



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년02월03일
 (11) 등록번호 10-1357434
 (24) 등록일자 2014년01월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G01W 1/16 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2009-7027252
 (22) 출원일자(국제) 2008년06월11일
 심사청구일자 2011년06월17일
 (85) 번역문제출일자 2009년12월28일
 (65) 공개번호 10-2010-0028579
 (43) 공개일자 2010년03월12일
 (86) 국제출원번호 PCT/IB2008/052296
 (87) 국제공개번호 WO 2008/152587
 국제공개일자 2008년12월18일
 (30) 우선권주장
 P 382624 2007년06월11일 폴란드(PL)
 P 385320 2008년05월30일 폴란드(PL)

(73) 특허권자
 유니버시티트 야기엘론스키
 폴란드 쿠라코프 피엘-31-007 울 콜레비아 24
 (72) 발명자
 쿠락 안드레이
 폴란드 피엘-31-044 쿠라쿠프 울 그로즈카 60/19
 쿠비츠 저지
 폴란드 피엘-31-044 쿠라쿠프 울 그로즈카 60/6
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 신정건, 김태홍

(56) 선행기술조사문헌
 A.P.Nickolaenko, et al., 'A modified technique to locate the sources of ELF transient events', Journal of Atmospheric and terrestrial Physics, vol. 56., no. 11, 1994, 1493-1498.
 A.V. Shvets, 'ELF Tomography of the World Thunderstorm Activity', Telecommunications and Radio Engineering, vol. 55, no. 8, 2001, 43-51.

전체 청구항 수 : 총 8 항

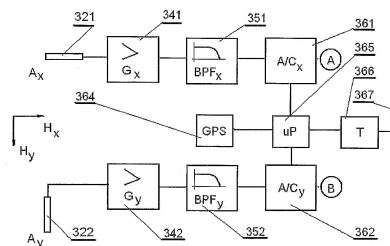
심사관 : 김홍래

(54) 발명의 명칭 실시시간으로 지구 표면의 폭풍 활동을 모니터링하기 위한 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 전기 스파크 방전에 의해 생성되며 지구 전리층 공진기에 유도되는 ELF 전자기 필드 신호들을 기록하고, 이 신호들을 지구 전리층 캐비티에서의 ELF 필드 공진 전파 모델들에 기초하여 스펙트럼 분석하며, 전기 스파크 방전의 거리 및 세기에 의존하는 특징부를 분리한 후, 데이터베이스 모델 파라미터들과 비교하는 단계를 포함한다. 최적 근사값으로서 선택된 모델 데이터에 의해 전기 스파크 방전의 위치 및 세기를 재구성할 수 있다. 전기 스파크 방전의 위치 및 세기를 재구성할 수 있는 장치에는, 서로 수직하며 NS 및 NW 방향을 따라 위치되며, 지면 상에 또는 그 지면 아래에 근접하게 배치되는 2 개의 유도성 자기 안테나(A_x , A_y)가 구비된다. 이 안테나(A_x , A_y)는 차폐된 와이어에 의해 블록 기록 관측 신호들과 접속된다. 블록은 2 개의 동일한 신호 경로 및 증폭기(G_x , G_y), 필터(BPF_x , BPF_y), 아날로그/디지털 컨버터(A/C_x , A/C_y) 및 제어 유닛(uP)을 가진다. 신호들은 ELF 신호들의 스펙트럼 분석의 알고리즘 및 소스 거리 및 세기 의존성을 가지는 특징부의 결정 알고리즘에 따라서 프로그래밍되는 전자 제어 유닛 PC에 송신된다.

대표도 - 도3b



(72) 발명자

미첵 스타니스라프

폴란드 피엘-30-014 쿠라쿠프 울 라이트스카 26/18

미칼렉 아담

폴란드 피엘-32-005 니폴로마이스 스타니앗키 울
스타니아텍카 266

니엑카라츠 제논

폴란드 피엘-32-084 모라비카 브로조스크비니아
238

오스트로프스키 마이클

폴란드 피엘-32-300 울쿠즈 울 주라즈카 23

지에바 스타니스라프

폴란드 피엘-30-347 쿠라쿠프 울 카펠란카 5/29

특허청구의 범위

청구항 1

폭풍(storm) 셀들의 대기에서의 전기적 스파크 방전들에 의해 유도되는 전자기 신호들을 분석함으로써 실시간으로 지구 표면 상의 폭풍 활동을 모니터링 하는 방법에 있어서,

지구 전리층 공진기에서 발생하는 ELF 전자기 필드 신호들을 기록하고, 이 신호들을 ELF 필드의 자기 성분의 상기 지구 전리층 공진기에서의 ELF 필드 공진 파라미터화된 전파 모델들에 기초하여 스펙트럼 분석하며,

상기 전기적 스파크 방전들의 거리 및 세기에 의존하는 특징부(feature)들의 세트를 상기 분석된 신호들의 모델의 파라미터들로부터 분리하여, 모델 파라미터 데이터베이스 내에 포함된 베이스 파라미터들과 비교하고,

상기 전기적 스파크 방전들의 거리 및 세기에 의존하는 특징부들에 최상으로 근사화된 것으로서 선택된 베이스 파라미터들은, 상기 전기적 스파크 방전들의 위치 및 세기의 매핑을 개발하는데 사용되는 것을 특징으로 하는 폭풍 활동 모니터링 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 전기적 스파크 방전들의 거리 및 세기에 의존하는 특징부들은, 상기 전기적 스파크 방전들의 위치 및 세기를 재구성하며 폭풍 소스의 맵 $[M_{(x,y)}]$ 이 그려지는 베이스를 형성하는 모델 파라미터 데이터베이스에 저장된 베이스 파라미터들(p_{ok} , f_{ok} , γ_{ok} 및 e_{ok})과 비교되는 관측 파라미터들(p_k , f_k , γ_k 및 e_k)인 것을

특징으로 하는 폭풍 활동 모니터링 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 전기적 스파크 방전들에 의해 유도되는 상기 ELF 전자기 필드 신호들은, 서로에 대하여 수직하게 배치되며 NS 및 EW 방향을 따라 상기 지구 표면 상에 또는 상기 지구 표면 아래에 근접하게 위치되는 2개의 능동형(active) 자기 유도 수평 안테나들(A_x , A_y)에 의해, 전계들의 국부적인 소스들이 없는 지구 존에서 기록되고, 그 후, 이 신호들을 180 Hz의 샘플링 주파수에서 증폭, 필터링 및 처리하여 디지털 관측 신호들(U_x , U_y)을 만들고, 이 디지털 관측 신호들을 전자 데이터 처리 유닛에 무선으로 송신하고, 상기 전자 데이터 처리 유닛에서는, 공진 곡선들과 정합되는 전력 스펙트럼(S_x , S_y) 및 이러한 스펙트럼의 파라미터를 생성함으로써 상기 신호들에 대한 스펙트럼 분석을 행하여 관측 파라미터들(p_k , f_k , γ_k 및 e_k)을 찾으며, 다음으로, 상기 관측 파라미터들(p_k , f_k , γ_k 및 e_k)을, 상기 지구 전리층 공진기 내의 ELF파 전파 모델의 정보로 생성되는 상기 모델 파라미터 데이터베이스에 저장된 베이스 파라미터들(p_{ok} , f_{ok} , γ_{ok} 및 e_{ok})과 비교하고, 그 후에, 베이스 파라미터들(p_{ok} , f_{ok} , γ_{ok} 및 e_{ok})로부터의 관측 파라미터들(p_k , f_k , γ_k 및 e_k)의 편차에 대하여 최소화 절차를 적용하여, 값들이 상기 관측 파라미터들(p_k , f_k , γ_k 및 e_k)에 최상으로 근사화되는, 베이스 파라미터들(p_{ok} , f_{ok} , γ_{ok} 및 e_{ok})을 선택하고,

상기 베이스 파라미터들(p_{ok} , f_{ok} , γ_{ok} 및 e_{ok})은 상기 전기적 스파크 방전들의 위치 및 세기를 재구성하고, 폭풍 소스의 맵 $(M_{(x,y)})$ 이 그려지는 베이스를 형성하는 것을 특징으로 하는 폭풍 활동 모니터링 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 지구 전리층 공진기에서 유도되는 ELF 전자기 필드 신호들을 기록한 후에, 상기 ELF 전자기 필드 신호들을 상기 지구 전리층 공진기 내의 ELF 필드 공진 전파 모델들에 기초하여 스펙트럼 분석을 행하고, 상기 특징부들로부터 소스 거리 및 세기 의존성들을 분리하여, 상기 모델 파라미터 데이터베이스에 저장된 베이스 파라미터들(p_{ok} , f_{ok} , γ_{ok} 및 e_{ok})과 비교하고, 관측 파라미터들(p_k , f_k , γ_k 및 e_k)의 최상의 근사값으로서

선택되는 베이스 파라미터들(p_{ok} , f_{ok} , γ_{ok} 및 e_{ok})은 상기 전기적 스파크 방전들의 위치 및 세기를 재구성하는 것을 특징으로 하는 폭풍 활동 모니터링 방법.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 ELF 전자기 필드 신호들은, 상기 지구 표면 상에 또는 그 아래에 근접하게 배치되는 서로 수직한 2 개 이상의 수평 안테나들로 국부적인 전계가 없는 지구준에서 기록되며, 상기 ELF 전자기 필드 신호들을, 일정한 샘플링 주파수로 증폭, 필터링 및 처리하여 디지털 관측 신호들을 만들고, 이 디지털 관측 신호들을 전자 데이터 처리 유닛에 무선으로 송신하며, 상기 전자 데이터 처리 유닛에서는, 상기 신호들을 파라미터가 생성되는 각 k번째 모드의 관측 파라미터들(p_k , f_k , γ_k 및 e_k)을 결정하기 위하여 상기 신호들의 스펙트럼 및 정합 공진 곡선들 뿐만 아니라 상기 스펙트럼의 파라미터를 생성하여 연속적으로 스펙트럼 분석을 행하고, 이어서 상기 관측 파라미터들(p_k , f_k , γ_k 및 e_k)을 상기 지구 전리층 공진기의 ELF파 전파 모델의 정보를 이용하여 생성되는 모델 파라미터 데이터베이스에 저장된 베이스 파라미터들(p_{ok} , f_{ok} , γ_{ok} 및 e_{ok})과 비교한 후, 베이스 파라미터들(p_{ok} , f_{ok} , γ_{ok} 및 e_{ok})로부터의 관측 파라미터들(p_k , f_k , γ_k 및 e_k)의 편차를 최소화하여, 가능한 한 상기 관측 파라미터들(p_k , f_k , γ_k 및 e_k)에 가까운 값으로 베이스 파라미터들(p_{ok} , f_{ok} , γ_{ok} 및 e_{ok})을 선택하고, 선택된 베이스 파라미터들(p_{ok} , f_{ok} , γ_{ok} 및 e_{ok})은 전기적 폭풍 방전들의 위치 및 세기를 재구성하고, 스스 맵의 생성을 허용하는 것을 특징으로 하는 폭풍 활동 모니터링 방법.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서, 전력 스펙트럼(S_x , S_y) 각각은,

$$S(\omega) = b + \frac{a}{\omega^\alpha} + \sum_{k=1}^K \frac{p_k \cdot [1 + e_k \cdot (\omega_k - \omega)]}{(\omega_k - \omega)^2 + (\Gamma_k)^2}$$

에 의해 표현되는 공진 곡선과 정합되는 것을 특징으로 하며,

여기서, $S(\omega)$ 는 정합된 전력 스펙트럼이고,

a는 백그라운드 컬러 노이즈를 설명하는 파라미터이고,

b는 백그라운드 브로드밴드 노이즈를 설명하는 파라미터이고,

α 는 컬러 노이즈의 스펙트럼 인덱스이고,

ω 는 레이트(맥동)이고,

p_k 는 k번째 공진 피크의 최대 전력값이고,

e_k 는 k번째 공진 피크의 비대칭 파라미터이고,

ω_k 는 $2\pi f_k$ 와 동일한 k번째 공진 피크의 공진 레이트이고,

Γ_k 는 k번째 공진 피크의 절반폭인 것을 특징으로 하는 폭풍 활동 모니터링 방법.

청구항 7

안테나들, 관측 신호들을 기록하는 블록, 무선 송신 시스템 및 전자 데이터 처리 유닛을 구비하며, 실시간으로 지구 표면 상의 폭풍 활동을 모니터링하는 장치에 있어서,

상기 안테나들은, NS 및 EW 방향에 따라 그리고 서로에 대하여 수직으로 위치되고, 상기 지구 표면 상에 또는

상기 지구 표면 아래에 근접하게 위치되며, 차폐된 와이어를 통하여 상기 관측 신호들(H_x , H_y)을 기록하는 블록에 접속되며, 증폭기(G_x , G_y), 필터(BPF_x , BPF_y), 아날로그/디지털 컨버터(A/C_x , A/C_y) 및 시스템 수신기를 통하여 GPS 시간과 클럭이 동기화되는 제어 시스템(μP)에 대하여 2개의 동일한 신호 경로들을 포함하는 2 개의 능동형(active) 자기 유도 안테나(A_x , A_y)들이며,

상기 전자 데이터 처리 유닛은, ELF 신호들의 스펙트럼 분석에 적용하는 알고리즘 및 폭풍 방전 소스들의 거리 및 세기에 의존하는 특징부 결정 알고리즘에 따라서 처리되는 것을 특징으로 하는 폭풍 활동 모니터링 장치.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 관측 신호들을 기록하는 블록은 아날로그/디지털 컨버터에서 처리되는 데이터를 송신하는 송신 안테나에 접속되며, 상기 관측 신호들을 기록하는 블록에 접속된 송신 안테나와 통신하는 수신 안테나에 카운팅 유닛이 접속되는 것을 특징으로 하는 폭풍 활동 모니터링 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명의 주제는 폭풍 중심(storm-centre) 활동을 원격 측정하고 폭풍 중심의 위치를 결정하기 위하여 실시간으로 사용되는 지구 표면에서의 폭풍 활동을 모니터링하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다. 폭풍 활동을 모니터링하는 것은 항공 수송 및 해양 수송의 안전과 관련되어 있으며 기상 예보에서의 중요한 역할을 수행한다.

배경기술

[0002] 현재, 뇌운(thundercloud) 내에, 구름들 사이에 및/또는 구름과 지면(ground) 사이에 발생하는 대기의 전기 스파크 방전을 기록하는 몇가지 방법들이 존재한다.

[0003] 폭풍 활동을 모니터링하는 제 1 방법은, 전술한 바와 같이, 뇌운 내에, 구름들 사이에 및/또는 구름과 지면 사이에 발생하는 번개의 광학 위성 관측에 기초한다. 이 방법은 위성에 탑재되는 기구들에 의해 직접 관측되는 영역으로부터의 상세한 정보를 제공한다. 관측된 존은, 지구 표면의 작은 부분에 불과한 약 10^5 km^2 를 커버한다. 광범위하게 확장된 위성 네트워크를 가지는 궤도 관측 시스템조차도 신뢰성있는 폭풍 활동의 글로벌 모니터링 시스템을 보장할 수 없다.

[0004] 폭풍을 트래킹하는 제 2 방법은, 대기에서 전기 스파크 방전 동안에 발생하는, VLF, HF 및 VHF 무선 주파수 내의 전자기 신호의 검출과 관련있다. 이 방법에 의해 방전 세기 및 방전 위치를 산정할 수 있다. 그러나, 이 방법의 단점은, 이러한 주파수들 내에서, HF 대의 경우는 수백 킬로미터 그리고 VLF 대의 경우는 수천 킬로미터까지의 거리로 신호들의 통달 거리가 제한된다는 점이다. 관측소들을 이용하여 관측할 수 있는 넓은 영역들을 커버하기 위해서는 밀도 높은 추적 관측소 네트워크가 필요하다. 현재, 가장 발전된 모니터링 시스템은 VLF 주파수 대와 HF 주파수 대에 동시에 등록된 신호들을 분석한다. 이 시스템은 고도로 발전한 국가에서만 운동되고 있으므로, 지구 표면의 작은 비율만을 커버한다.

[0005] 제 3 방법은 VLF 대의 신호들만을 추적하는 것에 기초한다. 1개의 관측소가 커버하는 통달거리는 최대 1000 킬로미터이다. 현재, 월드 시스템은 27개의 측정 관측소에 기초한다.

[0006] 초저 주파수(ELF: extremely low frequency)의 전자기 필드 신호들의 전파는, 「“Studies of ELF propagation in the spherical shell cavity using a field decomposition method based on asymmetry of Schumann resonance curves”, Journal of Geophysical Research, Vol.111, A10304, doi:10.1029/2005JA011429, 2006」이라는 명칭의 논문에 게재된 연구 결과 간행물(폴란드 크라코우(Krakow)시에 소재하는 Jagiellonian 대학의 과학자가 수행한 연구)에서 알 수 있다. 이 논문에 게재된 명제에 따르면, 관측된 ELF 스펙트럼에서의 최대 공진 주파수의 곡선 비대칭성 및 가변성은, 소스들로부터 벗어나는 파의 필드로 공진 모드들을 생성하는, 정재파 필드의 중첩으로부터 생긴다. 해결할 과제는, 두 개의 필드의 성분들을 분리시키고, 이들을 공진기에서 독립적으로 측정할 수 있는지 여부에 관한 것이었다. 이러한 논제에 대한 새로운 접근 방법이 제안되었고, 이 접근 방법은 1 개의 안테나로 전체 또는 자계의 성분을 관측함으로써 획득되는 단일 스펙트럼 또는 스펙트럼 비대칭성을 측정하는 데 있다. 이 접근 방법에서는, 공진기의 어떤 지점에서의 신호 스펙트럼이, 공진 성분 필드에 관련된 대칭 부분 및 진행파 필드에 관련된 비대칭 부분을 포함한다고 가정하였다. 필드 성분의 전력 스펙트럼

$|a(\theta, f)|^2$ 은 아래의 식을 이용하여 결정된다.

$$|a(\theta, f)|^2 \approx \sum_{k=1}^K \frac{p_k(\theta) \cdot [1 + e_k(\theta) \cdot (f - f_{rk}^*)]}{(f - f_{rk}^*)^2 + (\gamma_k^*)^2}$$

[0007]

[0008]

[0009]

이 식에 의해 공진기의 어떤 지점으로부터 단일의 진행파 소스까지의 근사 거리 θ 를 결정할 수 있다.

상술된 대기 방전 관측 방법은, 관측 기지를 상당수 확장한다고 가정하는 경우에도, 지구 전체 표면에 걸쳐서 폭풍 활동의 글로벌 모니터링을 가능하게 하지는 못한다. 또한, 상술된 방법들 중 어느 것도 대기에서의 전기 스파크 방전을 100% 검출하는 효율을 보장하지는 못한다. 언급된 방법들의 유효성은, 적용된 방법 및 사용되는 신호 분석 알고리즘들에 따라서, 60 퍼센트 내지 80 퍼센트인 것으로 일반적으로 추정된다.

발명의 상세한 설명

[0010]

본 발명의 목적은 지구의 전체 표면에 걸쳐서 폭풍 활동을 글로벌 모니터링하기 위한 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

[0011]

본 발명에 따른 폭풍 활동 모니터링 방법은, 상술된 방법들과 유사하게, 폭풍 셀들의 대기에서의 전기 스파크 방전에 의해 유도되는 전자기 신호들의 분석에 기초한다. 본 발명의 개념은 지구 전리층 공진기(Earth-ionosphere resonator) 내에 유도되는 ELF(Extremely Low Frequency) 전자기 필드 신호들을 기록한 후, 지구 전리층 공진기 내의 ELF 필드에 관한 공진 전파 모델에 기초하여, 스펙트럼 분석을 행하는 것이다. 다음으로, 전기 스파크 방전의 위치와 안테나 사이의 거리 즉, 소스 거리 및 세기에 따라 특징부(feature)들을 분리하고 모델 데이터베이스의 파라미터들과 비교한다. 최적으로 근사화된 베이스 파라미터 세트에 의해 이러한 소스들의 위치 및 세기가 식별된다. 분석은 실시간으로 수행될 수 있고, 그 결과는 폭풍 활동 맵의 형태로 나타낼 수도 있다.

[0012]

ELF 필드 내의 파 공진 전파(wave resonance propagation)의 특별한 성질로 인해, 단일 디바이스는 지구의 대기에서의 모든 전기 스파크 방전으로부터 생기는 신호들을 기록할 수 있으며, 이 등록된 신호들은 최대 10,000 km 거리의 폭풍 활동 맵을 명확하게 준비하는 것을 가능하게 한다. 여러 대륙들에 위치되는 일부 디바이스들을 이용함으로써, 폭풍 활동을 글로벌 스케일로 지리적 좌표에 뚜렷하게 영상화시킬 수 있다.

[0013]

바람직하게, ELF 전자기 필드 신호들은, 서로에 대하여 수직으로 배열되고, 지표면 상에 또는 그 지표면 아래에 근접하게 위치되며, NS 및 EW 방향을 따라 배치되는, 2 개의 수평 자기 안테나를 이용하여 국부적인 전계 소스들이 없는 존들에 기록된다. 상기 신호들을 예를 들어 180 Hz의 샘플링 주파수에서 증폭, 필터링 및 프로세싱하여 디지털 관측 신호들을 만들고, 이 디지털 관측 신호들을 전자식 데이터 처리 유닛에 무선으로 송신하고, 이 전자 데이터 처리 유닛에서, 상기 신호들을 스펙트럼 분석한다. 그 후, 생성된 신호 전력 스펙트럼을 공진 곡선들과 정합시켜, 이 스펙트럼들의 파라미터를 생성한다. 다음으로, 이러한 파라미터들을 지구 전리층 공진기 또는 동굴 또는 도파관에서의 ELF파 전파 모델의 정보에 의해 생성된, 모델 데이터베이스에 저장되는 베이스 파라미터들과 비교한다. 이러한 베이스 파라미터들로부터 관측 파라미터들의 편차를 최소화하는 절차를 이용하여, 값들이 최적으로 근사화되는, 베이스 파라미터들의 세트에 대하여 선택이 행해진다. 베이스 파라미터들의 세트는, 대기의 전기 스파크 방전이 발생하는 폭풍 소스들의 위치 및 세기를 재구성한다. 베이스 파라미터들의 세트에 기초하여, 소스들의 맵을 준비할 수 있다.

[0014]

전력 스펙트럼(S_x, S_y) 각각에 대한 파라미터화를 수행하기 위하여, 아래의 식을 이용하여 공진 곡선들을 정합시키는 방법이 제시된다.

$$S(\omega) = b + \frac{a}{\omega^a} + \sum_{k=1}^K \frac{p_k \cdot [1 + e_k \cdot (\omega_k - \omega)]}{(\omega_k - \omega)^2 + (\Gamma_k)^2}$$

[0015]

[0016]

[0017]

여기서, $S(\omega)$ 는 정합된 전력 스펙트럼이고,

a는 백그라운드 컬러 노이즈를 설명하는 파라미터이고,

[0018] b는 백그라운드 브로드밴드 노이즈를 설명하는 파라미터이고,

[0019] α 는 컬러 노이즈의 스펙트럼 인덱스이고,

[0020] ω 는 레이트(맥동)이고,

[0021] p_k 는 k번째 공진 피크의 최대 전력값이고,

[0022] e_k 는 k번째 공진 피크의 비대칭 파라미터이고,

[0023] ω_k 는 $2\pi f_k$ 와 동일한 k번째 공진 피크의 공진 레이트이고,

[0024] Γ_k 는 k번째 공진 피크의 절반폭이다.

[0025] 본 발명의 또 다른 아이디어는, 실시간으로 지구 표면 상의 폭풍 활동을 모니터링하는 장치이며, 상기 장치에는 NS 및 EW 방향에 따라 서로 대하여 수직하며, 지표면 상에 또는 그 지표면 아래에 근접하게 배치되며, 2 개의 동일한 신호 경로를 가진 블록 기록 관측 신호에 차폐된 와이어들에 의해 서로 연결되는 2개의 유도성을 가지며 능동적인 자기 안테나, 증폭기, 필터, 아날로그/디지털 변환기 및 제어 시스템이 구비되고, 상기 제어 시스템의 클럭은 시스템 수신기를 통하여 GPS 시간과 동기화되고, 상기 전자 데이터 처리 유닛은 ELF 신호의 스펙트럼 분석에 적용된 알고리즘 및 폭풍 방전 소스의 거리 및 활동에 의존하는 특징부를 결정하는 알고리즘에 따라서 프로그래밍된다.

[0026] 바람직하기로는, 블록 기록 관측 신호들은, 아날로그/디지털 변환기에서 처리되는 데이터를 송신하는 송신 안테나에 연결되는 반면에 카운팅 유닛은 블록 기록 관측 신호들에 연결되는 송신 안테나와 통신하는 수신 안테나에 연결된다.

실시예

[0032] 이제, 본 발명을 첨부 도면들을 참조하여 예를 들어 설명한다.

[0033] 도면들에 제공되는 실시형태들은 예시적인 목적을 위해서만 의도되며, 첨부되는 청구항들에 의해 규정되는 바와 같이 본 발명의 범위를 제한하지는 않는다.

[0034] 본 발명에 따른 솔루션을 지구 표면 상의 폭풍 중심 활동 및 그 위치에 대한 원격 측정에 사용되는 폭풍 활동 모니터링 장치의 일례로서 제공되는, 실시간으로 지구 표면 상의 폭풍 활동을 모니터링하는 장치가 도 1 내지 도 5에 도시된다. 동일한 기능들을 수행하는 장치의 구성요소들 또는 유닛들은, 동일한 넘버링으로 또는 단지 첫 번째 숫자와 다른 마크로 모든 도면들에서 마킹되며, 상기 첫 번째 숫자는 특정 도면 및 그 번호에 할당된다.

[0035] 도 1은 폭풍 중심(101)을 가진 지구(100)를 개략적으로 나타낸다. 폭풍 중심은 에어 캐비티(104)(이하에서는, 이것을 지구 전리층 공진기, 또는 지구 전리층 캐비티라고도 부른다)에서 ELF 전자기 필드 신호들을 생성하고, 그 신호들은 지구 전리층 캐비티(104) 내의 모든 방향으로 전파되는 ELF 전자기파(102 및 103)이다. 도 1에서는, 특히 전리층(105)과 지면(106) 사이에 생성되는 에어 캐비티(104)에서 반시계방향으로 전파되는 제 1 전자기파(102) 및 시계방향으로 전파되는 제 2 전자기파(103)를 생성하는 단일 대기 전기 스파크 방전(109)을 나타낸다. 이러한 파들은 서로 복수회 간섭하면서 지구를 회전하고, 또한 서로에 대하여 수직인 적절한 위치에 배열되는 수신 안테나(110, 120)에 도달한다. 폭풍 중심(101)에 의해 생성되는 파들의 간섭으로 인해, 특정 주파수의 파들이 약해지고, 이러한 방식으로 일련의 공진 피크들이 생성된다.

[0036] 도 2는 실시간으로 지구 표면 상의 폭풍 활동을 모니터링하는 방법의 흐름도를 개략적으로 나타낸다. 제 1 단계 211에서, 전기 스파크 방전에 의해 생성되는 전자기 필드의 H_x , H_y 성분은 2 개의 자기 안테나에 의해 등록되는 신호들을 생성한다. 단계 212에서, 이러한 신호들을 동일하게 스펙트럼 분석 처리하여, 그 결과, 전력 스펙트럼(S_x 및 S_y)이 생성된다. 지구 전리층 캐비티에서의 ELF 신호 전파의 공진 특성으로 인해, 상기 스펙트럼은 후속 전파 극대점(maxima)과 연관되는, 일련의 공진 피크의 형상을 취한다. 단계 213에서, 각 전력 스펙트럼(S_x 및 S_y)은 이후에 상세히 기술되는 특정 공식에 의해 기술되는, 공진 곡선들과 정합된다. 정합 절차의 결과는 스펙트럼들을 파라미터화하는 것이다. 스펙트럼들(S_x 및 S_y) 각각은 관측 파라미터(p_k , f_k , ω_k 및 e_k)의 세트

에 할당된다. 단계 214에서, 각 신호에 대한 파라미터들의 세트는, 모델 파라미터 데이터베이스 B에 저장되는, 베이스 파라미터(p_{ok} , f_{ok} , γ_{ok} 및 e_{ok})와 비교된다. 비교 시스템의 작업은 베이스 파라미터(p_{ok} , f_{ok} , γ_{ok} 및 e_{ok})의 세트를 선택하는 것이며, 그 베이스 파라미터의 값들은 가능한 한 관측 파라미터(p_k , f_k , γ_k 및 e_k)의 세트에 근접한다. 이를 위하여, 베이스 파라미터(p_{ok} , f_{ok} , γ_{ok} 및 e_{ok})로부터 관측 파라미터(p_k , f_k , γ_k 및 e_k)의 편차(deviation)를 최소화하는데 이용되는, 이용가능한 최소화(minimisation) 절차들 중 하나를 적용한다. 모델 파라미터 데이터베이스 B는, 예를 들어 대기에서 관측된 전기 스파크 방전의 확인 이후에, 단계 215에서 지구 전리층 캐비티에서의 ELF와 전파 모델 정보의 애플리케이션에 의해 구성된다. 관측자 즉, 안테나들과 소스 즉, 전기 스파크 방전 사이의 각 거리에 대한 그리고 각 방전 세기에 대한 베이스 파라미터들의 특징 세트가 존재하므로, 베이스 파라미터들(p_{ok} , f_{ok} , γ_{ok} 및 e_{ok})의 세트에 관측 파라미터들(p_k , f_k , γ_k 및 e_k)의 세트를 할당하여 소스 위치들 및 이들의 세기를 매핑할 수 있다. 단계 216에서, 소스들의 맵을 준비한다. 획득된 맵의 해상력은, 신호 분해의 단계 213에서 획득되는 스펙트럼 관측 파라미터(p_k , f_k , γ_k 및 e_k)의 수 및 측정에 수반되는 로컬 노이즈의 레벨에 엄격하게 의존한다. 관측 파라미터들(p_k , f_k , γ_k 및 e_k)은, 전기 스파크 방전의 위치 및 세기를 재구성하는 것을 돕고, 폭풍 소스들의 맵[$(M_{(x,y)})$]을 그릴 수 있는 베이스를 형성하는 것을 돕는 전기 스파크 방전의 거리 및 세기에 의존하는 특징부(feature)이다. 맵 모호성은 필드 분포의 베이스 세트의 형태에 엄격하게 의존하는데, 즉, 맵 모호성은 가정된 전파 모델의 파생물이다.

[0037] 도 3a에 개략적으로 도시되며, 에어 캐비티 내에 생성되는 ELF 전자기 필드(301)는, H_x , H_y , H_z 의 성분을 가지며, 이들 중에서 H_x 및 H_y 성분은 서로에 대하여 이상적으로 수직이며, 국부적인 전기 필드 소스들이 없는 지구 존에 배치되는, 2개의 수신용 수평 지향성 안테나[$A_x(321)$ 및 $A_y(322)$]에 의해 수신된다. 안테나 $A_x(321)$ 및 안테나 $A_y(322)$ 는, 일반적으로 1cm의 코어 단면적에 대하여 예를 들어 1m의 길이의 유도성을 가지며 능동적인 자기 안테나이다. 바람직하기로는, 안테나 $A_x(321)$ 및 안테나 $A_y(322)$ 는, 외부 전기 필드가 만약 있다면, 그 외부 전기 필드에 대하여 스크린되며, 통상적으로 NS 및 EW 방향에 따라서, 지면(106) 상에 또는 이 접지면(106) 아래에 근접하게 배치된다. ELF 전자기 필드(301)로 인하여, 신호[$U_x(331)$ 및 $U_y(332)$]는 지향성 수신 안테나[$A_x(321)$ 및 $A_y(322)$]에 생성된다.

[0038] 상기 신호들[$U_x(331)$ 및 $U_y(332)$]은, 지구 전리층 도파관 또는 지구 전리층 캐비티 내에, 간단히 말해서, 에어 캐비티 내에서 ELF 필드의 공진 전파 모델들에 기초하여 스펙트럼 분석되기 이전에, 소스의 거리 및 세기에 의존하는 특징부를 분리하고, 지향적인 자기 수신 안테나[$A_x(321)$ 및 $A_y(322)$]에서 생성되는 상기 신호들[$U_x(331)$ 및 $U_y(332)$]을, 도 3b 및 도 3c에 도시된 바와 같이, 2개의 동일한 처리 경로, 바람직하기로는 별개의 경로들 상에 관측 신호들을 기록하는 블록에 즉, 브로드밴드 저노이즈 증폭기[$G_x(341)$ 및 $G_y(342)$]의 입력부에 예를 들어 100m의 길이의 차폐된 와이어들에 의해 송신하여, 증폭한 이후에, 이들 신호를 예를 들어 1 Hz 내지 60 Hz의 통과 대역을 가진 로 패스 엔티앨리어싱 필터[BPF $_x(351)$ 및 BPF $_y(352)$]에 통과시키고, 다음으로 제어 시스템 uP(365)에 연결되는 16비트 아날로그/디지털 컨버터[A/C $_x(361)$ 및 A/C $_y(362)$]에서, 아날로그 형태에서 디지털 형태로 프로세싱한다. 신호의 샘플링은 예를 들어 180 Hz의 주파수로 아날로그/디지털 컨버터[A/C $_x(361)$ 및 A/C $_y(362)$]에서 동시에 수행된다. 위 및 아래에 기술된 2개의 블록을 가진 장치에는 GPS 수신기(364)가 구비되며, 상기 GPS 수신기(364)로 인하여 제어 시스템 클록은 GPS 시간과 동기화된다. 그 후, 디지털 신호[$U_x(331)$ 및 $U_y(332)$]는 인코딩되어 아날로그/디지털 컨버터에서 처리되는 데이터를 송신하는 안테나 T(367)를 가진 저전력 무선 송신 시스템(366) 또는 도파관 라인으로 향하게 된다. 또한, 또 다른 솔루션은, 디지털 신호[$U_x(331)$ 및 $U_y(332)$]를 추가적인 분석을 위하여 제어 시스템 예를 들어, 통신 링크들을 이용하는 PC에 송신할 수 있는 경우에 이용할 수 있게 된다. 그러나, 이러한 솔루션에 대하여, 측정 경로들에 노이즈를 도입할 위험이 발생할 수 있다. 도 3b에 제공된 바람직한 솔루션에서, 지금까지 기술된 모든 장치 블록들은 전기 라인들에 떨어져서 위치되고, 자동 전원 소스로부터 전력 공급되는 반면에 상술된 바와 같이, 카운팅 유닛 예를 들어, PC에 신호들

을 송신하는 것은 무선 통신 또는 광에 의해 발생한다.

[0039] 제공된 실시예에서, 디지털 신호[$U_x(331)$ 및 $U_y(332)$]는 안테나들로부터 수 킬로미터 예를 들어, 3 내지 10 킬로미터 떨어져 위치되며 수신 안테나(377)가 구비되는 무선 수신 시스템(376)에 의해 수신된 후, 디코딩되어 카운팅 유닛(375) 예를 들어 메인장치(mains)으로부터 공급되는 PC로 전송된다. 전자식 처리 시스템인 상기 카운팅 유닛(375)은, ELF 신호 스펙트럼 분석의 알고리즘 및 폭풍이 방전하는 전기 스파크 소스의 거리 및 활동에 의존하는 특징부를 결정하는 것에 관한 알고리즘에 따라서 프로그래밍된다. 카운팅 유닛(375)에서는, 디지털 신호들[$U_x(331)$ 및 $U_y(332)$]을 동일하게 스펙트럼 분석 처리하여 관측 신호[$U_x(231)$ 및 $U_y(232)$]의 전력 스펙트럼(S_x, S_y)을 생성하고, 블록들[DFT $_x(371)$ 및 DFT $_y(372)$]에서 푸리에 변환을 이용하여 상기 전력 스펙트럼과 공진 곡선들을 정합시킨다. 지구 전리층 캐비티에서의 ELF 관측 신호 전파의 공진 특성으로 인하여, 상기 스펙트럼은 표 1에 그리고 도 4의 그래프 형태로 제공되는 바와 같이, 연속적인 전파 극대점에 접속되는 공진 피크 시리즈 또는 피크들(411, 412 및 413)의 형태로 이루어진다.

[0040] 표 1

모드 수 k	모드 주파수 f	모드 전력 p	모드 이심률 e	모드 폭 Γ
1	f_1	p_1	e_1	γ_1
2	f_2	p_2	e_2	γ_2
3	f_3	p_3	e_3	γ_3
4	f_4	p_4	e_4	γ_4
...
a				
b				
α				

[0041] 다음 스테이지에 있어서, 정합 블록[D $_x(381)$ 및 D $_y(382)$]에서, 이하의 식으로 표현되는 이하의 식으로 표현되는 공진 곡선들은 전력 스펙트럼 S_x 및 S_y 각각과 정합된다.

[0042]
$$S(\omega) = b + \frac{a}{\omega^\alpha} + \sum_{k=1}^K \frac{p_k \cdot [1 + e_k \cdot (\omega_k - \omega)]}{(\omega_k - \omega)^2 + (\Gamma_k)^2}$$

[0043] 여기서, $S(\omega)$ 는 정합된 전력 스펙트럼이고,

[0044] a는 백그라운드 컬러 노이즈를 설명하는 파라미터이고,

[0045] b는 백그라운드 브로드밴드 노이즈를 설명하는 파라미터이고,

[0046] α 는 컬러 노이즈의 스펙트럼 인덱스이고,

[0047] ω 는 레이트(맥동)이고,

[0048] p_k 는 k번째 공진 피크의 최대 전력값이고,

[0049] e_k 는 k번째 공진 피크의 비대칭 파라미터이고,

[0050] ω_k 는 $2\pi f_k$ 와 동일한 k번째 공진 피크의 공진 레이트이고,

[0051] Γ_k 는 k번째 공진 피크의 절반폭이다.

[0052] 상기 식은 「“Studies of ELF propagation in the spherical shell cavity using a field decomposition method based on asymmetry of Schumann resonance curves”, Journal of Geophysical Research, Vol. 111,

A10304, doi:10.1029/2005JA011429, 2006」이라는 명칭의 논문으로부터, 백그라운드 컬러 노이즈를 기술하는 파라미터, 백그라운드 브로드밴드 노이즈를 기술하는 파라미터 및 컬러 노이즈 스펙트럼 인덱스를 이용하여 이를 완성한 이후에, 채택되었다. 백그라운드 컬러 노이즈를 기술하는 파라미터 a, 백그라운드 브로드밴드 노이즈를 기술하는 파라미터 b, 및 컬러 노이즈 스펙트럼 인덱스 α 를 부가하는 것이 바람직한데, 그 이유는, 관측된 바와 같이, 관측된 백그라운드에 곡선들을 정합시키는것에 대한 품질을 향상시키고, 맵 생성에 필요한 스펙트럼 파라미터 결정의 정밀도를 증가시키기 때문이다. 파라미터 a 및 b 뿐만 아니라 인덱스 α 가 결정되지만 맵 생성에는 사용되지 않음을 강조해야 한다.

[0054] 정합 절차의 이용 결과로서, 파라미터화 블록[Param_x(391) 및 Param_y(392)]에서 발생하는 스펙트럼 파라미터화가 지속된다. 각 스펙트럼 S_x 및 S_y에 대하여, 4개의 커런트(current) 관측 파라미터(p_k, f_k, γ_k 및 e_k)는 파라미터화가 수행되는 각각의 k번째 모드에 기인한다. 다음 스테이지에서, 신호들(U_x 및 U_y) 각각의 이러한 4 개의 관측 파라미터(p_k, f_k, γ_k 및 e_k)는, 비교기(396)에서 지구 전리층 캐비티 내의 ELF파 전파의 정보에 기초하여 생성되는 모델 파라미터 데이터베이스 B(390)에 저장되는 베이스 파라미터(p_{ok}, f_{ok}, γ_{ok} 및 e_{ok})의 세트와 비교된다. 비교기(396)의 작업은 관측 파라미터(p_k, f_k, γ_k 및 e_k)의 세트에 가장 가까운 값들의 베이스 파라미터들(p_{ok}, f_{ok}, γ_{ok} 및 e_{ok})의 세트를 선택하는 것이다. 이를 위하여, 파라미터들(p_{ok}, f_{ok}, γ_{ok} 및 e_{ok})로부터 파라미터들(p_k, f_k, γ_k 및 e_k)의 편차를 최소화하는 절차들 중 하나를 사용한다. 모델 파라미터 데이터베이스(390)는 장기간의 관측에 기초하여 지구 전리층 캐비티 내의 ELF파 전파의 정보 중 강도(strength)에 대하여 생성된다. 관측자와 소스 사이의 각각의 거리에 대하여 그리고 각각의 방전 세기에 대하여, 특정 파라미터 세트가 존재하므로, 관측 파라미터 세트(p_k, f_k, γ_k 및 e_k)를 베이스 파라미터(p_{ok}, f_{ok}, γ_{ok} 및 e_{ok})에 할당함으로써 소스 위치 및 그 세기를 재구성할 수 있다. 즉, 관측 파라미터(p_k, f_k, γ_k 및 e_k)는 모델 파라미터 데이터베이스 B의 파라미터인 베이스 파라미터(p_{ok}, f_{ok}, γ_{ok} 및 e_{ok})의 세트와 비교된다. 베이스 파라미터(p_{ok}, f_{ok}, γ_{ok} 및 e_{ok})의 세트는, 관측 파라미터(p_k, f_k, γ_k 및 e_k)의 세트의 최적 근사값으로서 선택된 후에, 전기 스파크 방전 또는 방전 소스들 및/또는 폭풍 중심의 위치 및 세기를 재구성한다. 바람직한 일례에서의 전자식 처리 유닛은, 스펙트럼 분석에 대한 많은 논문들로부터 잘 알려진 바와 같이, ELF 신호 스펙트럼 분석의 알고리즘 및 푸리에 변환을 이용하여 폭풍 방전의 거리 및 활동에 의존하는 관정 특징부의 알고리즘에 따라서 프로그래밍된다.

[0055] 다음 스테이지에서, 소스들의 맵 M_(x,y)이 개발되거나 또는 바꾸어 말하면, 발생 블록(395)에서, 폭풍 중심의 분포 및 세기의 소스 맵 M_(x,y)은 지구 표면에 있게 된다. 획득된 맵의 해상도는 신호 분해의 스테이지에서 획득되는 스펙트럼 분산 파라미터들의 수 및 측정 동안에 발생하는 노이즈 레벨에 직접적으로 의존한다. 맵 모호성은 필드 분포의 베이스 그룹들의 형태에 의존하는데, 즉 이들은 가정된 전파 모델의 파생물이다.

[0056] 다른 소스들에 의해 및/또는 지구 표면 상의 폭풍 활동을 모니터링하는 다른 방법들에 의해 확인되었던 관측 파라미터(p_k, f_k, γ_k 및 e_k)의 세트는, 모델 데이터베이스 B(390)에 부가될 수 있으며, 이러한 방식으로, 방전 소스 또는 폭풍 중심의 위치 및 세기를 연속적으로 재구성하기 위하여 베이스 파라미터(p_{ok}, f_{ok}, γ_{ok} 및 e_{ok})의 세트에 대한 보충물을 구성할 수 있다.

[0057] 많은 수신 장치들을 적용하는 경우에, 이는 지구 표면 맵 상의 폭풍 중심 위치 및 세기의 해상도 능력을 현저하게 증가시키며, 데이터가 위성 또는 인터넷 링크에 의해 데이터 수집 센터로 전송될 수 있으며, 여기서 상기 데이터는 카운팅 유닛에서 분석된다.

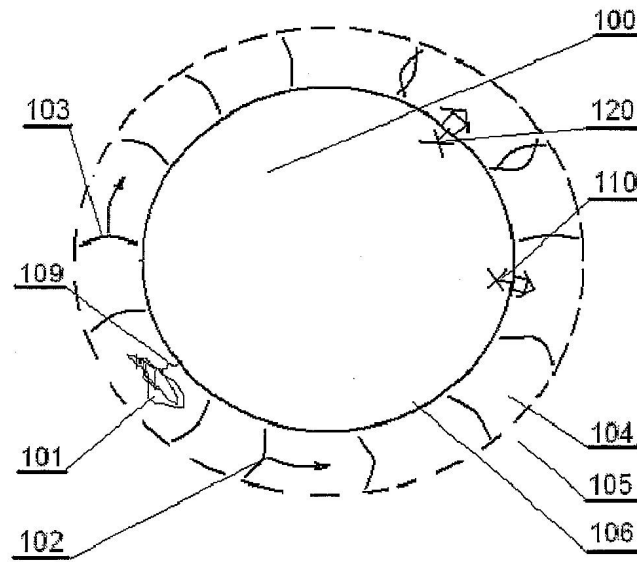
[0058] 본 발명에 따른 솔루션은 선택된 일례들에 의해 제공된다. 그러나, 이러한 일례들은 발명을 제한하지는 않는다. 솔루션의 본질적인 특성을 변경하지 않고 수정 사항을 도입할 수 있음이 명백하다. 제공된 실시예들은 본 발명에 따른 솔루션에 적용할 수 있는 것만을 의미하지는 않는다.

도면의 간단한 설명

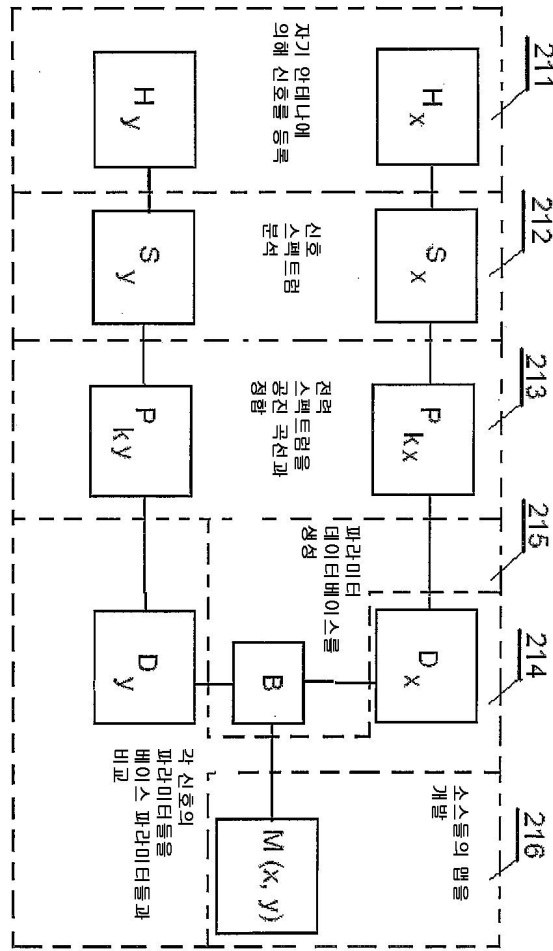
- [0027] 도 1은 지구 및 ELF 전자기파를 생성하는 폭풍 중심을 나타낸다.
- [0028] 도 2는 폭풍 활동을 모니터링하는 방법의 흐름도를 나타낸다.
- [0029] 도 3a는 ELF 전자기 필드에서의 수신 안테나들을 나타낸다.
- [0030] 도 3b 및 도 3c는 실시간으로 지구 표면 상의 폭풍 활동을 모니터링하는 장치를 나타낸다.
- [0031] 도 4는 최초 3 개의 연속 전파 극대점(maxima)에 관하여 선택된 3 개의 공진 피크를 나타낸다.

도면

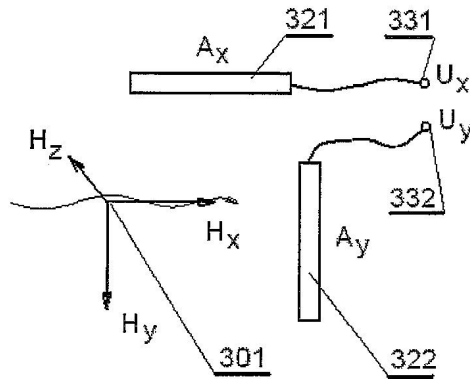
도면1



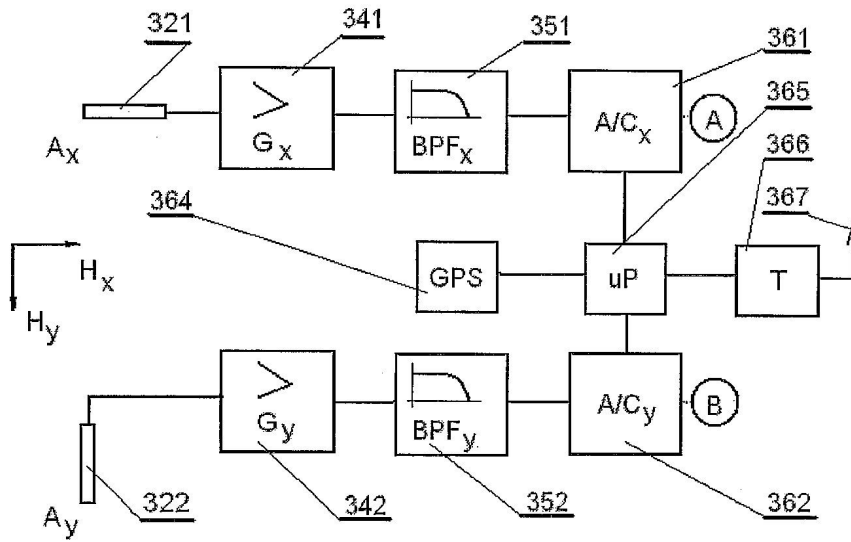
도면2



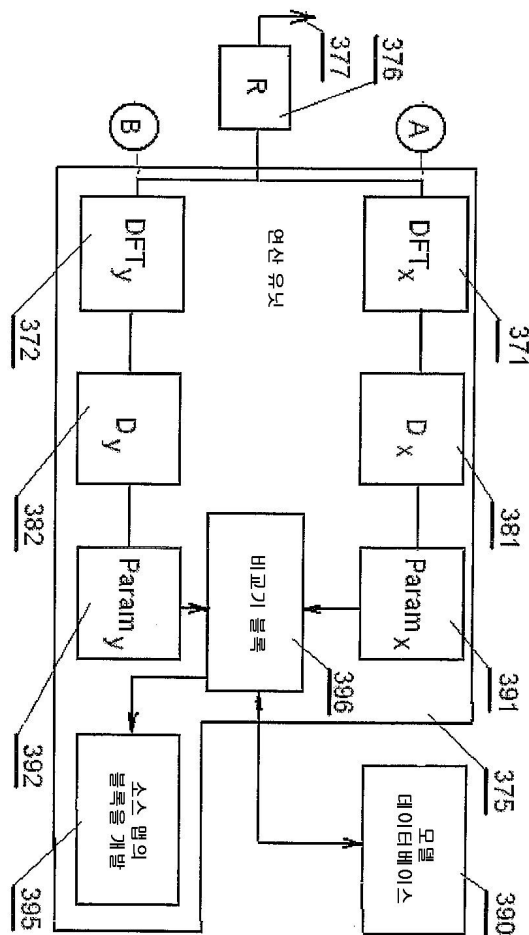
도면3a



도면3b



도면3c



도면4

