



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년10월07일  
(11) 등록번호 10-2029467  
(24) 등록일자 2019년09월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H04J 11/00 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2012-0001654  
(22) 출원일자 2012년01월05일  
심사청구일자 2016년12월07일  
(65) 공개번호 10-2013-0080694  
(43) 공개일자 2013년07월15일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020020076623 A\*  
US20100039985 A1\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
한국전자통신연구원  
대전광역시 유성구 가정로 218 (가정동)  
엠티에이치 주식회사  
서울특별시 동작구 보라매로5길 15 (신대방동)  
엘지전자 주식회사  
서울특별시 영등포구 여의대로 128 (여의도동)  
(72) 발명자  
유덕현  
서울 양천구 목동동로 350, 504동 302호 (목동,  
목동5단지아파트)  
(74) 대리인  
특허법인이상

전체 청구항 수 : 총 15 항

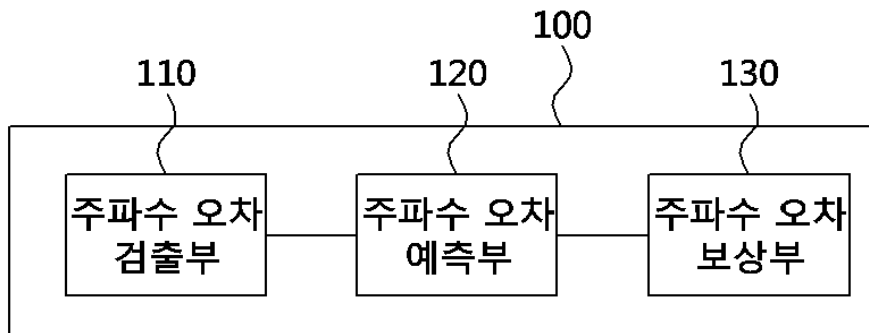
심사관 : 이정수

(54) 발명의 명칭 자동 주파수 제어 장치 및 방법

(57) 요약

자동 주파수 제어 장치 및 방법이 개시된다. 자동 주파수 제어 장치는 수신된 반송파의 주파수 오차 검출값을 획득하는 주파수 오차 검출부와, 주파수 오차 검출값이 미리 설정된 제1 기준을 만족하면, 주파수 오차 검출값에 기초하여 제1 주파수 오차 예측값을 산출하는 주파수 오차 예측부와, 수신된 반송파의 주파수 변화율이 미리 설정된 제2 기준을 만족하면, 제1 주파수 오차 예측값을 정정하여 제2 주파수 오차 예측값을 산출하고, 산출된 제2 주파수 오차 예측값에 기초하여 반송파의 주파수를 보상하는 주파수 오차 보상부를 포함하여 구성된다. 따라서, 오버슈트와 언더슈트의 영향을 최소화하여 정확한 주파수 제어를 할 수 있다.

대표도 - 도1



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

수신된 반송파의 주파수 오차 검출값을 획득하는 주파수 오차 검출부;

상기 주파수 오차 검출값이 미리 설정된 제1 기준을 만족하면, 상기 주파수 오차 검출값에 미리 정의된 함수 또는 보간법(interpolation)을 적용하여 제1 주파수 오차 예측값을 산출하는 주파수 오차 예측부; 및

상기 수신된 반송파의 주파수 변화율이 미리 설정된 제2 기준을 만족하면, 상기 제1 주파수 오차 예측값을 정정하여 제2 주파수 오차 예측값을 산출하고, 산출된 상기 제2 주파수 오차 예측값에 기초하여 상기 반송파의 주파수를 보상하는 주파수 오차 보상부를 포함하는 자동 주파수 제어 장치.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 주파수 오차 예측부는,

상기 미리 정의된 함수가 대수함수(algebraic function)인 경우에 상기 대수함수의 변수 개수와 상기 주파수 오차 검출값의 개수를 비교하고, 상기 미리 정의된 함수가 초월함수(transcendental function)인 경우에 미리 설정된 개수와 상기 주파수 오차 검출값의 개수를 비교하여 상기 제1 주파수 오차 예측값을 산출하는 것을 특징으로 하는 자동 주파수 제어 장치.

#### 청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 주파수 오차 예측부는,

상기 주파수 오차 검출값의 개수가 상기 변수 개수 또는 상기 미리 설정된 개수 이상인 경우에 상기 주파수 오차 검출값을 기초로 상기 미리 정의된 함수를 이용하여 상기 제1 주파수 오차 예측값을 산출하는 것을 특징으로 하는 자동 주파수 제어 장치.

#### 청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 주파수 오차 예측부는,

상기 주파수 오차 검출값의 개수가 상기 변수 개수 또는 상기 미리 설정된 개수 미만인 경우에 상기 주파수 오차 검출값을 기초로 상기 보간법을 이용하여 상기 제1 주파수 오차 예측값을 산출하고,

상기 주파수 오차 보상부는,

상기 보간법을 이용하여 산출된 상기 제1 주파수 오차 예측값에 기초하여 상기 반송파의 주파수를 보상하는 것을 특징으로 하는 자동 주파수 제어 장치.

#### 청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 주파수 오차 보상부는,

상기 수신된 반송파의 주파수 변화율이 미리 설정된 기준값 이상인 제1 구간과 상기 미리 설정된 기준값 미만인 제2 구간으로 구분하고, 상기 수신된 반송파의 주파수 변화율이 상기 제1 구간에서 상기 제2 구간으로 천이되는 경우에 상기 미리 설정된 제2 기준을 만족하는 것을 특징으로 하는 자동 주파수 제어 장치.

**청구항 6**

청구항 3에 있어서,

상기 주파수 오차 보상부는,

상기 미리 설정된 제2 기준을 만족하는 경우에 상기 미리 정의된 함수를 이용하여 산출된 상기 제1 주파수 오차 예측값을 정정하여 상기 제2 주파수 오차 예측값을 산출하고, 상기 산출된 제2 주파수 오차 예측값에 기초하여 상기 반송파의 주파수를 보상하는 것을 특징으로 하는 자동 주파수 제어 장치.

**청구항 7**

청구항 3에 있어서,

상기 주파수 오차 보상부는,

상기 미리 설정된 제2 기준을 만족하지 않는 경우에 상기 미리 정의된 함수를 이용하여 산출된 상기 제1 주파수 오차 예측값에 기초하여 상기 반송파의 주파수를 보상하는 것을 특징으로 하는 자동 주파수 제어 장치.

**청구항 8**

청구항 1에 있어서,

상기 주파수 오차 보상부는,

상기 제1 주파수 오차 예측값에 가중치를 부여하여 상기 제2 주파수 오차 예측값을 산출하거나, 상기 주파수 오차 검출값과 상기 제1 주파수 오차 예측값을 평균하여 상기 제2 주파수 오차 예측값을 산출하는 것을 특징으로 하는 자동 주파수 제어 장치.

**청구항 9**

자동 주파수 제어 장치를 이용한 자동 주파수 제어 방법에 있어서,

수신된 반송파의 주파수 오차 검출값을 획득하는 단계;

상기 주파수 오차 검출값이 미리 설정된 제1 기준을 만족하면, 상기 주파수 오차 검출값에 미리 정의된 함수 또는 보간법(interpolation)을 적용하여 제1 주파수 오차 예측값을 산출하는 단계; 및

상기 수신된 반송파의 주파수 변화율이 미리 설정된 제2 기준을 만족하면, 상기 제1 주파수 오차 예측값을 정정하여 제2 주파수 오차 예측값을 산출하고, 산출된 상기 제2 주파수 오차 예측값에 기초하여 상기 반송파의 주파수를 보상하는 단계를 포함하는 자동 주파수 제어 방법.

**청구항 10**

청구항 9에 있어서,

상기 제1 주파수 오차 예측값을 산출하는 단계는,

상기 미리 정의된 함수가 대수함수(algebraic function)인 경우에 상기 대수함수의 변수 개수와 상기 주파수 오차 검출값의 개수를 비교하고, 상기 미리 정의된 함수가 초월함수(transcendental function)인 경우에 미리 설정된 개수와 상기 주파수 오차 검출값의 개수를 비교하여 상기 제1 주파수 오차 예측값을 산출하는 것을 특징으로 하는 자동 주파수 제어 방법.

**청구항 11**

청구항 10에 있어서,

상기 제1 주파수 오차 예측값을 산출하는 단계는,

상기 주파수 오차 검출값의 개수가 상기 변수 개수 또는 상기 미리 설정된 개수 이상인 경우에 상기 주파수 오차 검출값을 기초로 상기 미리 정의된 함수를 이용하여 상기 제1 주파수 오차 예측값을 산출하고,

상기 반송파의 주파수를 보상하는 단계는,

상기 미리 설정된 제2 기준을 만족하는 경우에 상기 미리 정의된 함수를 이용하여 산출된 상기 제1 주파수 오차 예측값을 정정하여 상기 제2 주파수 오차 예측값을 산출하고, 상기 산출된 제2 주파수 오차 예측값에 기초하여 상기 반송파의 주파수를 보상하는 것을 특징으로 하는 자동 주파수 제어 방법.

**청구항 12**

청구항 10에 있어서,

상기 제1 주파수 오차 예측값을 산출하는 단계는,

상기 주파수 오차 검출값의 개수가 상기 변수 개수 또는 상기 미리 설정된 개수 미만인 경우에 상기 주파수 오차 검출값을 기초로 상기 보간법을 이용하여 상기 제1 주파수 오차 예측값을 산출하고,

상기 반송파의 주파수를 보상하는 단계는,

상기 보간법을 이용하여 산출된 상기 제1 주파수 오차 예측값에 기초하여 상기 반송파의 주파수를 보상하는 것을 특징으로 하는 자동 주파수 제어 방법.

**청구항 13**

청구항 9에 있어서,

상기 반송파의 주파수를 보상하는 단계는,

상기 수신된 반송파의 주파수 변화율이 미리 설정된 기준값 이상인 제1 구간과 상기 미리 설정된 기준값 미만인 제2 구간으로 구분하고, 상기 수신된 반송파의 주파수 변화율이 상기 제1 구간에서 상기 제2 구간으로 천이되는 경우에 상기 미리 설정된 제2 기준을 만족하는 것을 특징으로 하는 자동 주파수 제어 방법.

**청구항 14**

청구항 11에 있어서,

상기 반송파의 주파수를 보상하는 단계는,

상기 미리 설정된 제2 기준을 만족하지 않는 경우에 상기 미리 정의된 함수를 이용하여 산출된 상기 제1 주파수 오차 예측값에 기초하여 상기 반송파의 주파수를 보상하는 것을 특징으로 하는 자동 주파수 제어 방법.

**청구항 15**

청구항 9에 있어서,

상기 반송파의 주파수를 보상하는 단계는,

상기 제1 주파수 오차 예측값에 가중치를 부여하여 상기 제2 주파수 오차 예측값을 산출하거나, 상기 주파수 오차 검출값과 상기 제1 주파수 오차 예측값을 평균하여 상기 제2 주파수 오차 예측값을 산출하는 것을 특징으로 하는 자동 주파수 제어 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 이동 통신에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 이동 통신 시스템에서의 자동 주파수 제어 장치 및 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 최근 다양한 이동 통신 기술들에서는 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 방식 또는 SC-FDMA(Single Carrier Frequency Division Multiple Access) 방식을 채택하고 있다. 예를 들어, IEEE 802.16, 802.20 및 Wibro(Wireless Broadband) 시스템은 OFDMA 방식을 채택하고, 3GPP(3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project)의 LTE(Long Term Evolution) 시스템에서는 하향링크에서 사용되는 OFDMA 방식과 상향링크에서 사용되는 SC-FDMA 방식을 채택하였다.

- [0003] OFDMA 방식과 SC-FDMA 방식을 이용하는 경우에 반송파(Carrier)를 송신하는 기지국(Base Station)과 이를 수신하는 단말 간의 반송파의 주파수가 정확히 일치하지 않아 주파수 오차가 발생되면 전송되는 모든 패킷(Packet)에 노이즈(Noise)가 발생되어 성능이 저하되므로, 특정 주파수와 특정 시간으로 형성되는 특정 자원 공간에 파일럿(Pilot) 신호와 같은 기준 신호(Reference Signal)를 전송하여 채널(Channel)의 왜곡을 측정하고, 이를 보상하여 노이즈를 제거하는 기술을 일반적으로 사용한다.
- [0004] 주파수 오차를 제거하는 일반적인 방법은 채널의 왜곡을 측정하여 반송파를 송신하는 기지국과 이를 수신하는 단말 간의 반송파 주파수의 차이를 검출하고, 반송파 주파수의 차이만큼 반송파의 주파수를 보상하는 것으로, 상기 방법은 반송파 주파수를 한번 업데이트한 후 다음 업데이트까지는 이전의 값을 그대로 유지하므로, 사용자가 저속으로 이동하거나, 데이터 레이트가 작거나, 전력 자원에 대한 제한이 없어 데이터 재전송에 문제가 없는 경우 등에는 사용될 수 있다.
- [0005] 그러나, 상기 방법은 사용자가 고속으로 이동하여 반송파 주파수의 차이가 급격하게 변화되는 경우에는 도플러 시프트 효과를 고려할 수 없어, 주파수 오차를 제거하는데 한계가 있다.
- [0006] 또한, 주파수 오차를 제거하는 다른 방법은 반송파 주파수를 한번 업데이트한 후 다음 업데이트 전까지는 이전의 업데이트된 값을 이용하여 주파수 오차를 예측하고, 예측된 주파수 오차를 보상함으로써, 반송파의 주파수가 급격하게 변화되는 경우에도 주파수 오차를 제거할 수 있다.
- [0007] 그러나, 상기 방법은 반송파의 주파수 변화율이 큰 구간에서 작은 구간으로 변화되는 경우에 오버슈트(overshoot)나 언더슈트(undershoot)가 발생되어 주파수 오차를 보정하는 데 한계가 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0008] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은, 반송파의 주파수 오차를 보상하여 패킷의 오류를 줄일 수 있는 자동 주파수 제어 장치를 제공하는 데 있다.
- [0009] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 다른 목적은, 반송파의 주파수 오차를 보상하여 패킷의 오류를 줄일 수 있는 자동 주파수 제어 방법을 제공하는 데 있다.

**과제의 해결 수단**

- [0010] 상기한 본 발명의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 자동 주파수 제어 장치는, 수신된 반송파의 주파수 오차 검출값을 획득하는 주파수 오차 검출부와, 상기 주파수 오차 검출값이 미리 설정된 제1 기준을 만족하면, 상기 주파수 오차 검출값에 기초하여 제1 주파수 오차 예측값을 산출하는 주파수 오차 예측부와, 상기 수신된 반송파의 주파수 변화율이 미리 설정된 제2 기준을 만족하면, 상기 제1 주파수 오차 예측값을 정정하여 제2 주파수 오차 예측값을 산출하고, 산출된 상기 제2 주파수 오차 예측값에 기초하여 상기 반송파의 주파수를 보상하는 주파수 오차 보상부를 포함한다.
- [0011] 여기서, 주파수 오차 예측부는 상기 제1 주파수 오차 예측값을 산출하기 위한 미리 정의된 함수가 대수함수(algebraic function)인 경우에 상기 대수함수의 변수 개수와 상기 주파수 오차 검출값의 개수를 비교하고, 상기 미리 정의된 함수가 초월함수(transcendental function)인 경우에 미리 설정된 개수와 상기 주파수 오차 검출값의 개수를 비교하여 상기 제1 주파수 오차 예측값을 산출할 수 있다.
- [0012] 또한, 주파수 오차 예측부는 상기 주파수 오차 검출값의 개수가 상기 변수 개수 또는 상기 미리 설정된 개수 이상인 경우에 상기 주파수 오차 검출값을 기초로 상기 미리 정의된 함수를 이용하여 상기 제1 주파수 오차 예측값을 산출할 수 있다.
- [0013] 또한, 주파수 오차 예측부는 상기 주파수 오차 검출값의 개수가 상기 변수 개수 또는 상기 미리 설정된 개수 미만인 경우에 상기 주파수 오차 검출값을 기초로 보간법(interpolation)을 이용하여 상기 제1 주파수 오차 예측값을 산출할 수 있고, 주파수 오차 보상부는 상기 보간법을 이용하여 산출된 상기 제1 주파수 오차 예측값에 기초하여 상기 반송파의 주파수를 보상할 수 있다.
- [0014] 여기서, 주파수 오차 보상부는 상기 수신된 반송파의 주파수 변화율이 미리 설정된 기준값 이상인 제1 구간과 상기 미리 설정된 기준값 미만인 제2 구간으로 구분할 수 있고, 상기 수신된 반송파의 주파수 변화율이 상기 제

1 구간에서 상기 제2 구간으로 천이되는 경우에 상기 미리 설정된 제2 기준을 만족할 수 있다.

[0015] 또한, 주파수 오차 보상부는 상기 미리 설정된 제2 기준을 만족하는 경우에 상기 미리 정의된 함수를 이용하여 산출된 상기 제1 주파수 오차 예측값을 정정하여 상기 제2 주파수 오차 예측값을 산출하고, 상기 산출된 제2 주파수 오차 예측값에 기초하여 상기 반송파의 주파수를 보상할 수 있다.

[0016] 또한, 주파수 오차 보상부는 상기 미리 설정된 제2 기준을 만족하지 않는 경우에 상기 미리 정의된 함수를 이용하여 산출된 상기 제1 주파수 오차 예측값에 기초하여 상기 반송파의 주파수를 보상할 수 있다.

[0017] 또한, 주파수 오차 보상부는 상기 제1 주파수 오차 예측값에 가중치를 부여하여 상기 제2 주파수 오차 예측값을 산출하거나, 상기 주파수 오차 검출값과 상기 제1 주파수 오차 예측값을 평균하여 상기 제2 주파수 오차 예측값을 산출할 수 있다.

[0018] 상기한 본 발명의 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 자동 주파수 제어 방법은, 수신된 반송파의 주파수 오차 검출값을 획득하는 단계와, 상기 주파수 오차 검출값이 미리 설정된 제1 기준을 만족하면, 상기 주파수 오차 검출값에 기초하여 제1 주파수 오차 예측값을 산출하는 단계와, 상기 수신된 반송파의 주파수 변화율이 미리 설정된 제2 기준을 만족하면, 상기 제1 주파수 오차 예측값을 정정하여 제2 주파수 오차 예측값을 산출하고, 산출된 상기 제2 주파수 오차 예측값에 기초하여 상기 반송파의 주파수를 보상하는 단계를 포함한다.

[0019] 여기서, 주파수 오차 검출값이 미리 설정된 제1 기준을 만족하면, 상기 주파수 오차 검출값에 기초하여 제1 주파수 오차 예측값을 산출하는 단계는 상기 제1 주파수 오차 예측값을 산출하기 위한 미리 정의된 함수가 대수함수(algebraic function)인 경우에 상기 대수함수의 변수 개수와 상기 주파수 오차 검출값의 개수를 비교하고, 상기 미리 정의된 함수가 초월함수(transcendental function)인 경우에 미리 설정된 개수와 상기 주파수 오차 검출값의 개수를 비교하여 상기 제1 주파수 오차 예측값을 산출할 수 있다.

[0020] 또한, 주파수 오차 검출값이 미리 설정된 제1 기준을 만족하면, 상기 주파수 오차 검출값에 기초하여 제1 주파수 오차 예측값을 산출하는 단계는 상기 주파수 오차 검출값의 개수가 상기 변수 개수 또는 상기 미리 설정된 개수 이상인 경우에 상기 주파수 오차 검출값을 기초로 상기 미리 정의된 함수를 이용하여 상기 제1 주파수 오차 예측값을 산출할 수 있고, 상기 수신된 반송파의 주파수 변화율이 미리 설정된 제2 기준을 만족하면, 상기 제1 주파수 오차 예측값을 정정하여 제2 주파수 오차 예측값을 산출하고, 산출된 상기 제2 주파수 오차 예측값에 기초하여 상기 반송파의 주파수를 보상하는 단계는 상기 미리 설정된 제2 기준을 만족하는 경우에 상기 미리 정의된 함수를 이용하여 산출된 상기 제1 주파수 오차 예측값을 정정하여 상기 제2 주파수 오차 예측값을 산출하고, 상기 반송파의 주파수를 보상할 수 있다.

[0021] 또한, 주파수 오차 검출값이 미리 설정된 제1 기준을 만족하면, 상기 주파수 오차 검출값에 기초하여 제1 주파수 오차 예측값을 산출하는 단계는 상기 주파수 오차 검출값의 개수가 상기 변수 개수 또는 상기 미리 설정된 개수 미만인 경우에 상기 주파수 오차 검출값을 기초로 보간법(interpolation)을 이용하여 상기 제1 주파수 오차 예측값을 산출할 수 있고, 상기 수신된 반송파의 주파수 변화율이 미리 설정된 제2 기준을 만족하면, 상기 제1 주파수 오차 예측값을 정정하여 제2 주파수 오차 예측값을 산출하고, 산출된 상기 제2 주파수 오차 예측값에 기초하여 상기 반송파의 주파수를 보상하는 단계는 상기 보간법을 이용하여 산출된 상기 제1 주파수 오차 예측값에 기초하여 상기 반송파의 주파수를 보상할 수 있다.

[0022] 여기서, 수신된 반송파의 주파수 변화율이 미리 설정된 제2 기준을 만족하면, 상기 제1 주파수 오차 예측값을 정정하여 제2 주파수 오차 예측값을 산출하고, 산출된 상기 제2 주파수 오차 예측값에 기초하여 상기 반송파의 주파수를 보상하는 단계는 상기 수신된 반송파의 주파수 변화율이 미리 설정된 기준값 이상인 제1 구간과 상기 미리 설정된 기준값 미만인 제2 구간으로 구분하고, 상기 수신된 반송파의 주파수 변화율이 상기 제1 구간에서 상기 제2 구간으로 천이되는 경우에 상기 미리 설정된 제2 기준을 만족할 수 있다.

[0023] 또한, 수신된 반송파의 주파수 변화율이 미리 설정된 제2 기준을 만족하면, 상기 제1 주파수 오차 예측값을 정정하여 제2 주파수 오차 예측값을 산출하고, 산출된 상기 제2 주파수 오차 예측값에 기초하여 상기 반송파의 주파수를 보상하는 단계는 상기 미리 설정된 제2 기준을 만족하지 않는 경우에 상기 미리 정의된 함수를 이용하여 산출된 상기 제1 주파수 오차 예측값에 기초하여 상기 반송파의 주파수를 보상할 수 있다.

**발명의 효과**

[0024] 상기와 같은 본 발명에 따른 자동 주파수 제어 장치 및 방법에 따르면, 수신된 반송파의 주파수 변화율이 큰 구

간에서 작은 구간으로 천이되는 경우에 제1 주파수 오차 예측값을 정정하여 제2 주파수 오차 예측값을 산출하고, 산출된 제2 주파수 오차 예측값에 기초하여 반송파의 주파수를 보상할 수 있다.

[0025] 따라서, 수신된 반송파의 주파수 변화율이 큰 구간에서 작은 구간으로 천이되는 경우에 발생하는 오버슈트와 언더슈트의 영향을 최소화할 수 있어, 보다 정확한 주파수 제어가 가능하다.

[0026] 또한, 본 발명에 따른 자동 주파수 제어 장치 및 방법에 따르면, 정확한 주파수 제어가 가능하므로, 고속의 이동 환경에서도 패킷의 노이즈 발생 가능성을 감소시킬 수 있고, 이에 따른 패킷의 재전송 빈도를 줄일 수 있는 장점이 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 자동 주파수 제어 장치의 구성을 나타내는 블록도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 자동 주파수 제어 방법을 나타내는 흐름도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 자동 주파수 제어 장치 및 방법이 사용될 수 있는 LTE의 하이 스피드 트레인(HIGH SPEED TRAIN)환경을 도시한 개념도로서, 도 1 및 도 2에서 상술한 제1 구간 및 제2 구간을 구분하는 기준값을 설정하는 방법을 나타낸다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 자동 주파수 제어 장치 및 방법을 사용하여 주파수 오차 예측값을 보상한 경우에 측정한 시간-주파수 그래프이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0028] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.

[0029] 제1, 제2, A, B 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.

[0030] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.

[0031] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0032] 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 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0033] 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 자동 주파수 제어 장치의 구성을 나타내는 블록도이다.

[0035] 도 1을 참조하면, 자동 주파수 제어 장치(100)는 반송파를 송신하는 송신단과 이를 수신하는 수신단 간의 반송

파의 주파수 오차를 보상할 수 있다.

- [0036] 예를 들어, 이동 통신 시스템에서 반송파(carrier)를 송신하는 송신단은 반송파를 다양한 모바일 단말에 전송하는 기지국 등이 될 수 있고, 송신단에서 송신된 반송파를 수신하는 수신단은 기지국 등에서 송신된 반송파를 수신하는 다양한 모바일 단말이 될 수 있다.
- [0037] 또는, 반송파를 송신하는 송신단은 데이터 등을 포함하는 반송파를 기지국에 전송하는 다양한 모바일 단말이 될 수 있고, 송신단에서 송신된 반송파를 수신하는 수신단은 다양한 모바일 단말에서 송신된 반송파를 수신하는 기지국 등이 될 수 있다.
- [0038] 자동 주파수 제어 장치(100)는 주파수 오차 검출부(110), 주파수 오차 예측부(120) 및 주파수 오차 보상부(130)를 포함할 수 있다.
- [0039] 주파수 오차 검출부(110)는 수신된 반송파의 주파수 오차 검출값을 획득할 수 있다. 획득한 주파수 오차 검출값은 주파수 오차 검출부(110)에 저장될 수도 있고, 별도로 구비된 저장부(미도시)에 저장될 수도 있다.
- [0040] 구체적으로, 주파수 오차 검출부(100)는 주기적 또는 비주기적으로 측정된 반송파의 주파수를 송신단에서 송신된 반송파의 주파수와 비교하여 수신된 반송파의 주파수 오차 검출값을 획득할 수 있다.
- [0041] 주파수 오차 예측부(120)는 주파수 오차 검출값이 미리 설정된 제1 기준을 만족하면, 주파수 오차 검출값에 기초하여 제1 주파수 오차 예측값을 산출할 수 있다.
- [0042] 구체적으로, 주파수 오차 예측부(120)는 제1 주파수 오차 예측값을 산출하기 위해 미리 정의된 함수가 대수함수(algebraic function)인 경우에 대수함수의 변수 개수와 주파수 오차 검출값의 개수를 비교할 수 있고, 미리 정의된 함수가 초월함수(transcendental function)인 경우에 미리 설정된 개수와 주파수 오차 검출값의 개수를 비교할 수 있다.
- [0043] 또한, 주파수 오차 예측부(120)는 주파수 오차 검출값의 개수가 대수함수의 변수 개수 또는 초월함수의 미리 설정된 개수 이상인 경우 즉, 미리 설정된 제1 기준을 만족하는 경우에 주파수 오차 검출값을 기초로 미리 정의된 함수를 이용하여 제1 주파수 오차 예측값을 산출할 수 있고, 주파수 오차 검출값의 개수가 대수함수의 변수 개수 또는 초월함수의 미리 설정된 개수 미만인 경우 즉, 미리 설정된 제1 기준을 만족하지 않는 경우에 주파수 오차 검출값을 기초로 보간법(interpolation) 예를 들어, 낮은 차수의 선형 보간법을 이용하여 제1 주파수 오차 예측값을 산출할 수 있다.
- [0044] 예를 들어, 미리 정의된 함수가  $y = ax^2 + bx + c$ 의 대수함수인 경우에는 변수(상기의 예에서는 'a', 'b', 'c') 개수는 3이 되고, 주파수 오차 검출값의 개수가 3 이상인 경우에는 주파수 오차 검출값을 상기 대수함수를 이용하여 제1 주파수 오차 예측값을 산출할 수 있고, 주파수 오차 검출값의 개수가 2인 경우에는 제1 주파수 오차 예측값을 상기 대수함수를 이용하여 산출할 수 없으므로, 보간법 예를 들어, 낮은 차수의 선형 보간법을 이용하여 제1 주파수 오차 예측값을 산출할 수 있다.
- [0045] 또한, 미리 정의된 함수가  $\cos(x)$ 와 같은 초월함수인 경우에도 미리 설정된 개수와 주파수 오차 검출값의 개수를 비교하여 주파수 오차 검출값의 개수가 미리 설정된 개수 이상이면, 초월함수를 이용하여 제1 주파수 오차 예측값을 산출할 수 있고, 주파수 오차 검출값의 개수가 미리 설정된 개수 미만이면, 보간법을 이용하여 제1 주파수 오차 예측값을 산출할 수 있고, 상기 미리 설정된 개수는 사용환경에 따라 다양하게 설정될 수 있다.
- [0046] 주파수 오차 보상부(130)는 수신된 반송파의 주파수 변화율이 미리 설정된 제2 기준을 만족하면, 제1 주파수 오차 예측값을 정정하여 제2 주파수 오차 예측값을 산출하고, 제2 주파수 오차 예측값에 기초하여 반송파의 주파수를 보상할 수 있다.
- [0047] 구체적으로, 주파수 오차 보상부(130)는 수신된 반송파의 주파수 변화율이 미리 설정된 기준값(후술할 도 3참조) 이상인 제1 구간과 미리 설정된 기준값 미만인 제2 구간으로 구분할 수 있고, 수신된 반송파의 주파수 변화율이 제1 구간에서 제2 구간으로 천이되는 경우에 미리 설정된 제2 기준을 만족하는 것으로 판단할 수 있고, 미리 설정된 제2 기준을 만족하는 경우에 미리 정의된 함수를 이용하여 산출된 제1 주파수 오차 예측값을 정정하여 제2 주파수 오차 예측값을 산출하고, 제2 주파수 오차 예측값에 기초하여 반송파의 주파수를 보상할 수 있다.
- [0048] 구체적으로, 상기 제2 주파수 오차 예측값은 제1 주파수 오차 예측값에 가중치를 부여하여 산출될 수도 있고, 주파수 오차 검출값과 제1 주파수 오차 예측값을 평균하여 산출될 수도 있으나, 자동 주파수 제어 장치가 사용



될 수 있는 다양한 환경에 따라 다양하게 정정될 수 있다.

- [0049] 또한, 주파수 오차 보상부(130)는 수신된 반송파의 주파수 변화율이 미리 설정된 제2 기준을 만족하지 않는 경우에 미리 정의된 함수를 이용하여 산출된 제1 주파수 오차 예측값에 기초하여 반송파의 주파수를 보상할 수 있다.
- [0050] 한편, 주파수 오차 보상부(130)는 주파수 오차 검출값의 개수가 대수함수의 변수 개수 또는 초월함수의 미리 설정된 개수 미만인 경우에 주파수 오차 검출값을 기초로 보간법을 이용하여 산출된 제1 주파수 오차 예측값에 기초하여 반송파의 주파수를 보상할 수 있다.
- [0051] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 자동 주파수 제어 방법을 나타내는 흐름도이다.
- [0052] 도 2를 참조하면, 자동 주파수 제어 장치를 이용한 자동 주파수 제어 방법은 수신된 반송파의 주파수 오차 검출값을 획득하고(S100), 주파수 오차 검출값이 미리 설정된 제1 기준을 만족하는지 여부를 판단할 수 있다(S200).
- [0053] 구체적으로, 단계 S200은 제1 주파수 오차 예측값을 산출하기 위해 미리 정의된 함수가 대수함수(algebraic function)인 경우에 대수함수의 변수 개수와 주파수 오차 검출값의 개수를 비교할 수 있고, 미리 정의된 함수가 초월함수(transcendental function)인 경우에 미리 설정된 개수와 주파수 오차 검출값의 개수를 비교할 수 있다.
- [0054] 다음으로, 자동 주파수 제어 방법은 단계 S200의 결과에 기초하여 제1 주파수 오차 예측값을 산출할 수 있다(S300, S400).
- [0055] 구체적으로, 주파수 오차 검출값의 개수가 대수함수의 변수 개수 또는 초월함수의 미리 설정된 개수 이상인 경우에 주파수 오차 검출값을 기초로 미리 정의된 함수를 이용하여 제1 주파수 오차 예측값을 산출할 수 있고(S300), 주파수 오차 검출값의 개수가 대수함수의 변수 개수 또는 초월함수의 미리 설정된 개수 미만인 경우에 주파수 오차 검출값을 기초로 보간법(interpolation)을 이용하여 제1 주파수 오차 예측값을 산출할 수 있고, 산출된 제1 주파수 오차 예측값에 기초하여 반송파의 주파수를 보상할 수 있다(S400).
- [0056] 예를 들어, 미리 정의된 함수가  $y = ax^2 + bx + c$ 의 대수함수인 경우에는 변수(상기의 예에서는 'a', 'b', 'c') 개수는 3이 되고, 주파수 오차 검출값의 개수가 3 이상인 경우에는 주파수 오차 검출값을 상기 대수함수를 이용하여 제1 주파수 오차 예측값을 산출할 수 있고, 주파수 오차 검출값의 개수가 2인 경우에는 제1 주파수 오차 예측값을 상기 대수함수를 이용하여 산출할 수 없으므로, 보간법(interpolation) 예를 들어, 낮은 차수의 선형 보간법을 이용하여 제1 주파수 오차 예측값을 산출할 수 있다.
- [0057] 또한, 미리 정의된 함수가  $\cos(x)$ 와 같은 초월함수인 경우에도 미리 설정된 개수와 주파수 오차 검출값의 개수를 비교하여 주파수 오차 검출값의 개수가 미리 설정된 개수 이상이면, 초월함수를 이용하여 제1 주파수 오차 예측값을 산출할 수 있고, 주파수 오차 검출값의 개수가 미리 설정된 개수 미만이면, 보간법을 이용하여 제1 주파수 오차 예측값을 산출할 수 있고, 상기 미리 설정된 개수는 사용환경에 따라 다양하게 설정될 수 있다.
- [0058] 다음으로, 자동 주파수 제어 방법은 수신된 반송파의 주파수 변화율이 미리 설정된 제2 기준을 만족하면, 제1 주파수 오차 예측값을 정정하여 제2 주파수 오차 예측값을 산출하고, 산출된 제2 주파수 오차 예측값에 기초하여 반송파의 주파수를 보상할 수 있다(S500, S600, S700).
- [0059] 구체적으로, 단계 S500은 수신된 반송파의 주파수 변화율이 미리 설정된 기준값(후술할 도 3참조) 이상인 제1 구간과 미리 설정된 기준값 미만인 제2 구간으로 구분할 수 있고, 수신된 반송파의 주파수 변화율이 제1 구간에서 제2 구간으로 천이되는 경우에 미리 설정된 제2 기준을 만족하는 것으로 판단할 수 있다.
- [0060] 또한, 단계 S600은 단계 S500에서 수신된 반송파의 주파수 변화율이 미리 설정된 제2 기준을 만족하는 경우로 판단된 경우에 미리 정의된 함수를 이용하여 산출된 제1 주파수 오차 예측값을 정정하여 제2 주파수 오차 예측값을 산출하고, 산출된 제2 주파수 오차 예측값에 기초하여 반송파의 주파수를 보상할 수 있다.
- [0061] 구체적으로, 상기 제2 주파수 오차 예측값은 제1 주파수 오차 예측값에 가중치를 부여하여 산출될 수도 있고, 주파수 오차 검출값과 제1 주파수 오차 예측값을 평균하여 산출될 수도 있으나, 자동 주파수 제어 방법이 사용될 수 있는 다양한 환경에 따라 다양하게 설정될 수 있다.
- [0062] 또한, 단계 S700은 단계 S500에서 수신된 반송파의 주파수 변화율이 미리 설정된 제2 기준을 만족하지 않는 경

우로 판단된 경우에 미리 정의된 함수를 이용하여 산출된 제1 주파수 오차 예측값에 기초하여 반송파의 주파수를 보상할 수 있다.

[0063] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 자동 주파수 제어 장치 및 방법이 사용될 수 있는 LTE의 하이 스피드 트레인(HIGH SPEED TRAIN)환경을 도시한 개념도로서, 도 1 및 도 2에서 상술한 제1 구간 및 제2 구간을 구분하는 기준값을 설정하는 방법을 나타낸다.

[0064] 도 3을 참조하면, 페이딩이 없는(non-fading) 채널에서 LOS(Line-Of-Sight) 환경인 하이 스피드 트레인(HIGH SPEED TRAIN) 환경에서 도플러 시프트를 고려한 반송파의 주파수 특성은 하기의 수학적 식 1로 표현될 수 있다.

**수학적 식 1**

$$f_s(t) = f_{dmax} \cdot \cos \theta(t)$$

[0065]

[0066] 상기 수학적 식 1에서  $f_s(t)$  는 도플러 시프트를 고려한 수신된 반송파의 주파수,  $f_{dmax}$  는 도플러 주파수,  $\theta(t)$  는 송신단에서 송신되는 반송파의 모바일 단말(UE)에서의 수신각도를 의미한다.

[0067] 또한, 수학적 식 1의 도플러 주파수( $f_{dmax}$ )는 하기의 수학적 식 2로 표현될 수 있다.

**수학적 식 2**

$$f_{dmax} = \frac{v \cdot f_c}{c}$$

[0068]

[0069] 상기 수학적 식 2에서  $v$ 는 모바일 단말(UE)의 이동 속도,  $f_c$ 는 송신단에서 송신된 반송파의 주파수,  $c$ 는 전파의 속도(매질이 진공인 경우에는 빛의 속도)를 나타낸다.

[0070] 상기 수학적 식 2를 상기 수학적 식 1에 대입하면 하기의 수학적 식 3을 얻을 수 있다.

수학식 3

$$\cos\theta(t) = \begin{cases} \frac{D_s/2 - v \cdot t}{\sqrt{D_{\min}^2 + (D_s/2 - v \cdot t)^2}}, & 0 \leq t \leq \frac{D_s}{v} \\ \frac{-1.5D_s + v \cdot t}{\sqrt{D_{\min}^2 + (-1.5D_s + v \cdot t)^2}}, & \frac{D_s}{v} < t \leq \frac{2D_s}{v} \\ \cos\theta(t \bmod (2D_s/v)), & t > \frac{2D_s}{v} \end{cases}$$

[0071]

[0072] 상기의 수학식 3에서 수신된 반송파의 주파수가  $t = D_s/2v$  또는  $t = 3D_s/2v$  인 경우에 가장 급격하게 변하는 것을 알 수 있고,  $t > 2D_s/v$  인 경우는 무시할 수 있으므로,  $\cos\theta(t)$ 는 하기의 수학식 4와 같이 근사화할 수 있다.

수학식 4

$$\cos\theta(t) \approx \begin{cases} \frac{D_s/2 - v \cdot t}{D_{\min}}, & 0 \leq t \leq \frac{D_s}{v} \\ \frac{-1.5D_s + v \cdot t}{D_{\min}}, & \frac{D_s}{v} < t \leq \frac{2D_s}{v} \end{cases}$$

[0073]

[0074] 수학식 4를 수학식 1에 대입하고 수학식 1을 미분하면 수신된 반송파의 주파수 변화율은 하기 수학식 5로 나타낼 수 있다.

수학식 5

$$f_s'(t) \approx \begin{cases} -\frac{v^2 f_c}{cD_{\min}}, & 0 \leq t \leq \frac{D_s}{v} \\ \frac{v^2 f_c}{cD_{\min}}, & \frac{D_s}{v} < t \leq \frac{2D_s}{v} \end{cases}$$

[0075]

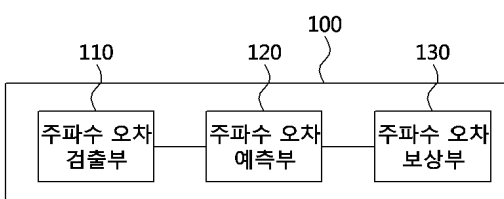
- [0076] 수학적 식 5에서  $f_c$ 는 모바일 단말(UE)이 셀 서치를 통하여 이미 알고 있는 송신단에서 송신된 반송파의 주파수,  $C$ 는 전파의 속도,  $v$ 는 모바일 단말의 이동 속도,  $D_{min}$ 은 송신단과 모바일 단말간의 최단 거리를 나타낸다. 상기 수학적 식 5에서 송신된 반송파의 주파수( $f_c$ ), 전파의 속도( $C$ ), 송신단과 모바일 단말간의 최단거리( $D_{min}$ )는 상수가 되고, 변수는 모바일 단말(UE)의 속도( $v$ )이다.
- [0077] 예를 들어,  $f_c = 2.7$  GHz,  $v = 350$  km/h,  $D_{min} = 2$  m,  $D_s = 300$  m라 가정하면, 수신된 반송파의 주파수의 변화율 중 가장 큰 값이 약 42.535 KHz/s 가 된다. 상기와 같은 수신된 반송파의 주파수 변화율이 최소 주파수 제어 주기인 약 1 ms 동안 유지된다고 가정하면, 주파수 제어 주기 동안에 수신된 반송파의 주파수 변화율은 약 42.535 Hz/ms가 되어, 수신된 반송파의 주파수 변화율의 범위가 정해질 수 있다.
- [0078] 따라서, 제1 구간 및 제2 구간을 구분하는 기준값은 수신된 반송파의 주파수 변화율의 범위 내에서 정해질 수 있다. 또한, 기준값은 상술한 바와 같이, 상기 수학적 식 5에 존재하는 값들 즉, 모바일 단말의 이동 속도( $v$ ), 송신단과 모바일 단말간의 최단거리( $D_{min}$ ), 송신단에서 송신된 반송파의 주파수( $f_c$ ) 및 전파의 속도( $C$ )에 의해 영향을 받으므로, 자동 주파수 제어 장치 및 방법이 사용되는 환경에 따라 다양하게 설정될 수 있다.
- [0079] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 자동 주파수 제어 장치 및 방법을 사용하여 주파수 오차 예측값을 보상한 경우에 측정한 시간-주파수 그래프이다.
- [0080] 도 4를 참조하면, 시간-주파수 그래프는 송신단에서 송신된 반송파의 주파수(A), 본 발명의 자동 주파수 제어 장치 및 방법을 사용하지 않은 경우의 수신단에서 측정된 반송파의 주파수(B), 본 발명의 자동 주파수 제어 장치 및 방법을 사용한 경우의 수신단에서 측정된 반송파의 주파수(C)를 나타내고 있다.
- [0081] 또한, 시간-주파수 그래프에는 수신된 반송파의 주파수 변화율이 미리 설정된 기준값 이상인 제1 구간과 미리 설정된 기준값 미만인 제2 구간이 도시되어 있다.
- [0082] 또한, 수신된 반송파의 주파수 변화율이 급격하게 변화하는 제1 구간은 일반적으로 약 30 ms를 초과하지 않기 때문에 수신된 반송파의 주파수 변화율의 크기가 미리 설정된 기준값 이상으로 약 20 ms 이상 지속되는 구간으로 설정될 수도 있다.
- [0083] 또한, 시간-주파수 그래프는 자동 주파수 제어 장치 및 방법을 사용하면 수신된 반송파의 주파수 변화율이 미리 설정된 기준값 이상인 제1 구간에서 수신된 반송파의 주파수 변화율이 미리 설정된 기준값 미만인 제2 구간으로 천이되는 경우에 발생하는 언더슈트가 감소됨을 나타내고 있다.
- [0084] 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.

부호의 설명

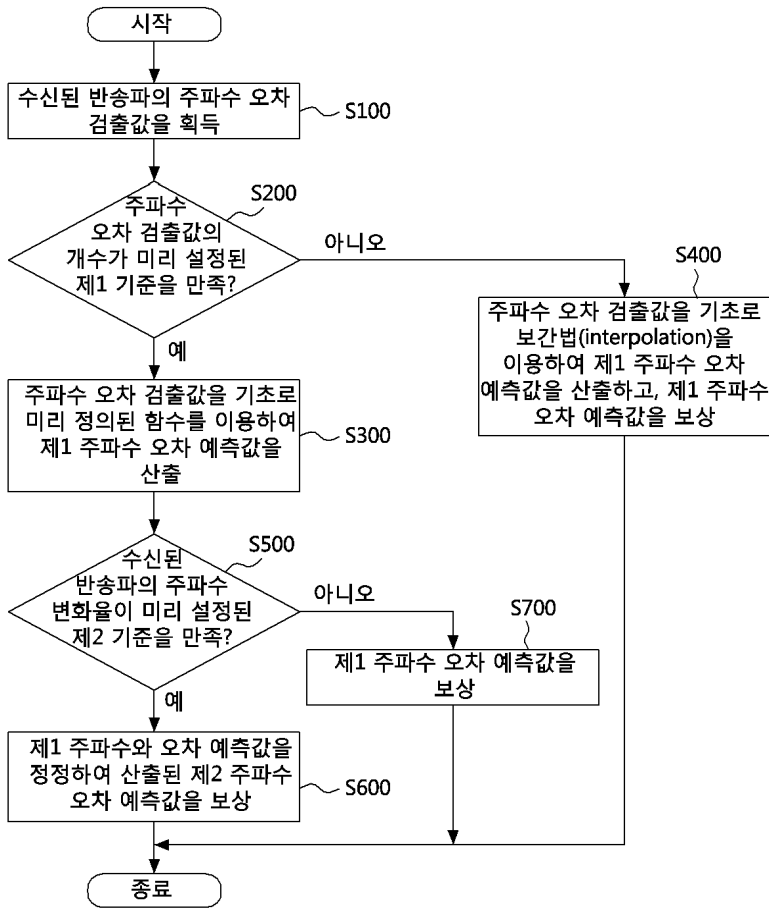
- [0085] 100: 자동 주파수 제어 장치                                  110: 주파수 오차 검출부  
 120: 주파수 오차 예측부    130: 주파수 오차 보상부

도면

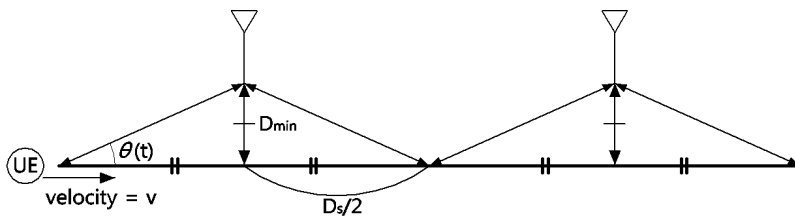
도면1



도면2



도면3



도면4

