



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0105900
(43) 공개일자 2010년09월30일

(51) Int. Cl.

G06F 17/00 (2006.01) G06F 17/17 (2006.01)

G06F 1/08 (2006.01) H03B 5/32 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-7019300

(22) 출원일자(국제출원일자) 2009년01월29일

심사청구일자 2010년08월30일

(85) 번역문제출일자 2010년08월30일

(86) 국제출원번호 PCT/US2009/032503

(87) 국제공개번호 WO 2009/099903

국제공개일자 2009년08월13일

(30) 우선권주장

08005890.2 2008년03월27일

유럽특허청(EPO)(EP)

12/023,796 2008년01월31일 미국(US)

(71) 출원인

퀄컴 인코포레이티드

미국 92121-1714 캘리포니아주 샌 디에고 모어하우스 드라이브 5775

(72) 발명자

옌 홍보

미국 92121-1714 캘리포니아주 샌디에고 모어하우스 드라이브 5775

필리포비치 다니엘 프레드

미국 92121-1714 캘리포니아주 샌디에고 모어하우스 드라이브 5775

(74) 대리인

특허법인코리아나

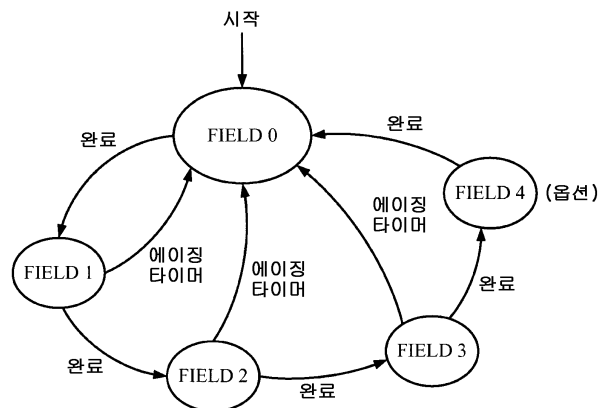
전체 청구항 수 : 총 50 항

(54) 수정 발진기 주파수 조정

(57) 요약

온도에 기초하여 수정 발진기의 주파수를 추정하기 위한 기술이 개시된다. 일 실시형태에서, 발진기 주파수는 다항식 근사법을 이용하여 컴퓨팅된다. 다항식 근사법에 이용된 계수들을 유도 및 주기적으로 업데이트하기 위한 기술이 개시된다.

대표도 - 도4



특허청구의 범위

청구항 1

수정 발진기 주파수의 다항식 근사법 (polynomial approximation) 에 이용하기 위한 계수들을 컴퓨팅하는 방법으로서,

다항식은 항 c_0' 및 계수 c_1' 에 수정 발진기의 측정된 온도 T 를 곱한 것을 포함하며, 상기 방법은,

제 1 온도 T_1 및 대응하는 발진기 주파수 $F_m(T_1)$ 를 측정하는 단계;

제 2 온도 T_2 및 대응하는 발진기 주파수 $F_m(T_2)$ 를 측정하는 단계;

$F_m(T_1)$ 에 기초하여 계수 c_0' 를 컴퓨팅하는 단계; 및

T_1 , T_2 , $F_m(T_1)$ 및 $F_m(T_2)$ 에 기초하여 상기 계수 c_1' 를 컴퓨팅하는 단계를 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 계수 c_0' 를 컴퓨팅하는 단계는 $F_m(T_1)$ 과 초기 항 $F_{init}(T_1)$ 사이의 차이를 얻는 단계를 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 초기 항 $F_{init}(T_1)$ 은 항 $c_{0_{init}}$ 및 계수 $c_{1_{init}}$ 에 T_1 을 곱한 것을 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 계수 c_1' 를 컴퓨팅하는 단계는 $F_m(T_2)$ 과 $F_m(T_1)$ 사이의 차이를 T_2 와 T_1 사이의 차이로 나누는 단계를 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

T_1 과 T_2 사이의 상기 차이는 적어도 1°C 인, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

T_1 을 측정하는 단계 후에 및 T_2 를 측정하는 단계 전에 열원을 턴 온하는 단계를 더 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 열원은 전력 증폭기인, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

c_0' 및 c_1' 의 다수의 추정치들을 컴퓨팅하는 단계를 더 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

c_0' 및 c_1' 의 상기 다수의 추정치들을 함께 평균화하는 단계를 더 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

무한 임펄스 응답 (IIR) 필터를 이용하여 c_0' 및 c_1' 의 추정치들을 업데이트하는 단계를 더 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 11

제 4 항에 있어서,

상기 다항식은 계수 c_2' 에 T 의 2 차 함수를 곱한 것과 계수 c_3' 에 T 의 3 차 함수를 곱한 것을 더 포함하며, 상기 방법은,

c_1' 에 기초하여 상기 계수 c_2' 및 상기 계수 c_3' 를 컴퓨팅하는 단계를 더 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 계수 c_2' 를 컴퓨팅하는 단계는 c_1' 에 항 $m_{c_2'}$ 을 곱하는 단계를 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 계수 c_3' 를 컴퓨팅하는 단계는 c_1' 에 항 $m_{c_3'}$ 을 곱하는 단계를 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

$F_m(T_1)$ 과 $F'(T_1)$ 사이의 차이를 얻음으로써 상기 항 c_0' 를 업데이트하는 단계를 더 포함하며,

$F'(T_1)$ 은 미리 업데이트된 상기 항 c_0' , 및 상기 컴퓨팅된 계수들 c_1' , c_2' 및 c_3' 를 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 15

제 13 항에 있어서,

c_0' , c_1' , c_2' 및 c_3' 의 다수의 추정치들을 컴퓨팅하는 단계를 더 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

c_0' , c_1' , c_2' 및 c_3' 의 상기 다수의 추정치들을 함께 평균화하는 단계를 더 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 17

제 15 항에 있어서,

무한 임펄스 응답 (IIR) 필터를 이용하여 c_0' , c_1' , c_2' 및 c_3' 의 추정치들을 업데이트하는 단계를 더 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 18

제 15 항에 있어서,

1) c_0' , c_1' 의 후보 추정치들에 기초한 주파수 추정치와 2) 상기 측정된 주파수 $F_m(T_1)$ 사이의 평균-제곱 오차를 최소화함으로써 c_0' , c_1' , c_2' 및 c_3' 의 추정치들을 업데이트하는 단계를 더 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

c_0' , c_1' 의 후보 추정치들에 기초한 상기 주파수 추정치는 c_0' 및 c_1' 의 상기 후보 추정치들에 선형적으로 관련되는 c_2' 및 c_3' 에 대한 추정치들을 이용하는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 20

제 1 항에 있어서,

c_0' 및 c_1' 의 추정치들을 컴퓨팅하는 단계는 공장에서 행해지는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 21

수정 발진기 주파수의 다항식 근사법에 이용하기 위한 계수들을 컴퓨팅하는 방법으로서,

다항식은 항 c_0' 및 계수 c_1' 에 수정 발진기의 측정된 온도 T 를 곱한 것을 포함하며, 상기 방법은,

상태 FIELD0 에 진입하는 단계로서, 상기 상태 FIELD0 에서의 동작들은 상기 측정된 온도 T 가 제 1 온도 범위 내에 있다면 계수 c_0' 를 컴퓨팅하는 것을 포함하는, 상기 상태 FIELD0 에 진입하는 단계; 및

상태 FIELD1 에 진입하는 단계로서, 상기 상태 FIELD1 에서의 동작들은 상기 측정된 온도 T 가 제 2 온도 범위 내에 있다면 상기 계수 c_1' 를 컴퓨팅하는 것을 포함하는, 상기 상태 FIELD1 에 진입하는 단계를 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 22

제 21 항에 있어서,

상기 계수 c_0' 를 컴퓨팅하는 것은,

측정된 주파수 f_m 와 계산된 주파수 f_{cal} 사이의 차이를 얻어 제 1 차이 항을 생성하는 것을 포함하며,

f_{cal} 는 상기 계수 c_0' 의 이전의 추정치와 상기 측정된 온도 T 로부터 계산되는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 23

제 22 항에 있어서,

상기 계수 c_0' 를 컴퓨팅하는 것은,

상기 제 1 차이 항과 상기 계수 c_0' 의 이전의 추정치 사이의 차이를 가중 상수에 의해 가중화하는 것; 및

상기 가중화된 차이를 상기 계수 c_0' 의 이전의 추정치에 더하는 것을 더 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 24

제 23 항에 있어서,

상기 계수 c_1' 를 컴퓨팅하는 것은,

온도들 T_2 및 T_1 , 및 대응하는 주파수들 $F_m(T_2)$ 및 $F_m(T_1)$ 을 측정하는 것;

$F_m(T_2)$ 와 $F_m(T_1)$ 사이의 차이를 T_2 와 T_1 사이의 차이로 나누어 제 1 몫을 생성하는 것;

상기 제 1 몫을 가중 상수에 의해 가중화하는 것; 및

상기 가중화된 몫을 상기 계수 $c1'$ 의 이전의 추정치에 더하는 것을 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 25

제 24 항에 있어서,

상기 상태 FIELD0 에서의 동작들은 상기 측정된 온도 T 가 상기 제 1 온도 범위 내에 있는지를 체크하기 전에 제 1 미리 결정된 시간 주기를 대기하는 것을 더 포함하며, 상기 상태 FIELD1 에서의 동작들은 상기 측정된 온도 T 가 상기 제 2 온도 범위 내에 있는지를 체크하기 전에 제 2 미리 결정된 시간 주기를 대기하는 것을 더 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 26

제 25 항에 있어서,

$c0'$ 가 FIELD0 에서 제 1 미리 결정된 횟수 컴퓨팅되었다면 FIELD0 으로부터 FIELD1 로 전이하는 단계를 더 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 27

제 25 항에 있어서,

$c0'$ 의 현재의 추정치와 $c0'$ 의 이전의 추정치 사이의 차이가 미리 결정된 값보다 작다면 FIELD0 으로부터 FIELD1 로 전이하는 단계를 더 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 28

제 25 항에 있어서,

미리 결정된 조건이 충족된다면 FIELD0 으로부터 다시 FIELD1 로 전이하는 단계를 더 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 29

제 25 항에 있어서,

상태 FIELD3 에 진입하는 단계를 더 포함하며, 상기 상태 FIELD3 에서의 동작들은 상기 측정된 온도 T 가 제 4 온도 범위 내에 있다면 계수 $c3'$ 를 컴퓨팅하는 것을 포함하며, 상기 상태 FIELD3 에서의 동작들은 상기 측정된 온도 T 가 상기 제 4 온도 범위 내에 있는지를 체크하기 전에 제 4 미리 결정된 시간 주기를 대기하는 것을 더 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 30

제 29 항에 있어서,

상기 계수 $c3'$ 를 컴퓨팅하는 것은 1) $c0$, $c1$, $c2$ 의 업데이트된 값들 및 $c3'$ 의 후보 추정치에 기초한 주파수 추정치와 2) 상기 측정된 주파수 $F_m(T1)$ 사이의 평균-제곱 오차를 최소화하는 $c3'$ 의 추정치를 결정하는 것을 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 31

제 30 항에 있어서,

$c3'$ 의 상기 추정치를 $c3'$ 의 이전의 추정치로 IIR 필터링하는 단계를 더 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 32

제 31 항에 있어서,

$c1'$ 가 제 2 미리 결정된 횟수 컴퓨팅되었다면 FIELD1 로부터 FIELD3 으로 전이하는 단계를 더 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 33

제 31 항에 있어서,

$c1'$ 의 현재의 추정치와 $c1'$ 의 이전의 추정치 사이의 차이가 미리 결정된 값보다 작다면 FIELD1 로부터 FIELD3 으로 전이하는 단계를 더 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 방법.

청구항 34

수정 발진기 주파수의 다항식 근사법에 이용하기 위한 계수들을 컴퓨팅하는 장치로서,

다항식은 항 $c0'$ 및 계수 $c1'$ 에 수정 발진기의 측정된 온도 T 를 곱한 것을 포함하며, 상기 장치는,

제 1 온도 $T1$ 및 제 2 온도 $T2$ 를 측정하는 온도 측정 유닛;

대응하는 발진기 주파수들 $Fm(T1)$ 및 $Fm(T2)$ 을 측정하는 주파수 측정 유닛; 및

$Fm(T1)$ 에 기초하여 계수 $c0'$ 를 컴퓨팅하고, $T1$, $T2$, $Fm(T1)$ 및 $Fm(T2)$ 에 기초하여 상기 계수 $c1'$ 를 컴퓨팅하는 컴퓨팅 모듈을 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 장치.

청구항 35

제 34 항에 있어서,

상기 컴퓨팅 모듈은 $Fm(T1)$ 과 초기 항 $F_{init}(T1)$ 사이의 차이를 얻음으로써 상기 계수 $c0'$ 를 컴퓨팅하는, 계수들을 컴퓨팅하는 장치.

청구항 36

제 34 항에 있어서,

상기 컴퓨팅 모듈은 $Fm(T2)$ 과 $Fm(T1)$ 사이의 차이를 $T2$ 와 $T1$ 사이의 차이로 나눔으로써 상기 계수 $c1'$ 를 컴퓨팅하는, 계수들을 컴퓨팅하는 장치.

청구항 37

제 34 항에 있어서,

상기 다항식은 계수 $c2'$ 에 T 의 2 차 함수를 곱한 것을 더 포함하며, 상기 컴퓨팅 모듈은 또한 상기 컴퓨팅된 계수 $c1'$ 에 대해 선형 연산을 수행함으로써 상기 계수 $c2'$ 를 컴퓨팅하는, 계수들을 컴퓨팅하는 장치.

청구항 38

제 37 항에 있어서,

상기 다항식은 계수 $c3'$ 에 T 의 3 차 함수를 곱한 것을 더 포함하며, 상기 컴퓨팅 모듈은 또한 상기 컴퓨팅된 계수 $c1'$ 에 대해 선형 연산을 수행함으로써 상기 계수 $c3'$ 를 컴퓨팅하는, 계수들을 컴퓨팅하는 장치.

청구항 39

수정 발진기 주파수의 다항식 근사법에 이용하기 위한 계수들을 컴퓨팅하는 장치로서,

다항식은 항 $c0'$ 및 계수 $c1'$ 에 수정 발진기의 측정된 온도 T 를 곱한 것을 포함하며, 상기 장치는,

제 1 온도 $T1$ 및 제 2 온도 $T2$ 를 측정하는 수단;

대응하는 발진기 주파수들 $Fm(T1)$ 및 $Fm(T2)$ 을 측정하는 수단; 및

$Fm(T1)$ 에 기초하여 계수 $c0'$ 를 컴퓨팅하고, $T1$, $T2$, $Fm(T1)$ 및 $Fm(T2)$ 에 기초하여 상기 계수 $c1'$ 를 컴퓨팅하는 수단을 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 장치.

청구항 40

수정 발진기 주파수의 다항식 근사법에 이용하기 위한 계수들을 컴퓨팅하는, 컴퓨터 판독가능 매체를 포함하는

컴퓨터 프로그램 제품으로서,

다항식은 항 c_0' 및 계수 c_1' 에 수정 발진기의 측정된 온도 T 를 곱한 것을 포함하며,

상기 컴퓨터 판독가능 매체는,

컴퓨터로 하여금 제 1 온도 T_1 및 대응하는 발진기 주파수 $F_m(T_1)$ 를 측정하도록 하기 위한 코드;

컴퓨터로 하여금 제 2 온도 T_2 및 대응하는 발진기 주파수 $F_m(T_2)$ 를 측정하도록 하기 위한 코드;

컴퓨터로 하여금 $F_m(T_1)$ 에 기초하여 계수 c_0' 를 컴퓨팅하도록 하기 위한 코드; 및

컴퓨터로 하여금 T_1 , T_2 , $F_m(T_1)$ 및 $F_m(T_2)$ 에 기초하여 상기 계수 c_1' 를 컴퓨팅하도록 하기 위한 코드를 포함하는, 컴퓨터 판독가능 매체를 포함하는 컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 41

수정 발진기 주파수의 다항식 근사법에 이용하기 위한 계수들을 컴퓨팅하는 장치로서,

다항식은 항 c_0' 및 계수 c_1' 에 수정 발진기의 측정된 온도 T 를 곱한 것을 포함하며, 상기 장치는,

상태 FIELD0 에 진입하는 수단으로서, 상기 상태 FIELD0 에서의 동작들은 상기 측정된 온도 T 가 제 1 온도 범위 내에 있다면 계수 c_0' 를 컴퓨팅하는 것을 포함하는, 상기 상태 FIELD0 에 진입하는 수단; 및

상태 FIELD1 에 진입하는 수단으로서, 상기 상태 FIELD1 에서의 동작들은 상기 측정된 온도 T 가 제 2 온도 범위 내에 있다면 상기 계수 c_1' 를 컴퓨팅하는 것을 포함하는, 상기 상태 FIELD1 에 진입하는 수단을 포함하는, 계수들을 컴퓨팅하는 장치.

청구항 42

제 41 항에 있어서,

상기 계수 c_0' 를 컴퓨팅하는 것은 측정된 주파수 f_m 와 계산된 주파수 f_{cal} 사이의 차이를 얻어 제 1 차이 항을 생성하는 것을 포함하며,

f_{cal} 은 상기 계수 c_0' 의 이전의 추정치 및 상기 측정된 온도 T 로부터 계산되는, 계수들을 컴퓨팅하는 장치.

청구항 43

수정 발진기 주파수의 다항식 근사법에 이용하기 위한 계수들을 컴퓨팅하는, 컴퓨터 판독가능 매체를 포함하는 컴퓨터 프로그램 제품으로서,

다항식은 항 c_0' 및 계수 c_1' 에 수정 발진기의 측정된 온도 T 를 곱한 것을 포함하며,

상기 컴퓨터 판독가능 매체는,

컴퓨터로 하여금 상태 FIELD0 에 진입하도록 하기 위한 코드로서, 상기 상태 FIELD0 에서의 동작들은 상기 측정된 온도 T 가 제 1 온도 범위 내에 있다면 계수 c_0' 를 컴퓨팅하는 것을 포함하는, 상기 상태 FIELD0 에 진입하도록 하기 위한 코드; 및

컴퓨터로 하여금 상태 FIELD1 에 진입하도록 하기 위한 코드로서, 상기 상태 FIELD1 에서의 동작들은 상기 측정된 온도 T 가 제 2 온도 범위 내에 있다면 상기 계수 c_1' 를 컴퓨팅하는 것을 포함하는, 상기 상태 FIELD1 에 진입하도록 하기 위한 코드를 포함하는, 컴퓨터 판독가능 매체를 포함하는 컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 44

제 43 항에 있어서,

컴퓨터로 하여금 상기 계수 c_0' 를 컴퓨팅하도록 하기 위한 코드는 컴퓨터로 하여금 측정된 주파수 f_m 와 계산된 주파수 f_{cal} 사이의 차이를 얻어 제 1 차이 항을 생성하도록 하기 위한 코드를 포함하며,

*fc*은 상기 계수 c_0' 의 이전의 추정치 및 상기 측정된 온도 T 로부터 계산되는, 컴퓨터 판독가능 매체를 포함하는 컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 45

제 43 항에 있어서,

컴퓨터로 하여금 상기 계수 c_0' 를 컴퓨팅하도록 하기 위한 코드는,

컴퓨터로 하여금 상기 제 1 차이 항과 상기 계수 c_0' 의 이전의 추정치 사이의 차이를 가중 상수에 의해 가중화하도록 하기 위한 코드; 및

컴퓨터로 하여금 상기 가중화된 차이를 상기 계수 c_0' 의 이전의 추정치에 더하도록 하기 위한 코드를 더 포함하는, 컴퓨터 판독가능 매체를 포함하는 컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 46

제 45 항에 있어서,

컴퓨터로 하여금 상기 계수 c_1' 를 컴퓨팅하도록 하기 위한 코드는,

컴퓨터로 하여금 온도들 T_2 및 T_1 및 대응하는 주파수들 $F_m(T_2)$ 및 $F_m(T_1)$ 을 측정하도록 하기 위한 코드;

컴퓨터로 하여금 $F_m(T_2)$ 와 $F_m(T_1)$ 사이의 차이를 T_2 와 T_1 사이의 차이로 나누어 제 1 몫을 생성하도록 하기 위한 코드;

컴퓨터로 하여금 상기 제 1 몫을 가중 상수로 가중화하도록 하기 위한 코드; 및

컴퓨터로 하여금 상기 가중화된 몫을 상기 계수 c_1' 의 이전의 추정치에 더하도록 하기 위한 코드를 포함하는, 컴퓨터 판독가능 매체를 포함하는 컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 47

제 46 항에 있어서,

상기 상태 FIELD0에서의 동작들은 상기 측정된 온도 T 가 상기 제 1 온도 범위 내에 있는지를 체크하기 전에 제 1 미리 결정된 시간 주기를 대기하는 것을 더 포함하며, 상기 상태 FIELD1에서의 동작들은 상기 측정된 온도 T 가 상기 제 2 온도 범위 내에 있는지를 체크하기 전에 제 2 미리 결정된 시간 주기를 대기하는 것을 더 포함하는, 컴퓨터 판독가능 매체를 포함하는 컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 48

제 47 항에 있어서,

상기 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터로 하여금, c_0' 가 FIELD0에서 제 1 미리 결정된 횟수 컴퓨팅되었다면 FIELD0으로부터 FIELD1로 전이하도록 하기 위한 코드를 더 포함하는, 컴퓨터 판독가능 매체를 포함하는 컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 49

제 48 항에 있어서,

상기 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터로 하여금 상태 FIELD3에 진입하도록 하기 위한 코드를 더 포함하며, 상기 상태 FIELD3에서의 동작들은 상기 측정된 온도 T 가 제 4 온도 범위 내에 있다면 계수 c_3' 를 컴퓨팅하는 것을 포함하며, 상기 상태 FIELD3에서의 동작들은 상기 측정된 온도 T 가 상기 제 4 온도 범위 내에 있는지를 체크하기 전에 제 4 미리 결정된 시간 주기를 대기하는 것을 더 포함하는, 컴퓨터 판독가능 매체를 포함하는 컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 50

제 49 항에 있어서,

상기 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터로 하여금, $c1'$ 가 제 2 미리 결정된 횃수 컴퓨팅되었다면 FIELD1 로부터 FIELD3 으로 전이하도록 하기 위한 코드를 더 포함하는, 컴퓨터 판독가능 매체를 포함하는 컴퓨터 프로그램 제품.

명세서

기술분야

[0001] 본 개시물은 수정 발진기에 관한 것으로, 더 상세하게는 수정 발진기의 주파수를 추정하는 기술에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 수정 발진기 (XO) 가 통신 디바이스에서 주파수 소스로서 이용된다. 통상의 수정 발진기에 있어서, 공칭 공진 주파수 (nominal resonant frequency) 를 갖는 수정 결정판 (quartz crystal) 이 공칭 출력 주파수를 갖는 신호를 생성하는 발진기 회로에 커플링된다. 실제로, 수정의 공진 주파수 및 회로의 출력 주파수는 온도, 에이징 (aging), 구동 레벨 및 진동과 같은 팩터로 인해 시간의 경과에 따라 변할 수도 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 통신 애플리케이션에 있어서, 주파수 소스는 통상적으로 엄격한 정확도 요건을 충족하도록 요구되며, 이로써 보상 방식의 이용을 지시하여 수정 발진기의 주파수 정확도를 향상시킨다. 본원에는 수정 발진기 주파수를 추정하고, 그 수정 발진기 주파수의 온도에 따른 변화를 설명하기 위한 기술이 개시되어 있다.

과제의 해결 수단

[0004] 본 개시물의 일 양태는 수정 발진기 주파수의 다항식 근사법 (polynomial approximation) 에 이용하기 위한 계수들을 컴퓨팅하는 방법을 제공하며, 다항식은 항 $c0'$ 및 계수 $c1'$ 에 수정 발진기의 측정된 온도 T 를 곱한 것을 포함하며, 상기 방법은 제 1 온도 $T1$ 및 대응하는 발진기 주파수 $Fm(T1)$ 를 측정하는 단계; 제 2 온도 $T2$ 및 대응하는 발진기 주파수 $Fm(T2)$ 를 측정하는 단계; $Fm(T1)$ 에 기초하여 계수 $c0'$ 를 컴퓨팅하는 단계; 및 $T1$, $T2$, $Fm(T1)$ 및 $Fm(T2)$ 에 기초하여 계수 $c1'$ 를 컴퓨팅하는 단계를 포함한다.

[0005] 본 개시물의 다른 양태는 수정 발진기 주파수의 다항식 근사법에 이용하기 위한 계수들을 컴퓨팅하는 방법을 제공하며, 다항식은 항 $c0'$ 및 계수 $c1'$ 에 수정 발진기의 측정된 온도 T 를 곱한 것을 포함하며, 상기 방법은 상태 FIELD0 에 진입하는 단계로서, 상태 FIELD0 에서의 동작들은 측정된 온도 T 가 제 1 온도 범위 내에 있다면 계수 $c0'$ 를 컴퓨팅하는 것을 포함하는, 상기 상태 FIELD0 에 진입하는 단계; 및 상태 FIELD1 에 진입하는 단계로서, 상태 FIELD1 에서의 동작들은 측정된 온도 T 가 제 2 온도 범위 내에 있다면 계수 $c1'$ 를 컴퓨팅하는 것을 포함하는, 상기 상태 FIELD1 에 진입하는 단계를 포함한다.

[0006] 본 개시물의 또 다른 양태는 수정 발진기 주파수의 다항식 근사법에 이용하기 위한 계수들을 컴퓨팅하는 장치를 제공하며, 다항식은 항 $c0'$ 및 계수 $c1'$ 에 수정 발진기의 측정된 온도 T 를 곱한 것을 포함하며, 상기 장치는 제 1 온도 $T1$ 및 제 2 온도 $T2$ 를 측정하는 온도 측정 유닛; 대응하는 발진기 주파수들 $Fm(T1)$ 및 $Fm(T2)$ 을 측정하는 주파수 측정 유닛; 및 $Fm(T1)$ 에 기초하여 계수 $c0'$ 를 컴퓨팅하고, $T1$, $T2$, $Fm(T1)$ 및 $Fm(T2)$ 에 기초하여 계수 $c1'$ 를 컴퓨팅하는 컴퓨팅 모듈을 포함한다.

[0007] 본 개시물의 또 다른 양태는 수정 발진기 주파수의 다항식 근사법에 이용하기 위한 계수들을 컴퓨팅하는 컴퓨터 프로그램 제품을 제공하며, 다항식은 항 $c0'$ 및 계수 $c1'$ 에 수정 발진기의 측정된 온도 T 를 곱한 것을 포함하며, 상기 컴퓨터 프로그램 제품은 컴퓨터로 하여금 제 1 온도 $T1$ 및 대응하는 발진기 주파수 $Fm(T1)$ 를 측정하도록 하기 위한 코드; 컴퓨터로 하여금 제 2 온도 $T2$ 및 대응하는 발진기 주파수 $Fm(T2)$ 를 측정하도록 하기 위한 코드; 컴퓨터로 하여금 $Fm(T1)$ 에 기초하여 계수 $c0'$ 를 컴퓨팅하도록 하기 위한 코드; 및 컴퓨터로 하여금 $T1$, $T2$, $Fm(T1)$ 및 $Fm(T2)$ 에 기초하여 계수 $c1'$ 를 컴퓨팅하도록 하기 위한 코드를 포함하는 컴퓨터 판독가능 매체를 포함한다.

[0008] 본 개시물의 또 다른 양태는 수정 발진기 주파수의 다항식 근사법에 이용하기 위한 계수들을 컴퓨팅하는 장치를 제공하며, 다항식은 항 $c0'$ 및 계수 $c1'$ 에 수정 발진기의 측정된 온도 T 를 곱한 것을 포함하며, 상기 장치는 상태 FIELD0 에 진입하는 수단으로서, 상태 FIELD0 에서의 동작들은 측정된 온도 T 가 제 1 온도 범위 내에 있

다면 계수 c_0' 를 컴퓨팅하는 것을 포함하는, 상기 상태 FIELD0 에 진입하는 수단; 및 상태 FIELD1 에 진입하는 수단으로서, 상태 FIELD1 에서의 동작들은 측정된 온도 T 가 제 2 온도 범위 내에 있다면 계수 c_1' 를 컴퓨팅하는 것을 포함하는, 상기 상태 FIELD1 에 진입하는 수단을 포함한다.

[0009] 본 개시물의 또 다른 양태는 수정 발진기 주파수의 다항식 근사법에 이용하기 위한 계수들을 컴퓨팅하는 컴퓨터 프로그램 제품을 제공하며, 다항식은 항 c_0' 및 계수 c_1' 에 수정 발진기의 측정된 온도 T 를 곱한 것을 포함하며, 상기 컴퓨터 프로그램 제품은 컴퓨터로 하여금 상태 FIELD0 에 진입하도록 하기 위한 코드로서, 상태 FIELD0 에서의 동작들은 측정된 온도 T 가 제 1 온도 범위 내에 있다면 계수 c_0' 를 컴퓨팅하는 것을 포함하는, 상기 상태 FIELD0 에 진입하도록 하기 위한 코드; 및 컴퓨터로 하여금 상태 FIELD1 에 진입하도록 하기 위한 코드로서, 상태 FIELD1 에서의 동작들은 측정된 온도 T 가 제 2 온도 범위 내에 있다면 계수 c_1' 를 컴퓨팅하는 것을 포함하는, 상기 상태 FIELD1 에 진입하도록 하기 위한 코드를 포함하는 컴퓨터 판독가능 매체를 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1 은 수정 발진기를 형성하기 위해 발진기 회로 (110) 에 커플링된 수정 (100) 의 블록도를 도시한다.
 도 1a 는 수정의 공진 주파수의 온도 및 수정 절단각에 따른 통상의 변화를 플롯팅한 도면이다.
 도 2 는 계수들 c_0 , c_1 , c_2 , c_3 을 추정하기 위한 본 개시물에 따른 단계들을 도시한 도면이다.
 도 2a 는 본 개시물의 대안의 실시형태를 도시한 도면이다.
 도 2b 는 수신기에서의 주파수 오프셋 $F_m(T_1)$ 을 측정하는 기술의 일 실시형태를 도시한 도면이다.
 도 3a 는 $L1/2$ 로 표시된 c_1' 과 c_2' 사이의 선형 관계를 도시한 도면이다.
 도 3b 는 c_1' 로부터 c_3' 의 추정치를 컴퓨팅하는데 이용될 수 있는 c_1' 과 c_3' 사이의 유사한 선형 관계를 도시한 도면이다.
 도 4 는 예를 들어 도 2 에서 설명된 절차로부터 유도되는 초기 교정된 계수들의 세트를 재조정하는데 이용된 상태 머신을 도시한 도면이다.
 도 5 는 상태 FIELD0 동안 수행된 동작들의 일 실시형태를 도시한 도면이다.
 도 6 은 상태 FIELD1 동안 수행된 동작들의 일 실시형태를 도시한 도면이다.
 도 7 은 상태 FIELD3 동안 수행된 동작들의 일 실시형태를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 본원에는 수정 발진기의 주파수를 그 수정 발진기의 측정된 온도에 기초하여 추정하기 위한 기술이 개시되어 있다.
 [0012] 도 1 은 수정 발진기를 형성하기 위해 발진기 회로 (110) 에 커플링된 수정 (100) 의 블록도를 도시한다. 수정 (100) 의 온도는 온도 센서 (120) 에 의해 측정되며, 온도 센서 (120) 는 측정된 온도 T 를 생성한다. 수정 발진기는 공칭 기준 주파수를 갖는 출력 신호 (110a) 를 생성한다.
 [0013] 일 실시형태에서, 온도 T 는 수정에서 국부적으로 측정된 온도일 수도 있다. 대안의 실시형태 (미도시) 에서, 이하 추가 설명된 바와 같이 발진기 회로 국부 온도에 대응하는 추가적인 온도 T_0 가 주파수 추정치를 향상시키기 위해 측정 및 제공될 수도 있다.
 [0014] 도 1a 는 수정의 공진 주파수의 온도 및 수정 절단각에 따른 통상의 변화를 플롯팅한다. 종래 기술에서는 수정 온도와 수정 공진 주파수 사이의 관계가 다음 (식 1) 과 같이 다항 방정식에 의해 근사화될 수도 있다는 것을 보여주었으며:

$$F_x(T) = a_3 (T - T_0)^3 + a_2 (T - T_0)^2 + a_1 (T - T_0)$$

[0015] 여기서, T 는 수정 온도를 나타내고, T_0 는 고정된 기준 온도를 나타내며, $F_x(T)$ 는 공칭 주파수 F_{x0} 에 대한 온도 T 에서의 수정 공진 주파수의 시프트를 나타내고, a_1 , a_2 , a_3 은 샘플링된 특정 수정을 특징짓는 계수들이다. 일반적으로, 계수들 a_1 , a_2 , a_3 은 수정의 절단각을 포함하는, 수정의 물리적 특징들에 의해 결정된다.

예를 들어, Arthur Ballato, "Frequency-Temperature-Load Capacitance Behavior of Resonators for TCXO Application", IEEE Trans. Sonics and Ultrasonics, Vol. SU-25, No.4 (1978년 7월) 을 참조한다.

[0017] 수정 (100) 이 도 1 에 도시된 바와 같이 발진기 회로 (110) 에 커플링될 때, 발진기 출력 신호 (110a) 의 주파수는 다음 (식 2) 과 같이 온도에 따라 변할 수도 있다 :

[0018]
$$F_o(T, T_o) = c3 (T - T_o)^3 + c2 (T - T_o)^2 + c1 (T - T_o) + c0 + c_p (T_o - T_{oo})$$

[0019] 식 2 에서, T 는 수정 온도를 나타내고, T_o 는 고정된 기준 온도를 나타내며, $F_o(T, T_o)$ 는 기준 주파수 F_{oo} 에 대한 온도 T 에서의 신호 (110a) 의 예측된 주파수 시프트를 나타내고, T_o 는 발진기 온도를 나타내며, T_{oo} 는 고정된 발진기 기준 온도를 나타내고, c0, c1, c2, c3 은 수정 온도에 대한 발진기 출력 신호 (110a) 의 주파수 의존성을 특징짓는 계수들이며, c_p 는 발진기 온도에 대한 발진기 출력 신호 (110a) 의 주파수 의존성을 특징짓는 계수이다. 계수 c_p 는 예를 들어 발진기 회로를 로딩하는 커패시턴스에 의존할 수도 있다.

[0020] 일 실시형태에서, 계수 c_p 는 수정 벤더 (crystal vendor) 에 의해 제공된 수정의 공칭 F-T 커브를 완전히 로딩된 수정 발진기를 이용하여 측정된 F-T 커브와 비교함으로써 유도된다. 상기 측정은 예를 들어 실험실에서 오프라인으로 행해질 수도 있다.

[0021] 대안으로, c_p 를 유도하기 위해, 수정 온도는 고정될 수도 있는 한편, 발진기 온도는 제 1 온도 T_{o1} 로부터 제 2 온도 T_{o2} 로 변화였다. 대응하는 발진기 출력 주파수들 $F_o(T_{o1})$ 및 $F_o(T_{o2})$ 이 측정될 수도 있다. 그 후 계수 c_p 는 다음 (식 2a) 과 같이 추정될 수도 있다 :

[0022]
$$c_p = [F_o(T_{o1}) - F_o(T_{o2})] / (T_{o1} - T_{o2})$$

[0023] 계수 c_p 가 일반적으로 소정의 발진기 디자인에 대해 고정되기 때문에, 계수를 추정하기 위해 단 한번의 측정만이 수행될 필요가 있다. 그 추정치는 그 후에 수정 발진기의 모든 구현을 위해 이용될 수 있다.

[0024] 본 개시물의 일 양태에 따르면, 측정된 온도들 T 및 T_o , 및 계수들 c0, c1, c2, c3 의 추정치들을 이용하여, 식 2 에 따라 $F_o(T)$ 를 컴퓨팅하기 위한 기술이 제공된다.

[0025] 도 2 는 계수들 c0, c1, c2, c3 을 추정하기 위한 본 개시물에 따른 단계들을 도시한다. 일 실시형태에서, 도 2 에 나타난 단계들은 공장에서 수행될 수도 있다.

[0026] 단계 200 에서, c0, c1, c2, c3 의 초기 값들이 메모리로부터 로딩된다. 도 2 에서, 로딩된 초기 값들은 각각 $c0_{init}$, $c1_{init}$, $c2_{init}$, $c3_{init}$ 으로 지정된다. 일 실시형태에서, $c0_{init}$ 은 제로로 설정된다. 일 실시형태에서, $c1_{init}$, $c2_{init}$, $c3_{init}$ 은 식 1 에 따라, 수정을 특징짓는 계수들 a1, a2, a3 의 값들 각각으로 설정된다.

계수들 a1, a2, a3 은 예를 들어 수정 벤더에 의해 제공된 데이터로부터 계산될 수도 있다. 일 실시형태에서, 계수들 a1, a2, a3 은 수정 벤더에 의해 제공되는 것처럼 다수의 수정 샘플들로부터의 데이터를 평균화함으로써 추정될 수도 있다. 대안으로, 계수들 a1, a2, a3 은 수정 벤더에 의해 제공된 공칭 F-T 커브로부터 추정될 수도 있다.

[0027] 도 2 로 돌아가면, 단계 202 에서, 임의의 시간 t1 에서의 수정의 온도 T1 은 예를 들어 도 1 의 온도 센서 (120) 를 이용하여 측정된다. 또한, 기준 주파수 F_{oo} 로부터 대응하는 발진기 주파수 오프셋 $F_m(T1)$ 이 측정된다. 일 실시형태에서, 주파수 오프셋 $F_m(T1)$ 은 도 2b 에 나타난 바와 같이, 단일 톤의 기지의 주파수 F1 를 수신기에 끼워넣고, 수정 발진기를 공칭으로 주파수 F1 로 튜닝하며, 다운변환 후의 신호의 주파수를 관찰함으로써 측정될 수도 있다. 다운변환 후의 신호의 주파수는 주파수 오프셋 $F_m(T1)$ 을 유도하는데 이용될 수 있다. 당업자는 단순화를 위해, 증폭기 및/또는 다른 필터와 같은 소정의 블록들이 도 2b 에 도시된 주파수 측정 셋업으로부터 생략되었다는 것을 인식할 것이다.

[0028] 단계 204 에서, 추정된 계수 c_0' 가 단계 202 에서 수집된 정보에 기초하여 컴퓨팅된다. 일 실시형태에서, 추정된 계수 c_0' 는 다음 (식 3) 과 같이 컴퓨팅되며 :

[0029]
$$c_0' = F_m(T_1) - F_{init}(T_1)$$

[0030] 여기서, $F_{init}(T_1)$ 은 식 2 에 초기 계수 추정치들 $c_{0_{init}}$, $c_{1_{init}}$, $c_{2_{init}}$, $c_{3_{init}}$ 을 대입함으로써, 즉, (식 4) 에 의해 컴퓨팅된다 :

[0031]
$$F_{init}(T_1) = c_{3_{init}} (T_1 - T_0)^3 + c_{2_{init}} (T_1 - T_0)^2 + c_{1_{init}} (T_1 - T_0) + c_{0_{init}}$$

[0032] 단계 206 에서, 제 2 온도 T_2 에서의 발전기 주파수가 측정되어, $F_m(T_2)$ 가 산출된다. 온도 T_2 는 바람직하게는 T_1 으로부터 충분히 분리되어 F-T 커브의 슬로프의 정확한 추정을 허용하지만, T_1 에 충분히 근접하여 2 차 항 및 3 차 항의 효과를 최소화시킨다. 예를 들어, T_1 과 T_2 사이의 분리는 적어도 1°C 인 것으로 선택될 수도 있다.

[0033] 일 실시형태에서, 온도 T_2 는 T_1 이 샘플링되는 시간 t_1 이후 미리 결정된 양의 시간을 대기한 후에 샘플링될 수도 있다. 대안의 실시형태에서, 복수의 온도-주파수 데이터 포인트들이 일 시간 간격에 걸쳐 샘플링될 수도 있으며, 최하의 온도는 T_1 이 될 수도 있고, 최상의 온도는 T_2 가 될 수도 있다. 일 실시형태에서, 온도 T_2 와 온도 T_1 사이의 충분한 분리를 더욱 용이하게 하기 위해, 단계 202 후에는 발전기 온도를 상승시키기 위해 열원이 턴 온될 수도 있다. 일 실시형태에서, 열원은 전력 증폭기일 수도 있다.

[0034] 단계 208 에서, 추정된 계수 c_1' 가 컴퓨팅된다. 일 실시형태에서, c_1' 는 다음 (식 5) 과 같이 컴퓨팅될 수도 있다 :

[0035]
$$c_1' = [F_m(T_2) - F_m(T_1)] / [T_2 - T_1]$$

[0036] 단계 210 에서, 추정된 계수들 c_2' 및 c_3' 가 컴퓨팅된다. 일 실시형태에서, c_2' 및 c_3' 는 c_1' 의 특징이 c_2' 및 c_3' 를 고유하게 특정하도록, c_1' 의 함수가 되는 것으로 가정된다. 일 실시형태에서, c_2' 및 c_3' 는 다음 (식 6) 과 같이 c_1' 와 선형적으로 관련되는 것으로 가정되며 :

[0037]
$$c_2' = m_{c_2'} * c_1' + b_{c_2'}; \text{ 및}$$

$$c_3' = m_{c_3'} * c_1' + b_{c_3'}$$

[0038] 여기서, 선형 계수들 $m_{c_2'}$, $m_{c_3'}$, $b_{c_2'}$, $b_{c_3'}$ 은 경험적으로 결정되고/되거나 메모리에 미리 저장될 수도 있다.

[0039] 도 3a 는 L1/2 로 표시된 c_1' 와 c_2' 사이의 선형 관계를 도시한다. 일 실시형태에서, 선형 관계를 특징짓는 계수들 $m_{c_2'}$ 및 $b_{c_2'}$ 는 수정 벤더에 의해 제공되는 것처럼 다수의 수정 데이터 샘플들로부터 유도될 수도 있다. 이들 다수의 데이터 샘플들은 도 3a 에, 라인 L1/2 상에 중첩된 분산형 플롯 (scatter plot) 으로서 도시된다. 데이터 포인트들에 기초하여, 추정된 계수들 $m_{c_2'}$ 및 $b_{c_2'}$ 는 미리 결정된 최적화 기준, 예를 들어, 분산형 플롯에서의 데이터 샘플들과 라인 L1/2 사이의 최소 평균 제곱 오차에 따라 결정될 수도 있다.

[0040] 도 3b 는 c_1' 로부터 c_3' 의 추정치를 컴퓨팅하는데 이용될 수 있는 c_1' 과 c_3' 사이의 유사한 선형 관계를 도시한다.

[0041] 일 실시형태에서, 교정되는 수정과 동일한 수정 벤더에 의해 제조된 수정 샘플들로부터의 데이터만이 계수들 $m_{c_2'}$, $b_{c_2'}$, $m_{c_3'}$, $b_{c_3'}$ 을 추정하기 위해 포함될 수도 있다. 일 실시형태에서, 다수의 벤더들로부터의 수정 샘플들이 포함될 수도 있다.

[0042] 도 2 로 돌아가면, 단계 212 에서, 계수 c_0 에 대한 업데이트된 추정치 c_0'' 가 단계 204, 단계 208 및 단계 210 에서 유도된 추정된 계수들 c_0' , c_1' , c_2' 및 c_3' 에 기초하여 획득될 수도 있다. 일 실시형태에서, c_0'' 은 $c_0'' = F_m(T_1) - F'(T_1)$ 으로서 컴퓨팅될 수도 있으며, 여기서, $F'(T_1)$ 은 다음 (식 7) 과 같이 컴퓨팅된다 :

[0043]
$$F'(T_1) = c_3' (T_1 - T_0)^3 + c_2' (T_1 - T_0)^2 + c_1' (T_1 - T_0) + c_0'$$

- [0044] 단계 214 에서, 계수들 c_0 , c_1 , c_2 , c_3 은 각각 컴퓨팅된 계수들 c_0' , c_1' , c_2' , c_3' 의 값들로 업데이트될 수도 있다. 일 실시형태에서, 업데이트된 계수들은 메모리에 저장될 수도 있다.
- [0045] 도 2a 는 본 개시물의 대안의 실시형태를 도시한다. 도 2a 에서, 단계 202 내지 단계 212 는 계수들 c_0 , c_1 , c_2 , c_3 의 다수의 추정치들을 획득하기 위해 총 $N + 1$ 회 각각 수행된다. 도 2a 에 넘버링된 단계들은 도 2 에 유사하게 넘버링된 단계들에 대응한다.
- [0046] 도 2a 에서, 단계 200 은 계수들을 초기화한다. 일 실시형태에서, 이것은 도 2 를 참조하여 전술된 것과 동일한 방식으로 행해질 수도 있다. 또한, 단계 200 에서, 반복 인덱스 n 은 0 으로 설정된다. 단계 202 내지 단계 212 는 도 2 를 참조하여 전술된 바와 같이 진행되며, 여기서, $[n]$ 은 각 반복 인덱스에 대응하는 컴퓨팅된 계수들을 나타낸다. 단계 213 에서, 알고리즘은 반복 인덱스 n 이 N 에 도달했는지 여부에 대해 체크한다. 반복 인덱스 n 이 N 에 도달하지 않았다면, 알고리즘은 n 을 증분시키고, 다음 반복을 위해 단계 202 로 돌아간다. n 이 N 에 도달했다면, 알고리즘은 단계 214 로 진행된다.
- [0047] 후속 반복을 위해 단계 202 로 돌아가자마자, 각 반복 인덱스 n 과 연관된 계수들 $c_0'[n]$, $c_1'[n]$, $c_2'[n]$, $c_3'[n]$, $c_0''[n]$ 의 세트를 유도하기 위해 단계 202 내지 단계 212 가 반복될 수도 있다. 일 실시형태에서, 각 반복 인덱스 n 에 대해 유도된 계수들의 세트는 추후 프로세싱을 위해 메모리에 저장될 수도 있다.
- [0048] 일 실시형태에서, 모든 $N + 1$ 반복으로부터 나온 계수들 c_0' , c_1' , c_2' , c_3' 은 계수들 c_0 , c_1 , c_2 , c_3 에 대한 추정치를 생성하기 위해 결합될 수도 있다. 이것은 도 2a 의 단계 214 에 나타난 바와 같이, 하나의 계수들의 세트를 생성하기 위한 총 $N + 1$ 반복 동안 컴퓨팅되는 추정된 계수들의 세트들을 함께 평균화함으로써 행해질 수도 있다.
- [0049] 다른 실시형태 (미도시) 에서, 무한 임펄스 응답 (IIR) 필터가 다음 (식 8) 과 같이 각 반복으로 계수들을 업데이트하기 위해 이용될 수도 있다 :
- [0050]
$$[c_0, c_1, c_2, c_3]_{\text{new}} = \alpha [c_0, c_1, c_2, c_3]_{\text{old}} + (1 - \alpha) [c_0, c_1, c_2, c_3]_{\text{current}} ; 0 < \alpha < 1$$
- [0051] 이 실시형태에서, $[c_0, c_1, c_2, c_3]_{\text{old}}$ 는 오랜 (running) 계수들의 추정치이며, $[c_0, c_1, c_2, c_3]_{\text{current}}$ 는 현재의 반복 n 에 대해 컴퓨팅된 계수들의 추정치이며, $[c_0, c_1, c_2, c_3]_{\text{new}}$ 는 업데이트된 계수들의 추정치이다.
- [0052] 또 다른 실시형태에서, 추정된 계수들의 세트들을 평균화하거나 IIR 필터링하는 대신에, 결합 확률 최대화 방법이 $N + 1$ 의 이용가능한 계수들의 세트들에 기초하여 최적의 계수들의 세트를 유도하기 위해 이용될 수도 있다. 예를 들어, 도 2a 의 프로세스에서 샘플링된 복수의 F-T 데이터 포인트들을 고려해 볼 때, $F(T)$ 와 샘플링된 데이터 포인트들 사이의 최소 평균-제곱 오차를 산출하는 최적의 계수들 $c_{0\text{opt}}$, $c_{1\text{opt}}$, $c_{2\text{opt}}$, $c_{3\text{opt}}$ 의 세트가 유도될 수도 있다. 일 실시형태에서, 탐색 프로세스를 단순화하기 위해, 도 3a 및 도 3b 를 참조하여 본원에 전술된 바와 같이, 계수들 $c_{2\text{opt}}$ 및 $c_{3\text{opt}}$ 각각과 $c_{1\text{opt}}$ 사이에는 선형 관계가 가정될 수도 있다.
- [0053] 당업자는 계수들 c_0 , c_1 , c_2 , c_3 전부가 도 2 및 도 2a 에 나타난 기술들을 이용하여 추정되어야 하는 것은 아니라는 것을 알 것이다. 예를 들어, 일 실시형태에서, 도 2 및 도 2a 에 나타난 단계들에 행해진 적절한 변형으로 인해 단지 계수들 c_0 및 c_1 만이 추정된다. 이러한 실시형태들은 본 개시물의 범위 내에 있는 것으로 생각된다.
- [0054] 일 실시형태에서, 도 2 및 도 2a 에 나타난 단계들은 발진기 회로의 인-필드 동작 이전에, 공장에서 수행될 수도 있다. 대안으로, 그 단계들은 발진기 회로의 인-필드 동작 동안 수행될 수도 있다.
- [0055] 일 실시형태에서, 도 2 및 도 2a 에 나타난 단계들은 수정 발진기를 이용한 디바이스의 초기 교정 페이즈 동안, 예를 들어 공장에서의 디바이스의 어셈블리 동안 한번 수행될 수도 있다. 대안의 실시형태들에서, 도 2 에 나타난 단계들은 필요할 때 다수 회 수행될 수도 있다.
- [0056] 본 개시물의 일 양태에서, 계수들 c_0 , c_1 , c_2 , c_3 에 대한 추정치들은 그들의 정확도를 시간의 경과에 따라 유지하기 위해 정상 동작 동안 주기적으로 업데이트될 수도 있다. 이하에는 계수 추정치들을 주기적으로 업데이트하는 기술이 개시되어 있다.
- [0057] 도 4 는 예를 들어 도 2 에서 설명된 절차로부터 유도되는 초기 교정된 계수들의 세트를 재조정하는데 이용된 상태 머신을 도시한다. 재조정은 공장 교정 (factory calibration) 의 부정확성은 물론, 수정 및/또는 발진

기의 에이징으로 인한 부정확성의 완화를 도울 수도 있다.

- [0058] 도 4 에서, 재조정 절차는 상태 FIELD0 에서 시작된다. 일 실시형태에서, 상태 FIELD0 은 계수 c0 을 교정한다. 일 실시형태에서, c0 의 교정은 도 5 를 참조하여 본원에 후술되는 동작들에 따라 행해질 수도 있다. 상태 FIELD0 은 미리 결정된 세트의 조건들 (도 4 에 "완료 (Done)" 로 라벨링) 이 충족될 때 상태 FIELD1 로 전이될 수도 있다.
- [0059] 상태 FIELD1 은 계수 c0 은 물론 c1 을 교정할 수도 있다. 일 실시형태에서, c0 및 c1 의 교정은 도 6 을 참조하여 본원에 후술되는 동작들에 따라 행해질 수도 있다. 상태 FIELD1 은 미리 결정된 세트의 조건들이 충족될 때 상태 FIELD2 로 전이될 수도 있다. 상태 FIELD1 은 또한 에이징 타이머가 만료된다면 상태 FIELD0 으로 다시 전이될 수도 있다.
- [0060] 일 실시형태에서, 에이징 타이머는 임의의 계수가 마지막으로 업데이트된 이래 경과된 시간의 양을 추적할 수도 있다. 에이징 타이머는 발진기를 가진 칩 상에 상주하는 전자 카운터일 수도 있고, 또는 현재의 시간 스탬프와 마지막 계수 업데이트 동안 저장된 시간 스탬프를 비교하는 모듈일 수도 있다. 일 실시형태에서, 에이징 타이머는 마지막 교정 후 2 년 만료되도록 설정될 수 있다.
- [0061] 다시 도 4 를 참조하면, 상태 FIELD2 는 계수들 c1 및/또는 c0 은 물론 계수 c2 를 교정할 수도 있다. 상태 FIELD2 는 미리 결정된 세트의 조건들이 충족될 때 상태 FIELD3 으로 전이될 수도 있다. 상태 FIELD2 는 또한 에이징 타이머가 만료된다면 다시 FIELD0 으로 전이될 수도 있다.
- [0062] 상태 FIELD3 은 계수들 c2, c1 및/또는 c0 은 물론 계수 c3 을 교정할 수도 있다. 일 실시형태에서, c3, c2, c1, c0 의 교정은 도 7 을 참조하여 본원에 후술되는 동작들에 따라 행해질 수도 있다. 상태 FIELD3 은 미리 결정된 세트의 조건들이 충족될 때 상태 FIELD4 로 전이될 수도 있다. 대안으로, 상태 FIELD3 은 다시 FIELD0 으로 전이될 수도 있다.
- [0063] 일 실시형태에서, 상태 FIELD4 는 슬립 상태일 수도 있다. 슬립 상태에서, 교정 메커니즘은 미리 결정된 양의 시간 동안 동작을 멈출 수도 있다. 일 실시형태에서, 미리 결정된 양의 시간은 1 년일 수도 있다.
- [0064] c2 가 대략 제로인 일 실시형태에서, 상태 FIELD1 은 미리 결정된 세트의 조건들이 충족되면 FIELD2 를 스킵하고 상태 FIELD3 으로 바로 전이될 수도 있다.
- [0065] 일 실시형태에서, 상태 머신의 현재의 상태 (즉, FIELD0, FIELD1, FIELD2, FIELD3 또는 FIELD4) 는 그 상태가 수정 발진기를 이용하는 디바이스의 파워-업 또는 파워-다운 시에 보존되도록 비휘발성 메모리에 저장된다. 일 실시형태에서, 수정 발진기는 무선 핸드셋에서 이용될 수도 있다.
- [0066] 도 5 는 상태 FIELD0 동안 수행된 동작들의 일 실시형태를 도시한다. 도 5 에 나타난 실시형태가 본 개시물의 범위를 FIELD0 에서의 임의의 특정 세트의 동작들로 제한하도록 의도되지 않는다는 것을 안다. 오히려, 당업자는 계수들의 추정치를 업데이트하는데 이용된 임의의 단계들이 상태 FIELD0, 상태 FIELD1, 상태 FIELD2, 상태 FIELD3 및 상태 FIELD4 중 임의의 상태 동안 수행될 수도 있다는 것을 인식할 것이다. 이러한 실시형태들은 본 개시물의 범위 내에 있는 것으로 생각된다.
- [0067] 상태 FIELD0 에서, 루프의 반복을 카운팅하는 카운터 n0 이 제로로 초기화된다. 제 1 단계 500 에서, 상태 머신은 시간 주기 FT_update0 초 대기함으로써 시작된다. FT_update0 초의 마지막에, 수정의 온도 T (예를 들어, °C 단위) 가 측정된다. 단계 510 에서, 온도 T 가 범위 $|T-T_0| < T_1$ 도 내에 있는지 여부가 체크된다. 온도 T 가 범위 $|T-T_0| < T_1$ 도 내에 있다면, 계수 c0 에 대한 현재의 추정치 c0[n0] 가 단계 520 에 따라 업데이트된다. 온도 T 가 범위 $|T-T_0| < T_1$ 도 내에 있지 않다면, 상태 머신은 단계 500 으로 돌아가 다른 FT_update0 초 대기할 수도 있다.
- [0068] 일 실시형태에서, T_0 는 30°C 로 설정되고, T_1 은 15°C 로 설정된다.
- [0069] 일 실시형태에서, 단계 520 에서, 계수 c0[n0] 는 다음 (식 9) 과 같이 IIR 필터에 의해 업데이트될 수도 있으며 :

[0070]
$$c0[n0 + 1] = c0[n0] + \frac{(fm - fcal - c0[n0])}{N0}$$

[0071] 여기서, $c0[n0]$ 은 반복 $n0$ 에서 추정된 계수 $c0$ 이고, fm 는 발진기의 실제 측정된 주파수이며, $fcal$ 는 예를 들어, (현재 반복 $n0$ 으로서) 현재의 계수들의 세트를 가정하는 식 2 를 이용하여 추정되는 것처럼 발진기 주파수이며, $N0$ 는 가중 상수이다. $n0 = 0$ 의 경우, 계수 $c0[0]$ 은 메모리에 저장된 마지막 $c0$ 인 것으로 가정될 수도 있다.

[0072] 일 실시형태에서, 발진기의 실제 측정된 주파수 fm 는 예를 들어 코드 분할 다중 액세스 (CDMA) 를 위한 수신기 장치에서 이용되는 자동 주파수 제어 회로로부터 유도될 수도 있다. 당업자는 인-필드 동작 동안 발진기의 실제 주파수를 측정하는 대안의 방법들이 존재한다는 것을 인식할 것이다.

[0073] 단계 530 에서, $n0$ 은 가변 $maxIterations0$ 과 비교된다. $n0$ 이 가변 $maxIterations0$ 에 도달했다면, 상태 머신은 상태 $FIELD0$ 을 종료하고 다음 상태로 진행된다. $n0$ 이 $maxIterations0$ 에 도달하지 않았다면, 상태는 단계 500 으로 돌아간다. 도 6 은 상태 $FIELD1$ 동안 수행된 동작들의 일 실시형태를 도시한다. 상태 $FIELD1$ 에서, 반복을 카운팅하는 카운터 $n1$ 이 처음에 제로로 설정된다. 단계 600 에서, 상태 머신은 시간 주기 $FT_update1$ 초 대기한다. $FT_update1$ 초의 마지막에, 수정의 온도 T (예를 들어, $^{\circ}C$ 단위) 가 측정된다.

단계 610 에서, T 가 범위 $T_1 \leq |T - T_0| < T_2$ 내에 있는지 여부가 체크된다. T 가 범위 $T_1 \leq |T - T_0| < T_2$ 내에 있다면, 계수 $c1$ 에 대한 현재의 추정치 $c1[n1]$ 가 단계 620 에 따라 업데이트될 수도 있다. T 가 범위 $T_1 \leq |T - T_0| < T_2$ 내에 있지 않다면, 상태는 단계 615 로 진행되며, 여기서 상태 머신은 T 가 범위 내에 있는지 여부를 체크한다. T 가 범위 내에 있다면, $c0$ 에 대한 현재의 추정치가 단계 625 에서 업데이트된다. 만약 T 가 범위 내에 있지 않다면, 상태 머신은 단계 600 으로 돌아가 $FT_update1$ 초 대기한다.

[0074] 일 실시형태에서, 단계 625 의 동작들은 도 5 의 단계 520 을 참조하여 설명된 동작들과 동일할 수 있다. 일 실시형태 (미도시) 에서, 반복 인덱스가 또한 계수 $c0$ 을 업데이트하기 위해 제공될 수도 있다.

[0075] 일 실시형태에서, T_2 는 $30^{\circ}C$ 이다.

[0076] 단계 620 에서, 계수 $c1[n1]$ 이 업데이트된다.

[0077] 일 실시형태에서, $c1[n1]$ 은 다음과 같이 업데이트될 수도 있다. $c0$ 의 현재의 값을 고려해 볼 때, $c1[n1]$ 의 후보 값들이 일부 최적화 기준에 따라 측정된 주파수 및 온도에 대한 최선의 $c1$ 후보를 결정하기 위해 평가될 수도 있다. 일 실시형태에서, 최적화 기준은 $c0$ 의 현재의 값과 $c1$ 의 후보 값을 가정하면, 측정된 온도-주파수 페어와 컴퓨팅된 온도-주파수 특성 사이의 오차를 포함할 수도 있다. 일 실시형태에서, 최선의 $c1$ 에 대한 탐색은 예를 들어 도 3a 및 도 3b 를 참조하여 설명된 바와 같이 $c1$ 과 $c2/c3$ 사이의 선형 관계를 가정함으로써 촉진될 수도 있다.

[0078] 일 실시형태에서, 일단 최선의 후보 $c1$ 이 결정되면, 그 $c1$ 은 $c1$ 의 이전의 추정치로 IIR 필터링될 수도 있다.

[0079] 다른 실시형태에서, 계수 $c1[n1]$ 은 다음의 메트릭 :

[0080]
$$c1[n1] = \frac{Fm(T2) - Fm(T1)}{T2 - T1}$$

[0081] 을 컴퓨팅한 후, 이전의 $c1[n1-1]$ 로 컴퓨팅된 계수 $c1[n1]$ 을 IIR 필터링함으로써 결정될 수도 있다. 일 실시형태에서, IIR 가중 상수는 256 일 수 있다.

[0082] 단계 630 에서, $n1$ 이 가변 $maxIterations1$ 과 비교된다. $n1$ 이 $maxIterations1$ 에 도달했다면, 상태 머신은 상태 $FIELD1$ 을 종료하고 다음 상태로 진행된다. $n1$ 이 $maxIterations1$ 에 도달하지 않았다면, 상기 상태는 단계 600 으로 돌아간다.

[0083] 일 실시형태에서, 상태 $FIELD2$ 는 전술된 상태 $FIELD0$ 및 상태 $FIELD1$ 과 유사하게 구현될 수도 있다. 대안

의 실시형태에서, FIELD2 는 계수 c_2 가 제로에 가까운 것으로 미리 결정되면 구현될 필요가 없다. 이 실시형태에서, 상태 FIELD1 은 FIELD2 를 건너뛰고 FIELD3 으로 바로 전이될 수도 있다.

[0084] 도 7 은 상태 FIELD3 동안 수행된 동작들의 일 실시형태를 도시한다. 상태 FIELD3 에서, 반복을 카운팅하는 카운터 n_3 이 처음에 제로로 설정된다. 단계 700 에서, 상태 머신은 시간 주기 $FT_update3$ 초 대기한다.

$FT_update3$ 초 의 마지막에, 수정의 온도 T (예를 들어, $^{\circ}C$ 단위) 가 측정된다. 일 실시형태에서, 단계 710 에서, $|T - T_0| > T_2$ 도이면, c_3 에 대한 현재의 추정치가 단계 720 에서 업데이트된다.

[0085] 일 실시형태에서, 단계 720 에서, c_0 , c_1 및 c_2 의 가장 최근의 값들을 고려해 볼 때, c_3 의 후보 값들은 일부 최적화 기준에 따라 측정된 주파수 및 온도에 대한 최선의 c_3 을 결정하기 위해 평가될 수도 있다. 일단 최선의 c_3 이 결정되면, 그 c_3 은 c_3 의 이전의 추정치로 IIR 필터링될 수도 있다.

[0086] 단계 730 에서, n_3 은 가변 $maxIterations3$ 과 비교된다. n_3 이 $maxIterations0$ 에 도달했다면, 상태 머신은 다음 상태로 진행된다. n_3 이 $maxIterations3$ 에 도달하지 않았다면, 그 상태는 단계 700 으로 돌아간다.

[0087] 본 개시물의 대안의 실시형태들에서, 일 상태로부터 다음 상태로 상태 머신이 진행될 때를 결정하기 위해 다른 기준이 이용될 수도 있다. 예를 들어, 도 5, 도 6 및 도 7 에 도시된 바와 같이, 미리 결정된 수의 반복 후에만 다음 상태로 전이하는 대신에, 상태 머신은 업데이트될 계수의 변경이 적거나 없음을 검출할 때 다음 상태로 전이될 수도 있다.

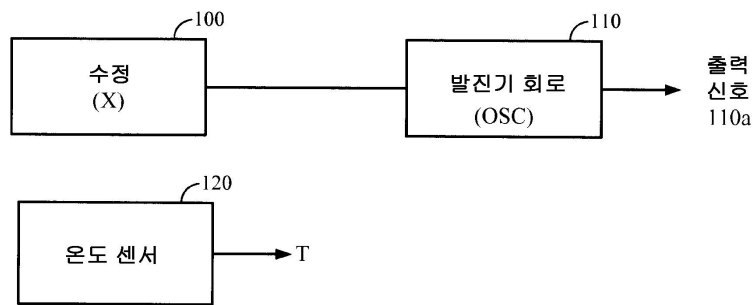
일 실시형태에서, 예를 들어, 상태 머신은 $|c_0[n_0] - c_0[n_0-1]| < \delta$ (여기서, δ 는 적절히 작은 값을 갖는다) 인 경우 FIELD0 으로부터 FIELD1 로 전이될 수도 있다. 이러한 실시형태들은 본 개시물의 범위 내에 있는 것으로 생각된다.

[0088] 하나 이상의 예시적인 실시형태들에서, 상술된 기능들은 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어 또는 이들의 임의의 조합에서 구현될 수도 있다. 소프트웨어에서 구현된 경우, 그 기능들은 컴퓨터 판독가능 매체 상에 하나 이상의 명령들 또는 코드로서 저장 또는 송신될 수도 있다. 컴퓨터 판독가능 매체는 일 장소로부터 타 장소로의 컴퓨터 프로그램의 전송을 용이하게 하는 임의의 매체를 포함하는 통신 매체와 컴퓨터 저장 매체 양자를 포함한다. 저장 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 이용가능한 매체일 수도 있다. 제한이 아닌 일 예로, 이러한 컴퓨터 판독가능 매체는 RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM 또는 다른 광학 디스크 저장 디바이스, 자기 디스크 저장 디바이스 또는 다른 자기 저장 디바이스, 또는 명령들 또는 데이터 구조의 형태로 원하는 프로그램 코드를 운반 또는 저장하는데 이용될 수 있고 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 다른 매체를 포함할 수 있다. 또한, 임의의 접속이 적절히 컴퓨터 판독가능 매체라 불린다. 예를 들어, 소프트웨어가 동축 케이블, 광섬유 케이블, 트위스티드 페어, 디지털 가입자 회선(DSL), 또는 적외선, 무선 및 마이크로파와 같은 무선 테크놀로지들을 이용하여 웹사이트, 서버 또는 다른 원격 소스로부터 송신된다면, 매체의 정의에는 동축 케이블, 광섬유 케이블, 트위스티드 페어, DSL, 또는 적외선, 무선 및 마이크로파와 같은 무선 테크놀로지들이 포함된다. 디스크(disk) 및 디스크(disc)는 본원에 이용된 바와 같이 콤팩트 디스크(CD; Compact Disc), 레이저 디스크(laser disc), 광학 디스크(optical disc), 디지털 다기능 디스크(DVD; Digital Versatile Disc), 플로피 디스크(floppy disk) 및 블루-레이 디스크(blue-ray disc)를 포함하며, 여기서, 디스크(disk)는 보통 데이터를 자기적으로 재생시키는 한편, 디스크(disc)는 데이터를 레이저를 이용하여 광학적으로 재생시킨다. 상기의 조합이 또한 컴퓨터 판독가능 매체의 범위 내에 포함되어야 한다.

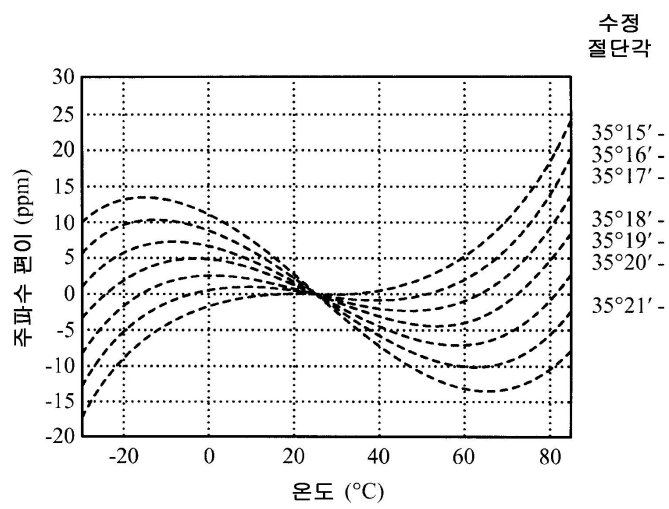
[0089] 다수의 양태들 및 예들이 설명되었다. 그러나, 이들 예들에 다양한 변형이 가능하며, 본원에 제시된 원리들은 다른 양태들에도 적용될 수도 있다. 이들 및 다른 양태들은 다음의 특허청구항의 범위 내에 있다.

도면

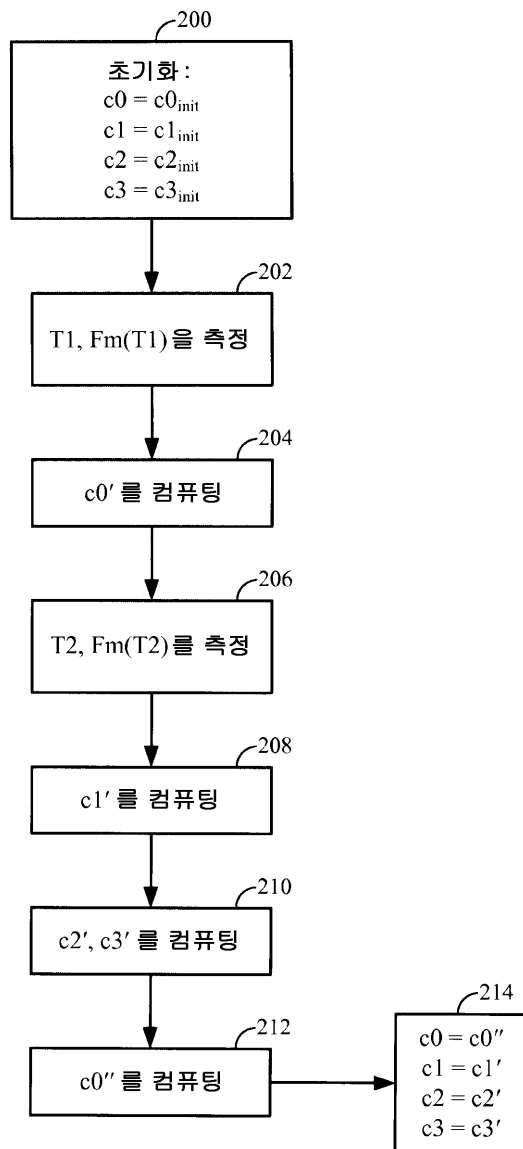
도면1



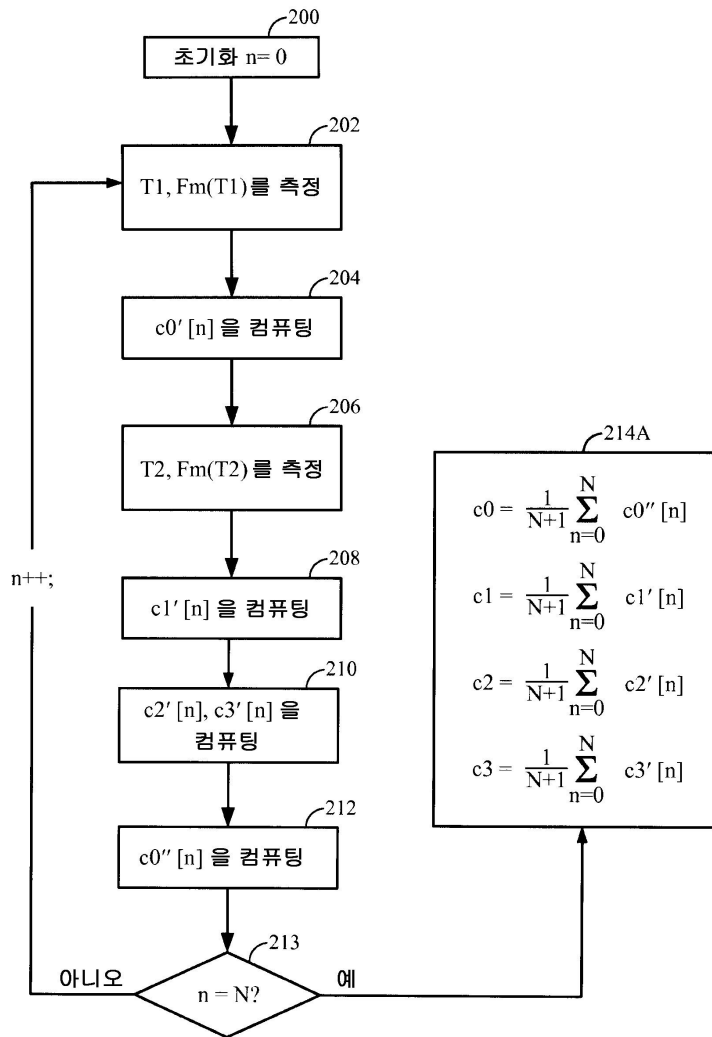
도면1a



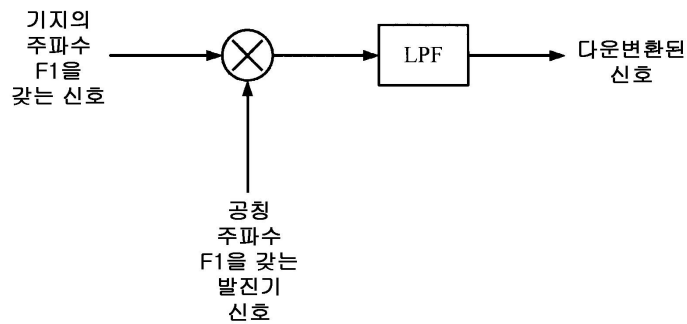
도면2



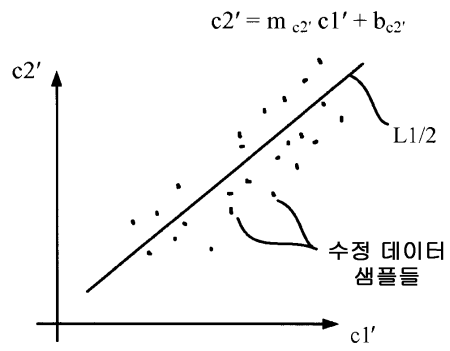
도면2a



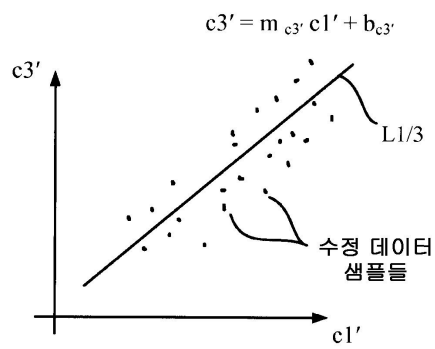
도면2b



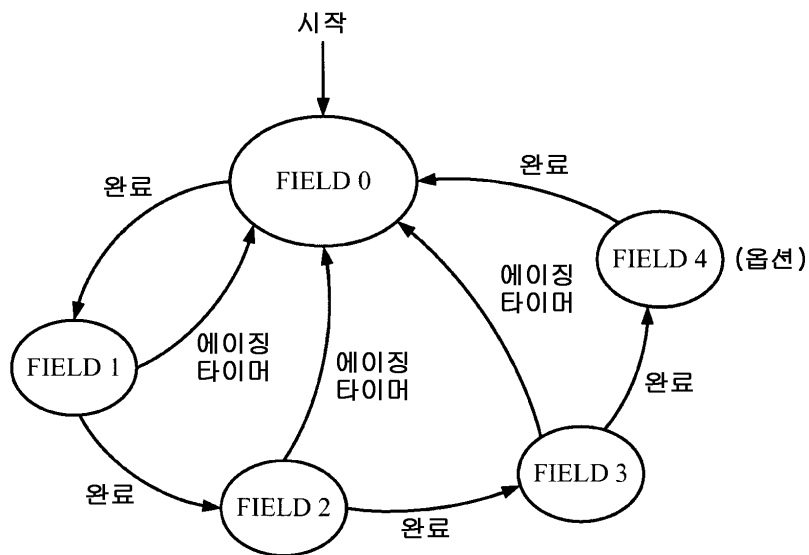
도면3a



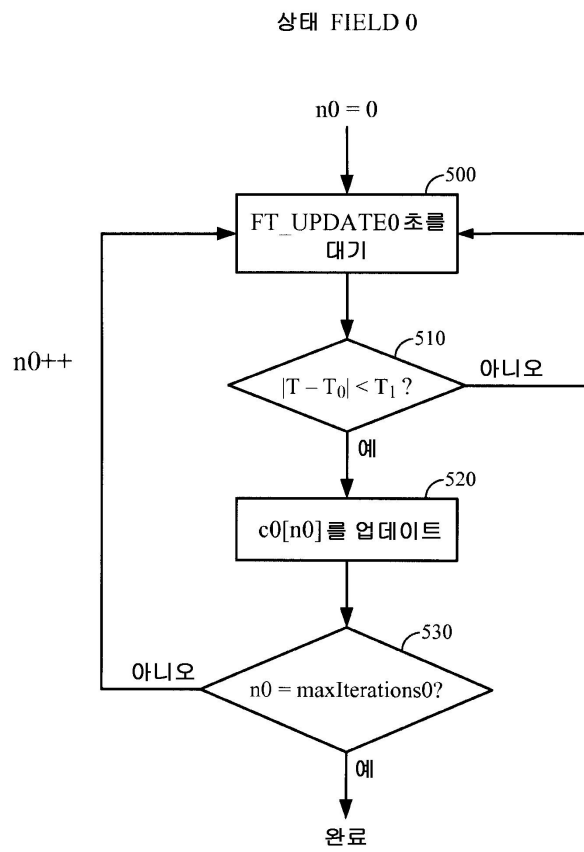
도면3b



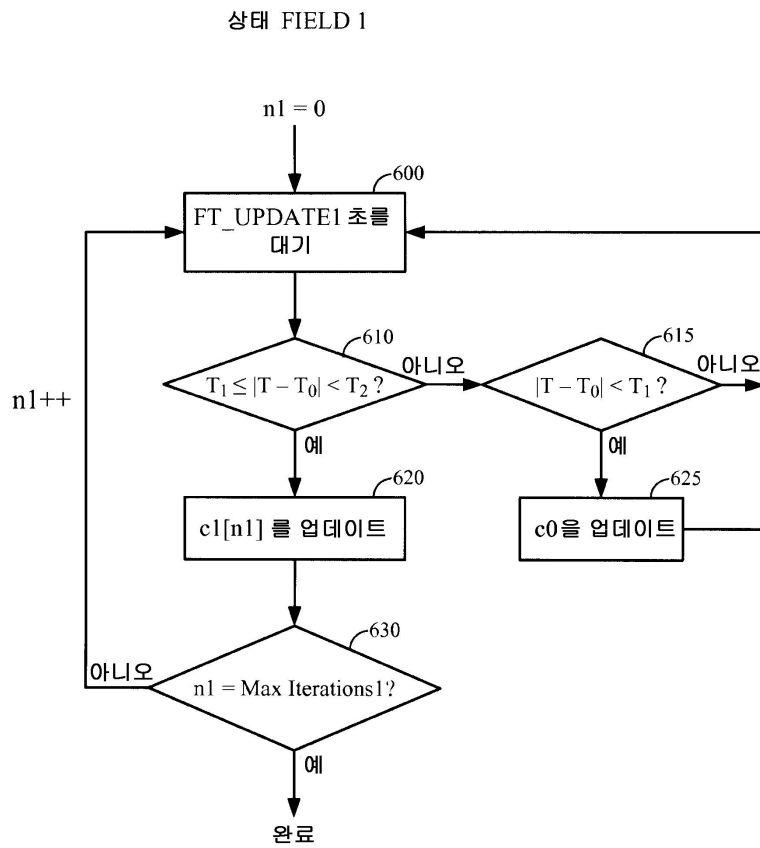
도면4



도면5



도면6



도면7

