



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년08월09일  
(11) 등록번호 10-2009464  
(24) 등록일자 2019년08월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01W 1/10 (2006.01) G01W 1/08 (2006.01)  
G01W 1/16 (2006.01) G06F 17/50 (2006.01)  
G06N 3/08 (2006.01)

(52) CPC특허분류  
G01W 1/10 (2013.01)  
G01W 1/08 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0083272

(22) 출원일자 2018년07월18일

심사청구일자 2018년07월18일

(56) 선행기술조사문헌

Omar W.A., et al., 'Solar Flare Prediction Using Advanced Feature Extraction, Machine Learning, and Feature Selection', Solar Physics, Vol.283, 2013.03, pp.157-175.\*  
Tarek N., et al., 'Deep Learning Technology for Predicting Solar Flares from (Geostationary Operational Environmental Satellite) Data', IJACSA, Vol. 9, No. 1, 2018.02.\*

Y. Hada-Muranushi, et al., 'A Deep-Learning Approach for Operation of an Automated Realtime Flare Forecast', Space Weather, <https://arxiv.org/1606.01587v1>, 2016.06.\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)

(72) 발명자

문용재

경기도 용인시 수지구 신봉2로 72, 209동 1404호

박은수

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732

(74) 대리인

김홍석

전체 청구항 수 : 총 4 항

심사관 : 김홍래

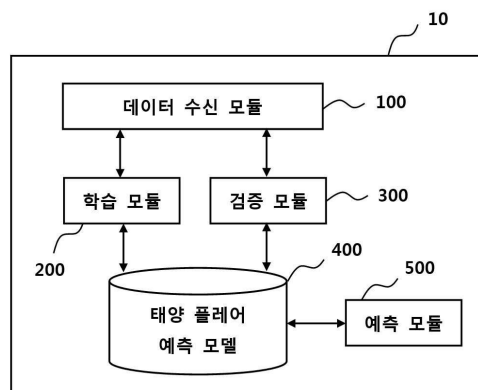
(54) 발명의 명칭 태양 전면 자기장 지도를 이용한 태양 플레어 예측 장치 및 방법

(57) 요약

태양 플레어 예측 장치가 개시된다. 상기 태양 플레어 예측 장치는 복수의 제1 태양 자기장 지도들과 각각이 상기 복수의 제1 태양 자기장 지도들 각각에 대응하는 태양 플레어 발생 여부에 대한 정보들인 제1 태양 플레어 발생 정보들을 포함하는 학습 데이터, 복수의 제2 태양 자기장 지도들과 각각이 상기 제2 복수의 태양 자기장 지도

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



들 각각에 대응하는 태양 플레어 발생 여부에 대한 정보들인 제2 태양 플레어 발생 정보들을 포함하는 테스트 데이터 및 태양 플레어 발생 여부를 예측하기 위한 예측 대상 태양 자기장 지도를 수신하는 데이터 수신 모듈, 상기 학습 데이터를 이용하여 태양 플레어 예측 모델을 생성하는 학습 모듈, 상기 테스트 데이터를 이용하여 상기 태양 플레어 예측 모델을 테스트하는 검증 모듈 및 상기 예측 대상 태양 자기장 지도를 상기 태양 플레어 예측 모델에 입력하여 태양 플레어 발생 여부를 예측하는 예측 모듈을 포함한다.

(52) CPC특허분류

*G01W 1/16* (2013.01)

*G06F 17/5009* (2013.01)

*G06N 3/08* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

|          |                         |
|----------|-------------------------|
| 과제고유번호   | 2018-0-01422            |
| 부처명      | 과학기술정보통신부               |
| 연구관리전문기관 | 정보통신기술진흥센터(IITP)        |
| 연구사업명    | 전파자원의 효율적 확보 기반조성 사업    |
| 연구과제명    | 태양흑점폭발 분석 및 예측 기술 연구    |
| 기 여 율    | 1/2                     |
| 주관기관     | (주)인스페이스                |
| 연구기간     | 2018.07.01 ~ 2021.12.31 |

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

|          |                               |
|----------|-------------------------------|
| 과제고유번호   | NRF-2016R1A2B4013131          |
| 부처명      | 과학기술정보통신부                     |
| 연구관리전문기관 | 한국연구재단(KNRF)                  |
| 연구사업명    | 개인연구지원사업(중견연구)                |
| 연구과제명    | 코로나질량방출의 3차원 진동 및 발생/전파 예측 연구 |
| 기 여 율    | 1/2                           |
| 주관기관     | 경희대학교(국제캠퍼스)                  |
| 연구기간     | 2016.06.01 ~ 2019.05.31       |

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

복수의 제1 태양 자기장 지도들과 각각이 상기 복수의 제1 태양 자기장 지도들 각각에 대응하는 태양 플레어 발생 여부에 대한 정보들인 제1 태양 플레어 발생 정보들을 포함하는 학습 데이터를 수신하는 데이터 수신 모듈; 및

상기 학습 데이터를 이용하여 태양 플레어 예측 모델을 생성하는 학습 모듈을 포함하고,

상기 데이터 수신 모듈은 복수의 제2 태양 자기장 지도들과 각각이 상기 복수의 제2 태양 자기장 지도들 각각에 대응하는 태양 플레어 발생 여부에 대한 정보들인 제2 태양 플레어 발생 정보들을 포함하는 테스트 데이터를 더 수신하고,

상기 태양 플레어 예측 모델 생성 장치는 상기 테스트 데이터를 이용하여 상기 태양 플레어 예측 모델을 테스트하는 검증 모듈을 더 포함하며,

상기 학습 모듈은 상기 제1 태양 자기장 지도들을 입력 데이터로 이용하고 상기 제1 태양 플레어 발생 정보들을 출력 데이터로 이용하여 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network, CNN)을 학습시킴으로써 상기 태양 플레어 예측 모델을 생성하고,

상기 제1 태양 자기장 지도들은 1996년 5월부터 2010년 12월까지의 기간 동안 매 00:00 UT(Universal Time)에 촬영된 SOHO(the Solar and Heliospheric Observatory)/MDI(Michelson Doppler Imager)의 태양 전면 자기장 지도(Full-disk Magnetogram)이고,

상기 제2 태양 자기장 지도들은 2011년 1월부터 2017년 6월까지의 기간 동안 매 00:00 UT에 촬영된 SDO(the Solar Dynamic Observatory)/HMI(Helioseismic and Magnetic Imager)의 태양 전면 자기장 지도인, 태양 플레어 예측 모델 생성 장치.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

복수의 제1 태양 자기장 지도들과 각각이 상기 복수의 제1 태양 자기장 지도들 각각에 대응하는 태양 플레어 발생 여부에 대한 정보들인 제1 태양 플레어 발생 정보들을 포함하는 학습 데이터, 복수의 제2 태양 자기장 지도들과 각각이 상기 복수의 제2 태양 자기장 지도들 각각에 대응하는 태양 플레어 발생 여부에 대한 정보들인 제2 태양 플레어 발생 정보들을 포함하는 테스트 데이터 및 태양 플레어 발생 여부를 예측하기 위한 예측 대상 태양 자기장 지도를 수신하는 데이터 수신 모듈;

상기 학습 데이터를 이용하여 태양 플레어 예측 모델을 생성하는 학습 모듈;

상기 테스트 데이터를 이용하여 상기 태양 플레어 예측 모델을 테스트하는 검증 모듈; 및

상기 예측 대상 태양 자기장 지도를 상기 태양 플레어 예측 모델에 입력하여 태양 플레어 발생 여부를 예측하는 예측 모듈을 포함하고,

상기 학습 모듈은 상기 제1 태양 자기장 지도들을 입력 데이터로 이용하고 상기 제1 태양 플레어 발생 정보들을 출력 데이터로 이용하여 합성곱 신경망(Convolution Neural Network, CNN)을 학습시킴으로써 상기 태양 플레어 예측 모델을 생성하며,

상기 제1 태양 자기장 지도들은 1996년 5월부터 2010년 12월까지의 기간 동안 매 00:00 UT(Universal Time)에 촬영된 SOHO/MDI의 태양 전면 자기장 지도이고,

상기 제2 태양 자기장 지도들은 2011년 1월부터 2017년 6월까지의 기간 동안 매 00:00 UT에 촬영된 SDO/HMI의 태양 전면 자기장 지도인, 태양 플레어 예측 장치.

## 청구항 6

삭제

## 청구항 7

삭제

## 청구항 8

태양 플레어 예측 모델 생성 장치에서 수행되는 태양 플레어 예측 모델 생성 방법에 있어서,

상기 태양 플레어 예측 모델 생성 장치에 포함되는 데이터 수신 모듈이 복수의 제1 태양 자기장 지도들과 각각이 상기 복수의 제1 태양 자기장 지도들 각각에 대응하는 태양 플레어 발생 여부에 대한 정보들인 제1 태양 플레어 발생 정보들을 포함하는 학습 데이터를 수신하는 단계; 및

상기 태양 플레어 예측 모델 생성 장치에 포함되는 학습 모듈이 상기 학습 데이터를 이용하여 태양 플레어 예측 모델을 생성하는 단계를 포함하되,

상기 학습 데이터를 수신하는 단계는 복수의 제2 태양 자기장 지도들과 각각이 상기 복수의 제2 태양 자기장 지도들 각각에 대응하는 태양 플레어 발생 여부에 대한 정보들인 제2 태양 플레어 발생 정보들을 포함하는 테스트 데이터를 수신하는 단계를 포함하고,

상기 태양 플레어 예측 모델 생성 방법은 상기 태양 플레어 예측 모델 생성 장치에 포함되는 검증 모듈이 상기 테스트 데이터를 이용하여 상기 태양 플레어 예측 모델을 테스트하는 단계를 더 포함하며,

상기 태양 플레어 예측 모델을 생성하는 단계는 상기 제1 태양 자기장 지도들을 입력 데이터로 이용하고 상기 제1 태양 플레어 발생 정보들을 출력 데이터로 이용하여 합성곱 신경망을 학습시킴으로써 상기 태양 플레어 예측 모델을 생성하고,

상기 제1 태양 자기장 지도들은 1996년 5월부터 2010년 12월까지의 기간 동안 매 00:00 UT(Universal Time)에 촬영된 SOHO/MDI의 태양 전면 자기장 지도이고,

상기 제2 태양 자기장 지도들은 2011년 1월부터 2017년 6월까지의 기간 동안 매 00:00 UT에 촬영된 SDO/HMI의 태양 전면 자기장 지도인, 태양 플레어 예측 모델 생성 방법.

## 청구항 9

삭제

## 청구항 10

삭제

## 청구항 11

삭제

## 청구항 12

태양 플레어 예측 장치에서 수행되는 태양 플레어 예측 방법에 있어서,

상기 태양 플레어 예측 장치에 포함되는 데이터 수신 모듈이 복수의 제1 태양 자기장 지도들과 각각이 상기 복수의 제1 태양 자기장 지도들 각각에 대응하는 태양 플레어 발생 여부에 대한 정보들인 제1 태양 플레어 발생 정보들을 포함하는 학습 데이터, 복수의 제2 태양 자기장 지도들과 각각이 상기 복수의 제2 태양 자기장 지도들 각각에 대응하는 태양 플레어 발생 여부에 대한 정보들인 제2 태양 플레어 발생 정보들을 포함하는 테스트 데이터 및 태양 플레어 발생 여부를 예측하기 위한 예측 대상 태양 자기장 지도를 수신하는 단계;

상기 태양 플레어 예측 장치에 포함되는 학습 모듈이 상기 학습 데이터를 이용하여 태양 플레어 예측 모델을 생성하는 단계;

상기 태양 플레어 예측 모델 생성 장치에 포함되는 검증 모듈이 상기 테스트 데이터를 이용하여 상기 태양 플레어 예측 모델을 테스트하는 단계; 및

상기 태양 플레어 예측 모델 생성 장치에 포함되는 예측 모듈이 상기 예측 대상 태양 자기장 지도를 상기 태양 플레어 예측 모델에 입력하여 태양 플레어 발생 여부를 예측하는 단계를 포함하되,

상기 태양 플레어 예측 모델을 생성하는 단계는 상기 제1 태양 자기장 지도들을 입력 데이터로 이용하고 상기 제1 태양 플레어 발생 정보들을 출력 데이터로 이용하여 합성곱 신경망을 학습시킴으로써 상기 태양 플레어 예측 모델을 생성하며,

상기 제1 태양 자기장 지도들은 1996년 5월부터 2010년 12월까지의 기간 동안 매 00:00 UT(Universal Time)에 촬영된 SOHO/MDI의 태양 전면 자기장 지도이고,

상기 제2 태양 자기장 지도들은 2011년 1월부터 2017년 6월까지의 기간 동안 매 00:00 UT에 촬영된 SDO/HMI의 태양 전면 자기장 지도인, 태양 플레어 예측 방법.

## 청구항 13

삭제

## 청구항 14

삭제

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 태양 전면 자기장 지도(Full-disk Solar Magnetograms)를 이용한 태양 플레어 예측 장치에 관한 것으로, 특히 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network, CNN)을 학습시켜 태양 플레어 예측 모델을 생성함으로써 주어진 태양 전면 자기장 지도로부터 태양 플레어 발생 여부를 예측할 수 있는 태양 플레어 예측 장치 및 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0003] 태양에서 발생하는 현상 중 가장 폭발적으로 일어나는 현상으로 태양 플레어(Solar Flare)가 있다. 태양 표면에는 자기장이 존재하는데, 자기장이 불안정하여 자기 재결합(Magnetic Reconnection)이 일어날 때 플레어가 발생한다. 이때 발생한 플레어로 인하여 태양의 물질들의 가속이 일어나 고에너지 입자들이 방출되고, 다양한 파장대에서의 복사 방출, 특히 X-ray의 방사가 발생한다.

[0004] 방출된 입자와 X-ray는 지구에 직접적으로 영향을 줄 수 있다. 예컨대, 우주 공간에서 활동하는 인공 위성의 CCD(Charge Coupled Device), 태양광 패널, 반도체 등 주요 부품의 고장 원인이 되기도 하고, 지구의 대기를 교란시켜 장거리 통신에 영향을 주기도 하며, 우주 비행사 혹은 극항로를 운항하는 비행 승무원 및 승객이 받는 방사능 피폭량에도 영향을 준다. 즉, 태양 플레어는 전 세계적으로 보편화되어 있는 우주 산업과 항공 산업에 매우 큰 영향을 줄 수 있으므로 태양 플레어에 대한 예보 또는 경보가 필요하지만 이는 쉽지 않은 문제이다.

[0005] 태양 플레어를 통하여 방사되는 X-ray는 폭발이 일어나는 순간 지구까지 빛의 속도로 8분 30초만에 도달한다.

태양에서 발생하는 다른 폭발 현상인 코로나 질량 방출(Coronal Mass Ejection, CME)이나 태양 고에너지 입자(Solar Energetic Particle, SEP)와 같은 현상들이 폭발 후 지구에 도달하기까지 적게는 수 시간에서 많게는 수 일이 걸리는 것과 대조된다. 즉, 태양 플레어는 지구에서 관측함과 동시에 지구에 영향을 주기 시작하며, 사실상의 정보는 불가능하다.

[0006] 이러한 이유로 다수의 태양 폭발 예보 모델들이 개발되어 왔으며, 태양 폭발과 우주 기상과의 상관 관계에 대한 이해를 바탕으로 한 수치 혹은 경험적 모델, 통계적 모델 또는 기계 학습(Machine Learning)을 이용한 모델들이 있다. 가장 잘 알려진 통계 모델은 태양 흑점의 분류를 통한 통계적 모델이다. Patrick McIntosh는 태양의 크기나 형태 등 3 가지 기준을 통하여 분류하는 McIntosh Sunspot Class를 만들었으며, 많은 학자들이 이 McIntosh Sunspot Class의 각 흑점군 별로 태양 플레어의 발생 확률을 통계적으로 정리하여 태양 플레어를 예보하는 모델을 개발하였다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제1845760호 (2018.05.18. 공개)  
(특허문헌 0002) 대한민국 공개특허 제2010-0060705호 (2010.06.07. 공개)  
(특허문헌 0003) 대한민국 등록특허 제1605385호 (2016.03.22. 공개)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0009] 본 발명이 이루고자 하는 기술적인 과제는 태양 플레어 예측 모델을 생성하고 이로부터 태양 플레어 예측을 수행할 수 있는 태양 플레어 예측 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0011] 본 발명의 실시 예에 따른 태양 플레어 예측 모델 생성 장치는 복수의 제1 태양 자기장 지도들과 각각이 상기 복수의 제1 태양 자기장 지도들 각각에 대응하는 태양 플레어 발생 여부에 대한 정보들인 제1 태양 플레어 발생 정보들을 포함하는 학습 데이터를 수신하는 데이터 수신 모듈 및 상기 학습 데이터를 이용하여 태양 플레어 예측 모델을 생성하는 학습 모듈을 포함한다.

[0012] 본 발명의 일 실시 예에 따른 태양 플레어 예측 장치는 복수의 제1 태양 자기장 지도들과 각각이 상기 복수의 제1 태양 자기장 지도들 각각에 대응하는 태양 플레어 발생 여부에 대한 정보들인 제1 태양 플레어 발생 정보들을 포함하는 학습 데이터, 복수의 제2 태양 자기장 지도들과 각각이 상기 제2 복수의 태양 자기장 지도들 각각에 대응하는 태양 플레어 발생 여부에 대한 정보들인 제2 태양 플레어 발생 정보들을 포함하는 테스트 데이터 및 태양 플레어 발생 여부를 예측하기 위한 예측 대상 태양 자기장 지도를 수신하는 데이터 수신 모듈, 상기 학습 데이터를 이용하여 태양 플레어 예측 모델을 생성하는 학습 모듈, 상기 테스트 데이터를 이용하여 상기 태양 플레어 예측 모델을 테스트하는 검증 모듈 및 상기 예측 대상 태양 자기장 지도를 상기 태양 플레어 예측 모델에 입력하여 태양 플레어 발생 여부를 예측하는 예측 모듈을 포함한다.

[0013] 본 발명의 일 실시 예에 따른 태양 플레어 예측 모델 생성 방법은 태양 플레어 예측 모델 생성 장치에서 수행되고, 상기 태양 플레어 예측 모델 생성 장치에 포함되는 데이터 수신 모듈이 복수의 제1 태양 자기장 지도들과 각각이 상기 복수의 제1 태양 자기장 지도들 각각에 대응하는 태양 플레어 발생 여부에 대한 정보들인 제1 태양 플레어 발생 정보들을 포함하는 학습 데이터를 수신하는 단계 및 상기 태양 플레어 예측 모델 생성 장치에 포함되는 학습 모듈이 상기 학습 데이터를 이용하여 태양 플레어 예측 모델을 생성하는 단계를 포함한다.

[0014] 본 발명의 일 실시 예에 따른 태양 플레어 예측 방법은 태양 플레어 예측 장치에서 수행되고, 상기 태양 플레어 예측 장치에 포함되는 데이터 수신 모듈이 복수의 제1 태양 자기장 지도들과 각각이 상기 복수의 제1 태양 자기장 지도들 각각에 대응하는 태양 플레어 발생 여부에 대한 정보들인 제1 태양 플레어 발생 정보들을 포함하는 학습 데이터, 복수의 제2 태양 자기장 지도들과 각각이 상기 제2 복수의 태양 자기장 지도들 각각에 대응하는 태양 플레어 발생 여부에 대한 정보들인 제2 태양 플레어 발생 정보들을 포함하는 테스트 데이터 및 태양 플레어

어 발생 여부를 예측하기 위한 예측 대상 태양 자기장 지도를 수신하는 단계, 상기 태양 플레어 예측 장치에 포함되는 학습 모듈이 상기 학습 데이터를 이용하여 태양 플레어 예측 모델을 생성하는 단계, 상기 태양 플레어 예측 모델 생성 장치에 포함되는 검증 모듈이 상기 테스트 데이터를 이용하여 상기 태양 플레어 예측 모델을 테스트하는 단계 및 상기 태양 플레어 예측 모델 생성 장치에 포함되는 예측 모듈이 상기 예측 대상 태양 자기장 지도를 상기 태양 플레어 예측 모델에 입력하여 태양 플레어 발생 여부를 예측하는 단계를 포함한다.

### 발명의 효과

[0016] 본 발명의 실시 예에 따른 태양 플레어 예측 장치에 의할 경우, 태양 자기장 영상에서 특징(Features)을 CNN(Convolutional Neural Network) 모델이 자동으로 추출하기 때문에 전처리 과정을 생략할 수 있어 실시간으로 태양 플레어 발생 여부를 예측할 수 있는 효과가 있다.

[0017] 또한, 합성곱 신경망과 같은 딥러닝(Deep Learning) 기법은 GPU 병렬 연산에 최적화되어 있는 소프트웨어 패키지가 다수 존재하기 때문에 훈련 시간 및 예측 시간을 획기적으로 줄일 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0019] 본 발명의 상세한 설명에서 인용되는 도면을 보다 충분히 이해하기 위하여 각 도면의 상세한 설명이 제공된다.

도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 태양 플레어 예측 모델을 도시한다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 태양 플레어 예측 장치의 기능 블록도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 태양 플레어 예측 모델 생성 장치의 기능 블록도이다.

도 4는 도 2에 도시된 태양 플레어 예측 장치 또는 도 3에 도시된 태양 플레어 예측 모델 생성 장치의 하드웨어 구성도이다.

도 5는 도 2에 도시된 태양 플레어 예측 장치에서 수행되는 태양 플레어 예측 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 6은 도 3에 도시된 태양 플레어 예측 모델 생성 장치에서 수행되는 태양 플레어 예측 모델 생성 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 본 명세서에 개시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시 예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시 예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 본 발명의 개념에 따른 실시 예들은 다양한 형태로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시 예들에 한정되지 않는다.

[0021] 본 발명의 개념에 따른 실시 예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시 예들을 도면에 예시하고 본 명세서에서 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시 예들을 특정한 개시 형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.

[0022] 제1 또는 제2 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성 요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로만, 예컨대 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 벗어나지 않은 채, 제1 구성 요소는 제2 구성 요소로 명명될 수 있고 유사하게 제2 구성 요소는 제1 구성 요소로도 명명될 수 있다.

[0023] 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성 요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성 요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는 중간에 다른 구성 요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성 요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.

[0024] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로서, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 본 명세서에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는

이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

- [0025] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0026] 이하, 본 명세서에 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시 예들을 상세히 설명한다.
- [0028] 우선, 본 발명의 예측 모델 학습, 검증(테스트) 및 예측에 사용되는 데이터에 대해 설명한다.
- [0029] 본 발명에서는 SOHO(the Solar and Heliospheric Observatory)/MDI(Michelson Doppler Imager)와 SDO(the Solar Dynamic Observatory)/HMI(Helioseismic and Magnetic Imager)의 태양 전면 자기장 지도(Full-disk Magnetogram)를 합성곱 신경망 모델(Convolutional Neural Network model, CNN model)의 입력 데이터로 사용한다. 상기 전면 자기장 지도는 매 00:00 UT(Universal Time, 세계시) 시점에서의 자기장 지도일 수 있다. 태양 자기장 지도는 태양 표면에서의 자기장 활동을 보여주는 지도이다. 태양 내부와 표면에서의 자기장 활동이 태양에서 발생하는 모든 폭발 현상의 원인이 되기 때문에 태양 자기장 지도는 예보(또는 예측)를 위한 최적의 입력 데이터라 할 수 있다.
- [0030] SOHO는 본격적으로 태양에 대한 과학적 조사를 수행하기 위해 유럽 우주국(European Space Agency, ESA)과 미국 NASA(National Aeronautic and Space Administration)가 공동으로 진행한 우주 탐사선이다. 1995년 12월 12일 SOHO 탐사선은 태양으로부터 나오는 빛의 세기와 변화를 자세히 측정하여 태양의 내부 구조를 알아내기 위한 목적으로 발사되었다. MDI는 SOHO 탐사선에 탑재된 장비로, 태양 내부의 외곽을 형성하는 대류대 및 코로나를 형성하는 자기장을 연구하기 위해 광구의 속도 및 자기장을 관측하기 위해 설계되었으나, SDO/HMI에 의해 대체되었다.
- [0031] SDO는 태양의 자기장의 생성과 구조, 태양에 저장된 자기 에너지가 태양풍(Solar Wind), 에너지 입자들(Energetic Particles) 등의 형태로 태양권(Heliosphere)과 지구 공간(Geospace)으로 방사되는 방식을 조사할 목적으로 2010년 2월 11에 발사된 우주 탐사선이다. HMI는 SDO에 탑재된 장비로, 태양 광구(Solar Photosphere)에서의 도플러 편이(Doppler shift), 강도(Intensity) 및 벡터 자기장(Vector Magnetic Field) 등을 측정하기 위해 설계되었다.
- [0032] 본 발명에서는 1996년 5월부터 2010년 12월까지의 기간 동안 매 00:00 UT에서의 SOHO/MDI 태양 전면 자기장 지도와 2011년 1월부터 2017년 6월까지의 기간 동안 매 00:00 UT에서의 SDO/HMI 태양 전면 자기장 지도를 데이터로 사용하였다.
- [0033] 본 발명의 발명자는 2011년 1월 동안의 기간 동안 30분 이내에 측정된 MDI 이미지들과 HMI 이미지들 사이의 상관 관계(Correlation)를 계산하여, 평균 상관 계수(Average Correlation Coefficient)가 0.96임을 알아내었다. 이는 두 데이터 셋이 인풋 데이터로 사용하기에 충분함을 의미할만큼 큰 수치임을 알 수 있다.
- [0034] 예측 모델의 출력으로는 미 대기해양청의 GOES(Geostationary Operational Environmental Satellite)에서 00:00 UT에서 24:00 UT까지의 시간 동안 관측한 X-선 피크 플럭스 클래스(X-ray Peak Flux Class)를 사용한다. 분류된 클래스 중 under C class는 태양 플레어가 발생하지 않았고, C, M 및 X 클래스의 경우 태양 플레어가 발생한 것으로 간주될 수 있다.
- [0035] 결과적으로, 본 발명에서는 4,981 개의 SOHO/MDI 자기장 지도와 2,360 개의 SDO/HMI 자기장 지도(총 7,341 개의 자기장 지도)를 입력 데이터로 사용하였다. 또한, 본 발명에서는 데이터 셋을 발생 순서에 따라 학습 데이터 셋(training data set)과 테스트 데이터 셋(test data set)으로 분리하였다. 본 발명에서는 학습을 위해 솔라 사이클 23(solar cycle 23)을 포함하는 1996년 6월부터 2008년 12월까지의 데이터 셋(4,298 개의 이미지)을 사용하였고, 테스트를 위해 솔라 사이클 24를 포함하는 2009년 1월부터 2017년 6월까지의 데이터 셋(3,043 개의 이미지)을 사용하였다. 또한, 학습에 사용되는 학습 데이터 셋에 포함된 각각의 자기장 지도는 태양 플레어의 발생 여부가 라벨링된 후 사용될 수도 있다.
- [0036] 표 1은 본 발명에서 사용된 데이터 셋에 관한 정보를 도시한다.

표 1

| No-Flare (<C) |      | C           | M    | X   | Total(Non-Flare+Flare) |
|---------------|------|-------------|------|-----|------------------------|
|               |      | Flare Total |      |     |                        |
| MDI           | 2485 | 1675        | 719  | 102 | 4981                   |
|               |      | 2496        |      |     |                        |
| HMI           | 784  | 1168        | 368  | 40  | 2360                   |
|               |      | 1576        |      |     |                        |
| Training      | 1895 | 1596        | 705  | 102 | 4298                   |
|               |      | 2403        |      |     |                        |
| Test          | 1374 | 1247        | 382  | 40  | 3043                   |
|               |      | 1669        |      |     |                        |
| Total         | 3269 | 2843        | 1087 | 142 | 7341                   |
|               |      | 4072        |      |     |                        |

[0037]

[0039]

도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 태양 플레어 예측 모델을 도시한다. 인공 신경망(Artificial Neural Network), 특히 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network, CNN)은 널리 알려진 학습 알고리즘이므로 이에 대한 구체적인 설명은 생략하기로 한다.

[0040]

도 1을 참조하면, 인공 신경망 기반의 태양 플레어 예측 모델은 학습 데이터를 이용하여 인공 신경망(특히, CNN)을 학습함으로써 구축된다.

[0041]

구체적으로, 태양 플레어 예측 모델은 4 개의 모듈(module)로 구성되고, 각 모듈은 6 개의 컨볼루션 블록(convolutional block)을 포함한다. 각 컨볼루션 블록은 6 개의 컨볼루션 레이어(convolutional layer)를 갖고, 모듈 내의 모든 블록은 다른 블록과 직접 접속되어 있다. 본 발명에서는 구글사(Google)에 의해 개발된 TensorFlow를 통해 태양 플레어 예측 모델을 구축, 학습 및 테스트하였다. 이와 같은 태양 플레어 예측 모델은 다양한 변형 예가 가능하기 때문에 상술한 구성 및 동작에 본 발명의 권리 범위가 제한되지 않음은 자명하다.

[0042]

상술한 과정을 통하여 학습되고 검증된 태양 플레어 예측 모델은 예측을 위한 태양 전면 자기장 지도가 입력으로 주어진 경우, 태양 플레어의 발생 여부를 출력할 수 있다. 실시 예에 따라, 태양 플레어 예측 모델은 이진값을 예측 값으로 출력할 수 있다. 이때 이진값 "1"(또는 "0")은 태양 플레어가 발생할 것임을 의미할 수 있고, 이진값 "0"(또는 "1")은 태양 플레어가 발생하지 않을 것임을 의미할 수 있다.

[0043]

또한, 상기 태양 플레어 예측 모델의 출력값은 소정의 시간 구간 내(예컨대, 입력된 태양 자기장 지도의 생성 시점 또는 촬영 시점으로부터 24 시간 내)에 태양 플레어의 발생 여부를 의미할 수 있다.

[0045]

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 태양 플레어 예측 장치의 기능 블록도이다.

[0046]

도 2를 참조하면, 태양 플레어 예측 장치(10)는 데이터 수신 모듈(100), 학습 모듈(200), 검증 모듈(300) 및 예측 모듈(500)을 포함한다. 도 2에는 본 발명의 실시 예와 관련이 있는 구성 요소들만이 도시되어 있다. 따라서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 기술자라면 도 2에 도시된 구성 요소들 외에 다른 범용적인 구성 요소들이 더 포함될 수 있음을 알 수 있다.

[0047]

데이터 수신 모듈(100)은 태양 플레어 예측 모델의 학습 및/또는 검증에 사용될 데이터를 소정의 인터페이스를 통하여 수신할 수 있다. 실시 예에 따라, 데이터 수신 모듈(100)은 태양 플레어 예측 모델의 학습에 사용될 학습 데이터와 태양 플레어 예측 모델의 검증(테스트)에 사용될 테스트 데이터를 구분하여 수신할 수 있다. 이때, 학습 데이터는 태양 플레어 발생 여부에 관한 정보가 라벨링되어 있을 수 있다.

[0048]

다른 실시 예로, 데이터 수신 모듈(100)은 수신된 데이터를 소정의 기준에 따라 학습 데이터와 테스트 데이터로 분리할 수도 있다. 예컨대, 수신된 복수의 태양 자기장 지도들을 시간 순서에 따라 일정 비율로 분할함으로써 수신된 복수의 태양 자기장 지도들을 학습 데이터와 테스트 데이터로 분리할 수 있다.

- [0049] 또한, 데이터 수신부(100)는 각각이 수신된 데이터에 포함된 태양 전면 자기장 지도들 각각에 대응하는 태양 플레어 발생 정보와 태양 플레어의 발생 여부를 예측하기 위한 예측 대상 데이터(즉, 예측 대상 태양 전면 자기장 지도)를 수신할 수도 있다.
- [0050] 학습 모듈(200)은 데이터 수신부(100)에 의해 수신되거나 데이터 수신부(100)에 의해 생성된 학습 데이터 및/또는 태양 플레어 발생 정보를 이용하여 CNN 모델을 학습함으로써 태양 플레어 예측 모델을 생성할 수 있다. 예컨대, 학습 모듈(200)은 태양 전면 자기장 지도와 이에 대응하는 태양 플레어 발생 정보를 CNN 모델의 입력과 출력으로 사용하여 CNN 모델을 학습함으로써 태양 플레어 예측 모델을 생성할 수 있다.
- [0051] 검증 모듈(300)은 학습 모듈(200)에 의해 생성된 태양 플레어 예측 모델을 검증(테스트)할 수 있다. 구체적으로, 검증 모듈(300)은 데이터 수신 모듈(100)에 의해 수신되거나 데이터 수신 모듈(100)에 의해 생성된 테스트 데이터를 이용하여 예측 모델을 검증할 수 있다. 구체적으로, 검증 모듈(300)은 테스트 데이터에 포함된 각 태양 전면 자기장 지도를 학습된 태양 플레어 예측 모델에 입력하였을 때의 출력과 입력된 태양 전면 자기장 지도에 대응하는 태양 플레어 발생 정보를 비교함으로써 학습된 태양 플레어 예측 모델의 성능을 테스트할 수 있다.
- [0052] 예측 모듈(500)은 태양 플레어 예측 모델을 이용하여 데이터 수신 모듈(100)에 의해 수신된 예측 대상 데이터(예측 대상 태양 전면 자기장 지도)에 대한 결과를 출력함으로써 태양 플레어의 발생 여부를 예측할 수 있다. 예컨대, 예측 모듈(500)은 상기 예측 대상 데이터가 데이터 수신 모듈(100)로부터 수신된 경우, 상기 태양 플레어 예측 모델에 상기 예측 대상 데이터를 입력하고 그에 따른 결과를 출력함으로써 태양 플레어의 발생 여부를 예측할 수 있다.
- [0054] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 태양 플레어 예측 모델 생성 장치의 기능 블록도이다.
- [0055] 도 3을 참조하면, 태양 플레어 예측 모델 생성 장치(30)는 데이터 수신 모듈(100), 학습 모듈(200) 및 검증 모듈(300)을 포함한다. 도 3에는 본 발명의 실시 예와 관련이 있는 구성 요소들만이 도시되어 있다. 따라서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 기술자라면 도 3에 도시된 구성 요소들 외에 다른 범용적인 구성 요소들이 더 포함될 수 있음을 알 수 있다.
- [0056] 또한, 태양 플레어 예측 모델 생성 장치(30)에 포함된 데이터 수신 모듈(100), 학습 모듈(200) 및 검증 모듈(300)의 기능은 도 2에 도시된 태양 플레어 예측 장치(10)에 포함된 데이터 수신 모듈(100), 학습 모듈(200) 및 검증 모듈(300)의 기능과 동일하므로 이에 관한 기재는 생략하기로 한다.
- [0058] 도 2와 도 3에 도시된 태양 플레어 예측 장치(10)와 태양 플레어 예측 모델 생성 장치(30)의 구성들 각각은 기능 및 논리적으로 분리될 수 있음으로 나타내는 것이며, 반드시 각각의 구성이 별도의 물리적 장치로 구분되거나 별도의 코드로 작성됨을 의미하는 것이 아님을 본 발명의 기술분야의 평균적 전문가가 용이하게 추론할 수 있을 것이다.
- [0059] 또한, 본 명세서에서 "모듈"이라 함은, 본 발명의 기술적 사상을 수행하기 위한 하드웨어 및 상기 하드웨어를 구동하기 위한 소프트웨어의 기능적, 구조적 결합을 의미할 수 있다. 예컨대, 상기 모듈은 소정의 코드와 상기 소정의 코드가 수행되기 위한 하드웨어 리소스의 논리적인 단위를 의미할 수 있으며, 반드시 물리적으로 연결된 코드를 의미하거나, 한 종류의 하드웨어를 의미하는 것이 아니다.
- [0061] 도 4는 도 2에 도시된 태양 플레어 예측 장치 또는 도 3에 도시된 태양 플레어 예측 모델 생성 장치의 하드웨어 구성도이다. 이하의 설명은 태양 플레어 예측 장치를 중심으로 설명하지만, 태양 플레어 예측 모델 생성 장치에 적용될 수 있음은 자명하며, 본 발명이 속하는 기술 분야의 평균적인 지식을 가진 자라면 용이하게 변형이 가능할 것이다.
- [0062] 도 4를 참조하면, 태양 플레어 예측 장치(10)는 중앙 처리 장치(110), 워킹 메모리(130), 입출력 장치(150), 저장 장치(170), 및 시스템 버스(190)를 포함한다. 여기서, 태양 플레어 예측 장치(10)는 태양 플레어 예측을 수행하기 위한 전용 장치로 제공될 수도 있지만, 다양한 프로그램을 구동하기 위한 범용 컴퓨터로 구현될 수도 있다.
- [0063] 중앙 처리 장치(110)는 태양 플레어 예측 장치(10)에서 수행될 소프트웨어(응용 프로그램, 운영 체제, 장치 드라이버들 등)를 실행한다. 중앙 처리 장치(110)는 워킹 메모리(130)에 로드되는 운영 체제(OS, 미도시)를 실행할 수 있다. 중앙 처리 장치(110)는 운영 체제(OS) 기반에서 구동될 다양한 응용 프로그램들(Application Program)이나 예측 모델 등을 실행할 것이다. 예컨대, 중앙 처리 장치(110)는 워킹 메모리(130)에 로드되는 학

습 모듈, 검증 모듈 및 예측 모듈을 구동할 수 있다.

- [0064] 워킹 메모리(130)에는 운영 체제(OS)나 응용 프로그램들이 로드될 것이다. 태양 플레이어 예측 장치(10)의 부팅시에 저장 장치(170)에 저장된 OS 이미지(미도시)가 부팅 시퀀스에 의거하여 워킹 메모리(130)로 로드될 것이다. 운영 체제(OS)에 의해서 태양 플레이어 예측 장치(10)의 제반 입출력 동작들이 지원될 수 있다. 마찬가지로, 사용자에 의하여 선택되거나 기본적인 서비스 제공을 위해서 응용 프로그램들이 워킹 메모리(130)에 로드될 수 있다. 특히, 본 발명의 학습 모듈, 예측 모델, 검증 모듈, 예측 모듈이 워킹 메모리에 로드될 수 있다. 워킹 메모리(130)는 SRAM(Static Random Access Memory)이나 DRAM(Dynamic Random Access Memory)과 같은 휘발성 메모리이거나, PRAM, MRAM, ReRAM, FRAM, NOR 플래시 메모리 등과 같은 비휘발성 메모리일 수 있다.
- [0065] 워킹 메모리(130)에 로드되는 학습 모듈, 검증 모듈 및 예측 모듈의 구체적인 동작에 관하여는 구체적인 기재를 생략하기로 한다.
- [0066] 입출력 장치(150)는 사용자 인터페이스 장치들로부터의 사용자 입력 및 출력을 제어한다. 예컨대, 입출력 장치(150)는 키보드, 마우스, 터치 패드와 같은 입력 장치를 구비하여 태양 플레이어 예측에 필요한 파일이나 예측 모델 생성에 필요한 구성 정보를 입력받을 수 있다. 그리고, 입출력 장치(150)는 모니터 등의 출력 장치를 구비하여 태양 플레이어 예측 장치(10)의 예측 모델 생성, 예측 모델 검증, 및 예측 동작에서의 경과 및 처리 결과 등을 표시할 수 있다.
- [0067] 저장 장치(170)는 태양 플레이어 예측 장치(10)의 저장 매체(Storage Medium)로서 제공된다. 저장 장치(170)는 응용 프로그램들, 운영 체제 이미지(OS Image) 및 각종 데이터를 저장할 수 있다. 또한, 저장 장치(170)는 학습 모듈, 검증 모듈, 예측 모듈의 실행에 필요한 데이터 및 이들의 실행에 의해 생성된 예측 모델이나 생성된 데이터 등을 저장할 수 있다. 저장 장치(170)는 메모리 카드(MMC, eMMC, SD, MicroSD 등)나 하드 디스크 드라이브(HDD)로 제공될 수도 있다. 저장 장치(170)는 대용량의 저장 능력을 갖는 낸드 플래시 메모리(NAND-type Flash memory)를 포함할 수 있다. 또한, 저장 장치는 FRAM, MRAM, ReRAM, FRAM 등의 차세대 불휘발성 메모리나 NOR 플래시 메모리를 포함할 수도 있다.
- [0068] 시스템 버스(190)는 태양 플레이어 예측 장치(10)의 내부에서 네트워크를 제공하기 위한 인터커넥트로 제공될 수 있다. 시스템 버스(190)를 통해서 중앙 처리 장치(110), 워킹 메모리(130), 입출력 장치(150), 및 저장 장치(170)가 전기적으로 연결되고 상호 데이터를 교환할 수 있다. 하지만, 시스템 버스(190)의 구성은 상술한 설명에만 국한되지 않으며, 효율적인 관리를 위한 중재 수단들을 더 포함할 수도 있다.
- [0070] 도 5는 도 2에 도시된 태양 플레이어 예측 장치에서 수행되는 태양 플레이어 예측 방법을 설명하기 위한 흐름도이다. 도 5를 설명함에 있어, 앞선 기재와 중복되는 내용에 관하여는 그 기재를 생략하기로 한다.
- [0071] 도 2와 도 5를 참조하면, 태양 플레이어 예측 장치(10)의 데이터 수신 모듈(100)이 태양 플레이어 예측 모델(400)의 학습, 검증, 및 예측에 사용되는 데이터를 수신할 수 있다(S110).
- [0072] 다음으로, 태양 플레이어 예측 장치(10)의 학습 모듈(200)은 수신된 데이터에 포함된 학습 데이터를 이용하여 CNN 모델을 학습함으로써 태양 플레이어 예측 모델(400)을 생성할 수 있다(S130).
- [0073] 또한, 태양 플레이어 예측 장치(10)의 검증 모듈(300)은 수신된 데이터에 포함된 테스트 데이터를 이용하여 생성된 태양 플레이어 예측 모델(400)을 테스트할 수 있다(S150).
- [0074] 마지막으로, 태양 플레이어 예측 장치(10)의 예측 모듈(500)은 수신된 예측 대상 태양 전면 자기장 지도를 태양 플레이어 예측 모델(400)에 입력함으로써 태양 플레이어 발생 여부를 예측할 수 있다(S170).
- [0076] 도 6은 도 3에 도시된 태양 플레이어 예측 모델 생성 장치에서 수행되는 태양 플레이어 예측 모델 생성 방법을 설명하기 위한 흐름도이다. 도 6을 설명함에 있어, 앞선 기재와 중복되는 내용에 관하여는 그 기재를 생략하기로 한다.
- [0077] 도 3과 도 6을 참조하면, 태양 플레이어 예측 장치(30)의 데이터 수신 모듈(100)이 태양 플레이어 예측 모델(400)의 학습, 검증, 및 예측에 사용되는 데이터를 수신할 수 있다(S310).
- [0078] 다음으로, 태양 플레이어 예측 장치(30)의 학습 모듈(200)은 수신된 데이터에 포함된 학습 데이터를 이용하여 CNN 모델을 학습함으로써 태양 플레이어 예측 모델(400)을 생성할 수 있다(S330).
- [0079] 또한, 태양 플레이어 예측 장치(30)의 검증 모듈(300)은 수신된 데이터에 포함된 테스트 데이터를 이용하여 생성된 태양 플레이어 예측 모델(400)을 테스트할 수 있다(S350).

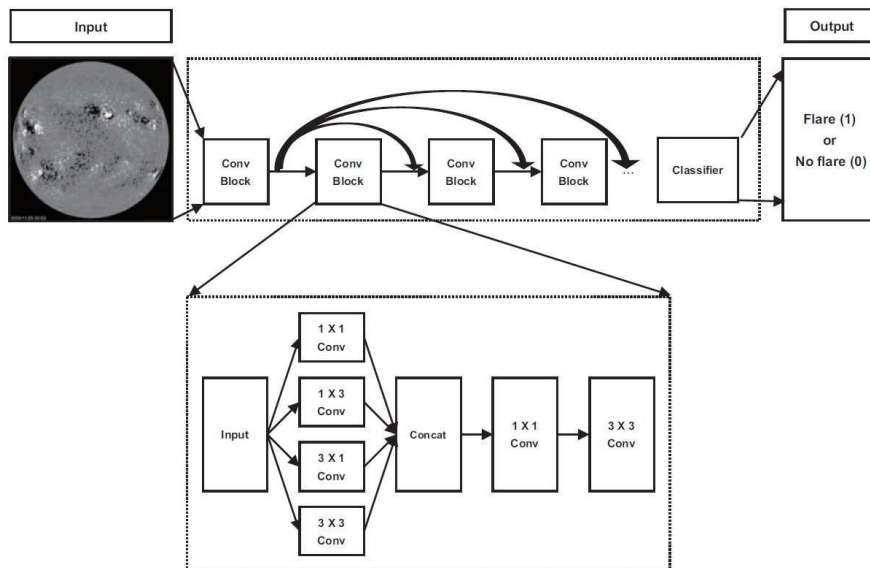
[0081] 본 발명은 도면에 도시된 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 등록청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

### 부호의 설명

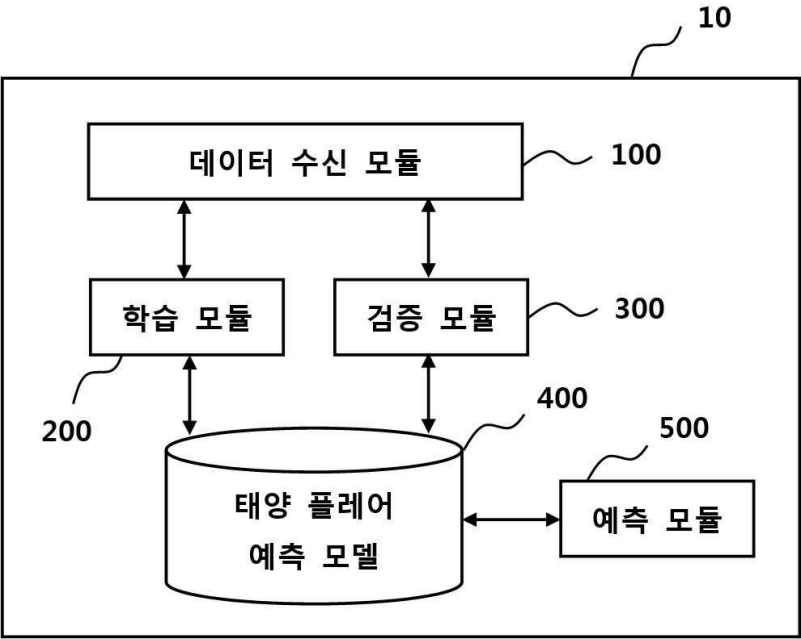
[0083] 10 : 태양 플레어 예측 장치  
 30 : 태양 플레어 예측 모델 생성 장치  
 100 : 데이터 수신 모듈  
 110 : 중앙 처리 장치  
 130 : 워킹 메모리  
 150 : 입출력 장치  
 170 : 저장 장치  
 200 : 학습 모듈  
 300 : 검증 모듈  
 400 : 태양 플레어 예측 모델  
 500 : 예측 모듈

### 도면

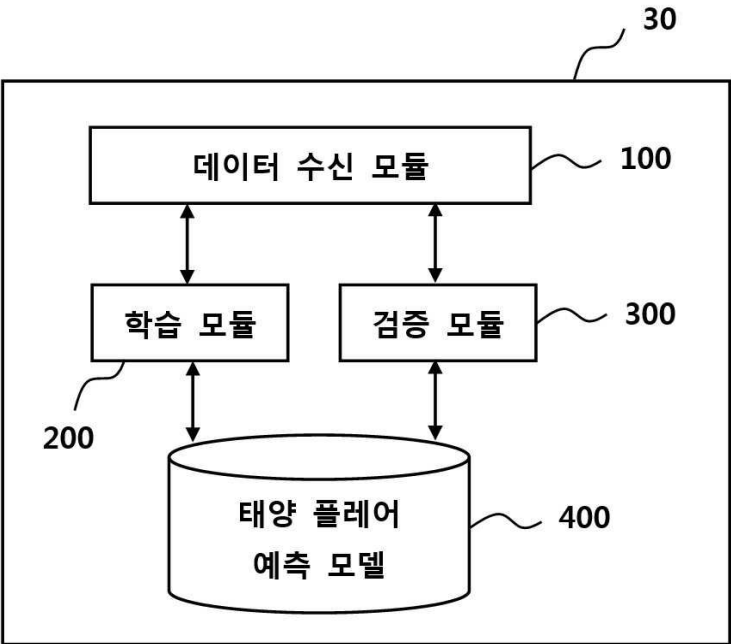
#### 도면1



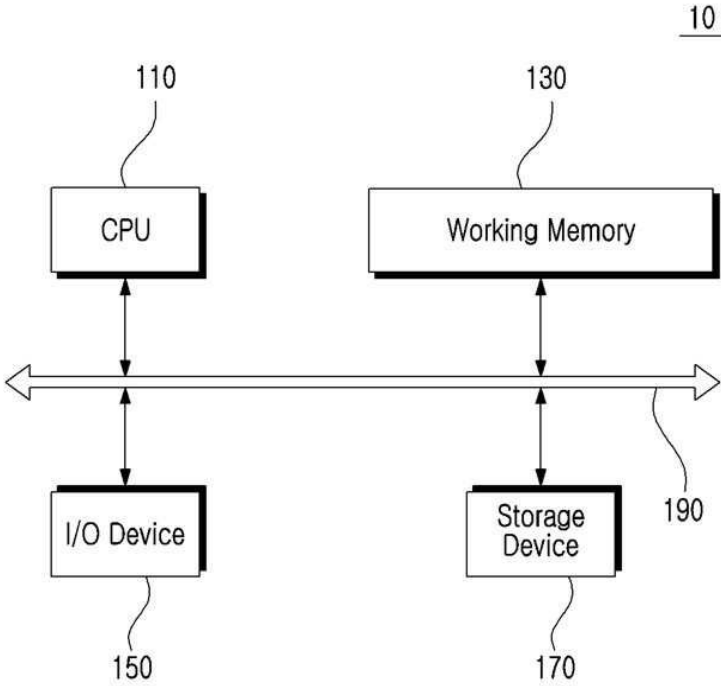
도면2



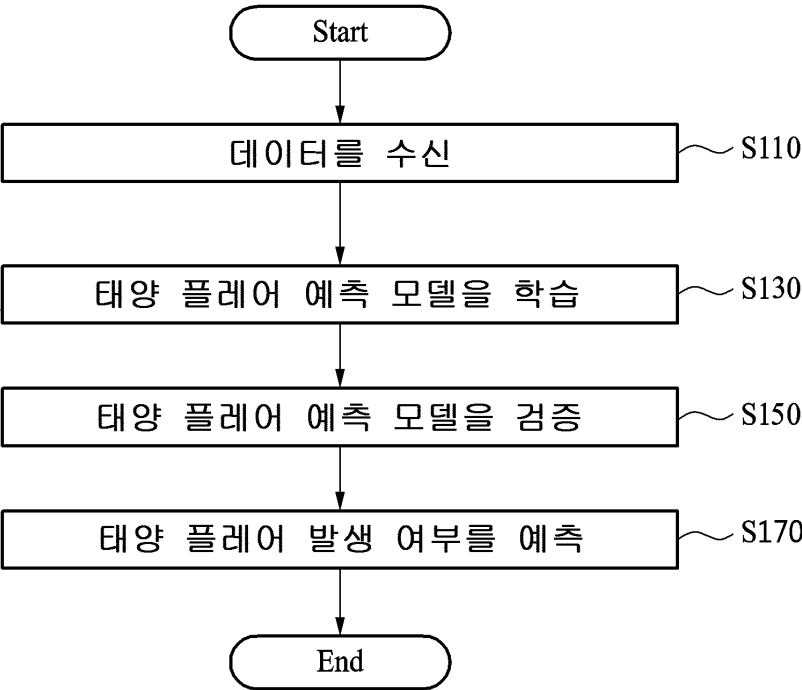
도면3



도면4



도면5



도면6

