) 요약

본 발명은 관측 설비가 갖춰지지 않은 레일의 온도를 복원하는 방법에 관한 기술로, 레일의 온도 관측이 필요한 지점에 대한 기온을 복원하는 단계, 관측된 레일의 온도와 기상요소 간의 상관관계를 파악하는 단계 및 온도 관측이 필요한 레일의 지점의 복원 온도에, 레일과 기상요소간의 상관관계를 적용하여 미관측 레일의 온도를 복원하는 단계를 포함하여, 선로의 온도를 측정하는 센서가 설치되지 않은 구간에서도, 선로의 온도를 추정(복원)할 수 있는 점에서, 모든 선로 구간의 온도에 대응할 수 있는 효과가 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01D 21/02 (2013.01)

G01K 1/02 (2013.01)

G01W 1/02 (2013.01)

(72) 발명자

허도량

부산광역시 연제구 거제천로 233

오지원

경기도 수원시 팔달구 효원로 292번길 43, 1004호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 KMI2018-07910

부처명 한국기상산업기술원

연구관리전문기관 한국기상산업기술원

연구사업명 기상·지진See-At 기술개발연구

연구과제명 AlphaMet을 이용한 고해상도 가뭄 상황 감시 시스템에 관한연구

기 여 율 1/1

주관기관 부경대학교 산학협력단

연구기간 2019.01.01 ~ 2019.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1904-ZZ-104-01A00-2019

부처명 기상청

연구관리전문기관 한국기상산업기술원

연구사업명 미래유망 민간기상서비스 성장기술개발

연구과제명 전세계 농작물 가격 전망을 위한 기상정보 융합서비스 개발

기 여 율 1/2

주관기관 유한회사 나노웨더

연구기간 2019.04.01 ~ 2019.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

레이 상 관측지점의 온도를 구하는 단계와,

상기 관측지점 상의 2m 온도를 AWS(Automatic Weather System) 온도 자료로부터 산출하는 단계,

상기 관측지점 상의 태양 고도각과 전운량을 산출하는 단계,

상기 관측지점의 온도와, 상기 관측지점 상의 2m 온도와 상기 태양 고도각 및 상기 전운량의 상관관계를 기반으로 회귀식을 작성하는 단계, 및

상기 회귀식으로 미관측 레일 지점 온도를 산출하는 단계를 포함하는 미관측 레일의 온도 산출 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 관측지점의 온도와, 상기 관측지점 상의 2m 온도와 상기 태양 고도각 및 상기 전운량의 상관관계를 기반으로 회귀식을 작성하는 단계는,

AWS에서 관측된 온도 자료를 기온 감률에 따라 0m로 하강시킨 후 객관 분석법을 적용하여 제1 해상도로 제1 격자화하는 단계와;

상기 제1 해상도로 격자화된 온도 자료를 제2 해상도의 온도 자료로 보간하여 제2 격자화하는 단계;

상기 제2 해상도로 보간된 온도 자료의 각 격자별로 AWS 관측 시 지형 고도에 맞게 기온 감률을 적용하여 제2 해상도로 보간된 온도 자료의 각 격자에 맞는 지형고도로 다시 올려 관측지점 상의 2m 온도를 구하는 단계; 및

상기 관측지점 상의 2m 온도와 상기 태양 고도각 및 상기 전운량과, 상기 관측지점의 온도간의 상관관계로, 미관측 레일의 온도를 구할 수 있는 회귀식을 작성하는 단계를 포함하며,

상기 제1 해상도로 격자화된 온도 자료를 제2 해상도의 온도 자료로 보간하여 제2 격자화하는 단계에서, 상기 제2 해상도의 온도 자료는 해면기압에서의 기온(x_{slp})를 이용하여 제2 해상도로 보간된 기온(x_{inp})를 산정하여 구하고, 상기 해면기압에서의 기온(x_{slp})은 $x_{slp} = x_{obs} + \Gamma \times H_{dem}$ 이고, 상기 x_{obs} 는 상기 관측지점 상의 2m 에서 관측된 온도, 상기 Γ 은 기온 감률, 상기 H_{dem} 은 보간 된 지형고도(m)이며,

상기 제2 해상도로 보간된 온도 자료의 각 격자별로 AWS 관측 시 지형 고도에 맞게 기온 감률을 적용하여 제2 해상도로 보간된 온도 자료의 각 격자에 맞는 지형고도로 다시 올려 관측지점 상의 2m 온도(x)를 구하는 단계에서, 상기 관측지점 상의 2m 온도(x)는 $x = x_{inp} - \Gamma \times H_{(dem,2)}$ 이고, 상기 x_{inp} 는 상기 제2 해상도로 보간 된 기온, 상기 Γ 은 기온 감률, 상기 H_{dem} 은 지형고도(m)이며,

상기 관측지점 상의 2m 온도와 상기 태양 고도각 및 상기 전운량과, 상기 관측지점의 온도간의 상관관계로, 미관측 레일의 온도를 구할 수 있는 회귀식을 작성하는 단계에서, 미관측 레일의 온도($\hat{Y}_i$)는 $\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_{(1,i)} + \hat{\beta}_2 X_{(2,i)} + \hat{\beta}_3 X_{(3,i)}$ 이고, 상기 $\hat{\beta}_n$ 은 가중치, 상기 $X_{(1,i)}$ 은 미관측 레일 지점 지상 2m의 기온, 상기 $X_{(2,i)}$ 는 미관측 레일 지점 태양의 고도각, 상기 $X_{(3,i)}$ 은 미관측 레일에서 가장 근접한 기상관측소의 전운량으로 구해진 구름량인, 미관측 레일의 온도 산출 방법.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 미관측 레일의 온도 복원 방법에 관한 기술로, 관측 설비가 갖춰지지 않은 레일의 온도를 복원하는 방법에 관한 기술이다

배경 기술

- [0002] 선로는 열차가 주행하기 위한 필수적인 조건으로 높은 신뢰도를 요구한다. 이러한 선로는 대기 상태 및 계절의 변화에 따라 급격한 온도 편차를 가지게 된다. 여름철의 선로는 약 60도 이상으로 온도가 상승하고, 겨울철의 선로는 약 20도 이하로 온도가 하강하는 바, 극심한 온도 편차를 보인다.
- [0003] 이러한 조건에서는 선로의 수축 및 팽창이 매우 심하게 나타나는 바, 레일이 늘어나 뒤틀리거나, 선로간 큰 이격이 발생하는 문제가 있다. 국내 철도의 경우 대부분 장대 선로를 사용하고 있으며, 이러한 장대 선로는 고온에서는 팽창하면서 장출되는 현상이 발생한다. 이러한 장출 현상은 약 60도 이상의 온도에서부터는 변형이 일어날 수 있으며, 대기 온도가 약 35도 이상이 되면 장출 현상이 일어날 현상이 급격하게 증가하는 것으로 알려져 있다. 또한, 고속 철도의 경우 이러한 장출 현상에 취약하여 55도 이상의 경우에는 감속 운전을 해야하고, 64도가 넘어가면 운행을 중단하는 규정이 있다. 이러한 규정에도 불구하고, 2018년에는 폭염에 의해 선로가 변형되는 장출 현상으로 화물 열차가 탈선하는 사고가 발생하는 등 선로의 온도는 열차 주行的 안정성에 직접적으로 관련되어 있다.
- [0004] 이와 관련하여, 선로의 온도를 측정하기 위해 다양한 종래기술들이 개시되어 있다.
- [0005] 한국등록특허 제1,939,164호에서는 레일온도 검지기가 탑재된 자율주행 대차를 레일에 장착하고, 자율주행대차가 일측 레일을 따라 자율주행하면서 대향하는 타측 레일의 온도를 연속적으로 측정하는 시스템 및 방법을 개시하고 있다.
- [0006] 한국등록특허 제0,967,062호에서는 철도 레일에 와이어 센서 및 온도 센서를 설치하고, 설치된 와이어 센서 및 온도 센서를 통해 측정되는 값에 의거하여 철도 레일에 발생한 변형을 실시간적으로 감지함으로써, 철도 레일에 발생한 변형에 대해 신속하게 대처할 수 있도록 하는 시스템 및 방법을 개시하고 있다.
- [0007] 하지만, 위 문헌들은 일부 선로의 온도를 측정하는 기술과, 선로 전체의 온도를 측정하기 위해 기기가 레일을 타고 주행해야하는 문제가 발생한다. 따라서, 전 구간에 대해 실시간으로 선로의 온도를 파악할 수 없다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제2014-0111808호 (2014. 09. 22. 공개)
- (특허문헌 0002) 대한민국 등록특허 제10-0967062호 (2010. 06. 22. 등록)
- (특허문헌 0003) 대한민국 등록특허 제10-1939164호 (2019. 01. 10. 등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 전술한 종래 기술의 문제를 해결하기 위한 것으로, 기상 자료를 이용하여 관측 설비가 갖춰지지 않은 레일의 온도를 산출하는 방법에 관한 것이다.
- [0010] 본 발명의 목적은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 본 발명의 다른 목적 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있고, 본 발명의 실시예에 의해 보다 분명하게 이해될 것이다. 또한, 본 발명의 목적 및 장점들은 특허 청구 범위에 나타낸 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을 것이

다.

과제의 해결 수단

[0011]

상술한 목적을 달성하기 위해 본 발명은 레일 상 관측지점의 온도를 구하는 단계와, 상기 관측지점 상의 2m 온도를 AWS(Automatic Weather System) 온도 자료로부터 산출하는 단계, 상기 관측지점 상의 태양 고도각과 전운량을 산출하는 단계, 상기 관측지점의 온도와, 상기 관측지점 상의 2m 온도와 상기 태양 고도각 및 상기 전운량의 상관관계를 기반으로 회귀식을 작성하는 단계, 및 상기 회귀식으로 미관측 레일 지점 온도를 산출하는 단계를 포함한다.

상기 관측지점의 온도와, 상기 관측지점 상의 2m 온도와 상기 태양 고도각 및 상기 전운량의 상관관계를 기반으로 회귀식을 작성하는 단계는,

AWS에서 관측된 온도 자료를 기온 감률에 따라 0m로 하강시킨 후 객관 분석법을 적용하여 제1 해상도로 제1 격자화하는 단계와; 상기 제1 해상도로 격자화된 온도 자료를 제2 해상도의 온도 자료로 보간하여 제2 격자화하는 단계; 상기 제2 해상도로 보간된 온도 자료의 각 격자별로 AWS 관측 시 지형 고도에 맞게 기온 감률을 적용하여 제2 해상도로 보간된 온도 자료의 각 격자에 맞는 지형고도로 다시 올려 관측지점 상의 2m 온도를 구하는 단계; 및 상기 관측지점 상의 2m 온도와 상기 태양 고도각 및 상기 전운량과, 상기 관측지점의 온도간의 상관관계로, 미관측 레일의 온도를 구할 수 있는 회귀식을 작성하는 단계를 포함하며,

상기 제1 해상도로 격자화된 온도 자료를 제2 해상도의 온도 자료로 보간하여 제2 격자화하는 단계에서, 상기 제2 해상도의 온도 자료는 해면기압에서의 기온(x_{slp})를 이용하여 제2 해상도로 보간된 기온(x_{inp})를 산정하여 구하고, 상기 해면기압에서의 기온(x_{slp})은 $x_{slp} = x_{obs} + \Gamma \times H_{dem}$ 이고, 상기 x_{obs} 는 상기 관측지점 상의 2m 에서 관측된 온도, 상기 Γ 은 기온 감률, 상기 H_{dem} 은 보간 된 지형고도(m)이며,

상기 제2 해상도로 보간된 온도 자료의 각 격자별로 AWS 관측 시 지형 고도에 맞게 기온 감률을 적용하여 제2 해상도로 보간된 온도 자료의 각 격자에 맞는 지형고도로 다시 올려 관측지점 상의 2m 온도(x)를 구하는 단계에서, 상기 관측지점 상의 2m 온도(x)는 $x = x_{inp} - \Gamma \times H_{(dem+2)}$ 이고, 상기 x_{inp} 는 상기 제2 해상도로 보간 된 기온, 상기 Γ 은 기온 감률, 상기 H_{dem} 은 지형고도(m)이며,

상기 관측지점 상의 2m 온도와 상기 태양 고도각 및 상기 전운량과, 상기 관측지점의 온도간의 상관관계로, 미관측 레일의 온도를 구할 수 있는 회귀식을 작성하는 단계에서, 미관측 레일의 온도($\hat{Y}_i$)는 $\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_{(1,i)} + \hat{\beta}_2 X_{(2,i)} + \hat{\beta}_3 X_{(3,i)}$ 이고, 상기 $\hat{\beta}_n$ 은 가중치, 상기 $X_{(1,i)}$ 은 미관측 레일 지점 지상 2m의 기온, 상기 $X_{(2,i)}$ 는 미관측 레일 지점 태양의 고도각, 상기 $X_{(3,i)}$ 은 미관측 레일에서 가장 근접한 기상관측소의 전운량으로 구해진 구름량이다.

[0012]

삭제

[0013]

삭제

[0014]

삭제

[0015]

삭제

[0016] 삭제

[0017] 삭제

[0018] 삭제

[0019] 삭제

[0020] 삭제

[0021] 삭제

발명의 효과

[0022] 본 발명에 따르면, 선로의 온도를 측정하는 센서가 설치되지 않은 구간에서도, 선로의 온도를 추정(산출)할 수 있는 점에서, 모든 선로 구간의 온도에 대응할 수 있는 효과가 있다.

[0023] 상술한 효과와 더불어 본 발명의 구체적인 효과는 이하 발명을 실시하기 위한 구체적인 사항을 설명하면서 함께 기술한다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 본 발명에 따른 미관측 레일의 온도 산출 방법에 대한 순서도.

도 2는 본 발명에 따른 미관측 레일의 온도 산출 방법에 대한 개념도.

도 3은 본 발명에 따른 레일의 온도 관측이 필요한 지점에 대한 기온을 산출하는 단계의 순서도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 전술한 목적, 특징 및 장점은 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 후술되며, 이에 따라 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 것이다. 본 발명을 설명함에 있어서 본 발명과 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 상세한 설명을 생략한다. 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 도면에서 동일한 참조부호는 동일 또는 유사한 구성요소를 가리키는 것으로 사용된다.

[0026] 도 1은 본 발명에 따른 미관측 레일의 온도 산출 방법에 대한 순서도이고, 도 2는 본 발명에 따른 미관측 레일의 온도 산출 방법에 대한 개념도, 도 3은 본 발명에 따른 레일의 온도 관측이 필요한 지점에 대한 기온을 산출하는 단계의 순서도이다.

[0027] 도 1 내지 도 3을 참조하면, 본 발명은 레일 상 관측지점의 온도를 구하는 단계와, 관측된 레일의 온도와, 관측 지점 상 2m 온도와 태양 고도각 및 전운량을 포함하는 기상요소 간의 상관관계를 파악하여 회귀식을 작성하는 단계, 및 레일과 기상요소간의 회귀식을 적용하여 미관측 레일지점의 온도를 산출하는 단계를 포함한다.

관측된 레일의 온도와, 관측지점 상 2m 온도, 고도각 및 운량을 포함하는 기상요소간의 상관관계를 파악하여 회귀식을 작성하는 단계는, 레일 상 관측지점의 온도를 구하는 단계에서 관측된 레일의 온도와 기상요소간의 회귀식을 작성한다. 이를 위해, 관측지점 상 2m의 불규칙한 AWS(Automatic Weather System) 관측 자료를 기온감률을 이용하여 해발고도 0m인 해면기압의 온도로 보정한 후 보정된 온도 자료를 제1 해상도인 10km 해상도로 격자화하고, 10km 해상도로 격자화된 온도 자료를 레일온도 관측지점과 일치되거나 최대한 근접하도록 제2 해상도로 보간한 후, 제2 해상도로 보간된 온도 자료를 기온감률을 이용하여 레일 위 2m 기온 자료로 산출하고 회귀식을 구한다.

이를 위해, 관측된 레일의 온도와, 관측지점 상 2m 온도, 고도각 및 운량을 포함하는 기상요소간의 상관관계를 파악하여 회귀식을 작성하는 단계는 AWS에서 관측된 온도 자료를 기온 감률에 따라 해면 온도로 보정한 후에 객관 분석법을 적용하여 제1 해상도인 10km 해상도로 격자화하는 단계, 10km 해상도로 격자화된 온도 자료를 레일 온도 관측지점과 일치하거나 근접한 해상도인 제2 해상도로 보간하는 단계, 제2 해상도로 보간된 온도 자료의 각 격자별로 AWS 관측 시 지형 고도에 맞게 기온 감률을 적용하여 각 격자에 맞는 지형고도로 다시 올려(각 격자의 지상 2m) 지상 2m 산출 기온을 구하는 단계, 및 지상 2m 산출 기온을 기반으로 회귀식을 작성하는 단계를 포함한다.

AWS에서 관측된 온도 자료를 기온 감률에 따라 해면 온도로 보정한 후에 객관 분석법을 적용하여 제1 해상도인 10km 해상도로 격자화하는 단계는 고도가 일치되지 않은 AWS 관측 자료를, 기온 감률을 이용하여 해발 고도 0m인 온도 자료로 변환한 후 Barnes 객관 분석법을 이용하여 제1 해상도인 10km 해상도로 격자화한다. 여기서 barnes 객관 분석법은 기상학에서 통상적으로 사용하는 분석법인 바, 자세한 설명은 생략한다.

[0028] 삭제

[0029] 삭제

[0030] 삭제

[0031] 한편, 해발고도 0m인 해수면 상의 기압인 해면 기압에서의 기온은 지상 2m의 지점에 대한 관측 기온(AWS에서 관측된 온도 자료, 일반적으로 지상 2m에서 관측)과, 기온 감률, 보간된 지형 고도를 이용하여 산정한다. 여기서, 해발고도 0m인 해수면 상의 기압인 해면 기압에서의 기온은 아래의 수학적 식 1로 표현할 수 있다

수학적 식 1

[0032]
$$x_{slp} = x_{obs} + \Gamma \times H_{dem}$$

[0033] 여기서, x_{obs} 는 2m의 기온, Γ 은 기온 감률, H_{dem} 은 보간된 지형고도(m)이다.

[0034] 제1 해상도인 10km 해상도로 격자화된 온도 자료를 제2 해상도로 보간하는 단계는 10km 해상도로 격자화된 해면 기압 온도 자료를 레일온도 관측지점과 일치하거나 근접한 해상도인 제2 해상도로 보간한다. 각 격자별로 지형 고도에 맞게 기온 감률을 적용하여 기온 감률을 적용하여 각 격자에 맞는 지형고도로 올려(각 격자의 지상 2m) 산출 기온을 구하는 단계에서 산출 기온은 제2 해상도로 보간된 기온과 기온 감률 및 지형 고도를 이용하여 산정되고, 수학적 식 2에 의해 표현될 수 있다.

수학적 식 2

[0035]
$$x = x_{intp} - \Gamma \times H_{(dem+2)}$$

여기서, x 는 산출 기온, x_{intp} 는 제2 해상도로 보간된 기온, Γ 은 기온 감률, H_{dem} 은 지형고도(m)이다. 또한, 제2 해상도로 보간된 기온(x_{intp})은 전술된 수학적 식 1에서 산출된 해면 기압에서의 기온(x_{slp})을 제2 해상도로 보간한 기온이다.

[0036] 지상 2m 산출 기온을 기반으로 레일과 기상요소간의 상관관계를 적용하여 회귀식을 구하는 단계는 지상 2m 산출 기온과 태양의 고도각 및 전운량을 이용하여, 파악된 상관 관계를 적용하여 미관측 레일의 온도를 구할 수 있는 회귀식을 구한다. 여기서, 미관측 레일의 온도($\hat{Y}_i$)는 수학적 식 3에 의해 산정된다.

[0037] 삭제

수학식 3

[0038]
$$\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_{(1,i)} + \hat{\beta}_2 X_{(2,i)} + \hat{\beta}_3 X_{(3,i)}$$

[0039] 여기서, $\hat{\beta}_n$ 은 가중치, $X_{(1,i)}$ 은 미관측 레일 지점 지상 2m의 기온, $X_{(2,i)}$ 는 미관측 레일 지점 태양의 고도각, $X_{(3,i)}$ 은 미관측 레일에서 가장 근접한 기상관측소의 전운량으로 구해진 구름량이다. 또한, 태양의 도고각은 미관측 레일이 위치한 태양의 적위, 위도, 시각으로 구할 수 있다.

[0040] 여기서, 레일의 온도는 대기의 기온, 태양의 고도각, 구름량에 따라 지속적으로 상이해지는 바, 각 지형 및 시간에 따른 가중치는 지속적으로 상이하다.

[0041] 또한, 가중치인 $\hat{\beta}_n$ 값은 위 수학식 3을 행렬식으로 변환하여 산출할 수 있다. 즉, 위 수학식 3을 행렬식을 $\hat{Y} = X\hat{B}$ 과 같이 정의하면,

[0042]
$$\begin{pmatrix} \hat{Y}_1 \\ \vdots \\ \hat{Y}_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & X_{(1,1)} & X_{(2,1)} & X_{(3,1)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & X_{(1,n)} & X_{(2,n)} & X_{(3,n)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \hat{\beta}_0 \\ \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \\ \hat{\beta}_3 \end{pmatrix}$$
 과 같이 변환되고,

[0043]
$$X'X = \begin{pmatrix} N & \sum X_1 & \sum X_2 & \sum X_3 \\ \sum X_1 & \sum X_1^2 & \sum X_1 X_2 & \sum X_1 X_3 \\ \sum X_2 & \sum X_2 X_1 & \sum X_2^2 & \sum X_2 X_3 \\ \sum X_3 & \sum X_3 X_1 & \sum X_3 X_2 & \sum X_3^2 \end{pmatrix}$$
 인 바,
$$X' \hat{Y} = \begin{pmatrix} \sum \hat{Y} \\ \sum X_1 \hat{Y} \\ \sum X_2 \hat{Y} \\ \sum X_3 \hat{Y} \end{pmatrix}$$
 를 산출하여,

[0044]
$$\hat{B} = (X'X)^{-1} X' \hat{Y} = \begin{pmatrix} \hat{\beta}_0 \\ \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \\ \hat{\beta}_3 \end{pmatrix}$$
 로 정의할 수 있다. 여기서, 좌변(Y(1~n))은 실제 관측된 레일의 온도이며, X(1, i)는 해당 레일 지점에서 구해진 미관측 레일 지점 지상 2m의 기온, X(2, i)는 해당 레일 지점 태양의 고도각이다. 또한, X(3, i)는 해당 레일에서 가장 근접한 기상 관측소의 전운량으로 구해진 구름량이다.

레일과 기상요소간의 회귀식을 적용하여 미관측 레일지점의 온도를 산출하는 단계는, 지상 2m 산출 기온을 기반으로 레일과 기상요소간의 상관관계를 적용하여 회귀식을 구하는 단계에서 구해진 회귀식으로 미관측 레일지점의 온도를 산출한다.

[0044] 이상과 같이 본 발명에 대해서 예시한 도면을 참조로 하여 설명하였으나, 본 명세서에 개시된 실시 예와 도면에 의해 본 발명이 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 기술사상의 범위 내에서 통상의 기술자에 의해 다양한 변형이 이루어질 수 있음은 자명하다. 아울러 앞서 본 발명의 실시 예를 설명하면서 본 발명의 구성에 따른 작용 효과를 명시적으로 기재하여 설명하지 않았을 지라도, 해당 구성에 의해 예측 가능한 효과 또한 인정되어야 함은 당연하다.

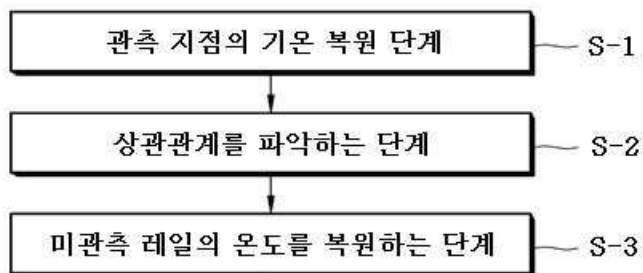
부호의 설명

[0045]

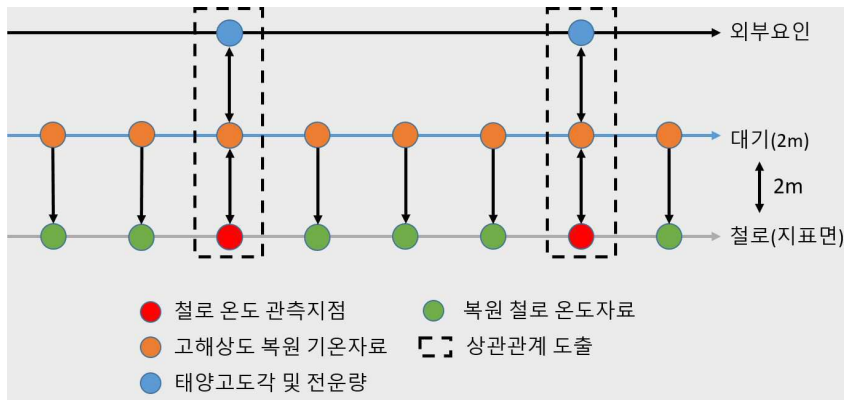
- S-1 : 관측 지점의 기온 산출 단계
- S-2 : 상관관계를 파악하는 단계
- S-3 : 미관측 레일의 온도를 산출하는 단계
- S-1-1 : AWS 관측 자료를 격자화하는 단계
- S-1-2 : 원하는 해상도로 보간하는 단계
- S-1-3 : 기온 감률을 적용하여 기온을 산출하는 단계

도면

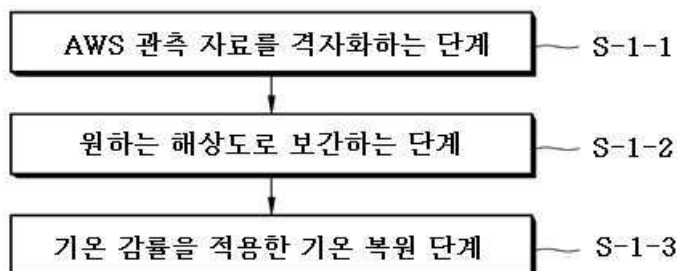
도면1



도면2



도면3



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 발명(고안)의 설명

【보정세부항목】 식별번호 <11>, <35>

【변경전】

$$x=xintp - \Gamma \times Hdem$$

【변경후】

$$x=xintp - \Gamma \times (Hdem+2)$$

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 2

【변경전】

$$x=xintp - \Gamma \times Hdem$$

【변경후】

$$x=xintp - \Gamma \times (Hdem+2)$$