

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일

2020년 1월 2일 (02.01.2020)



(10) 국제공개번호

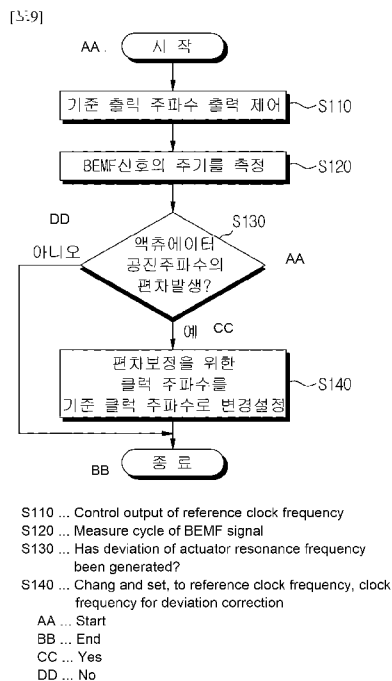
WO 2020/004841 A1

- (51) 국제특허분류: **G06F 3/01** (2006.01) **B06B 1/02** (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2019/007176
- (22) 국제출원일: 2019년 6월 14일 (14.06.2019)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2018-0074699 2018년 6월 28일 (28.06.2018) KR
- (71) 출원인: 주식회사 동운아나텍 (**DONGWOON ANATECH CO., LTD.**) [KR/KR]; 06713 서울시 서초구 남부순환로 2351, 아리랑타워 9층, Seoul (KR).
- (72) 발명자: 이수열 (**LEE, Su Yeol**); 06713 서울시 서초구 남부순환로 2351, 아리랑타워 9층 동운아나텍 내, Seoul (KR). 김철희 (**KIM, Cheol Hoei**); 06713 서울시 서초구 남부순환로 2351, 아리랑타워 9층 동운아나텍 내, Seoul (KR). 이경록 (**LEE, Kyoung Rok**); 06713 서울시 서초구 남부순환로 2351, 아리랑타워 9층 동운아나텍 내, Seoul (KR).

- (74) 대리인: 특허법인 다래 (**DARAE IP FIRM**); 06235 서울시 강남구 테헤란로 132, 10층 (역삼동, 한독타워), Seoul (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(54) Title: ACTUATOR CONTROL DEVICE AND METHOD

(54) 발명의 명칭: 액츄에이터 제어장치 및 방법



(57) Abstract: The present invention relates to a haptic feedback system and, particularly, to a device and a method for controlling an actuator for haptic feedback, the method comprising: a first step of controlling the output of an oscillator such that a clock necessary in the generation of a driving signal for driving an actuator is oscillated at a reference clock frequency; a second step of calculating the resonance frequency of the actuator from a cycle of a BEMF signal according to the driving of the actuator; and a third step of calculating a clock frequency for following the calculated resonance frequency of the actuator so as to newly change and set same to the reference clock frequency, thereby controlling the output of the oscillator.

(57) 요약서: 본 발명은 햅틱 피드백 시스템에 관한 것으로, 특히 햅틱 피드백을 위한 액츄에이터를 제어하는 장치 및 방법에 관한 것으로, 액츄에이터를 구동시키기 위한 구동신호의 생성을 위해 필요한 클럭이 기준 클럭 주파수로 발진되도록 발진기의 출력을 제어하는 제1 단계와, 상기 액츄에이터의 구동에 따른 BEMF 신호의 주기로부터 상기 액츄에이터의 공진 주파수를 산출하는 제2 단계와, 산출된 상기 액츄에이터의 공진 주파수를 추종하기 위한 클럭 주파수를 계산해 상기 기준 클럭 주파수로 새로이 변경 설정하여 상기 발진기의 출력을 제어하는 제3단계를 포함함을 특징으로 한다.

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

명세서

발명의 명칭: 액츄에이터 제어장치 및 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 햅틱 피드백 시스템에 관한 것으로, 특히 햅틱 피드백을 위한 액츄에이터를 제어하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 유저 인터페이스를 위하여 여러 장치에 햅틱 피드백(haptic feedback) 시스템이 탑재되어 사용되고 있다. 예를 들어 휴대 장치의 터치 스크린, 소프트키(softkey), 홈 버튼(home button), 지문인식센서 등에서 진동을 통하여 사용자에게 햅틱 피드백을 제공하고 있다. 최근에는 자동차와 가전 등 터치 스크린을 포함하는 많은 장치들에서도 진동 피드백 시스템이 탑재되고 있다.
- [3] 햅틱 피드백 시스템에서 진동을 만들어 내는 수단으로 사용되는 것이 바로 선형 공진 액츄에이터(Linear Resonance Actuator:LRA)이다. 선형 공진 액츄에이터는 공진 주파수(f_0)에서 구동을 해야 최적의 파워 효율로 최대 크기의 진동을 얻을 수 있는 특징이 있다.
- [4] 선형 공진 액츄에이터의 공진 주파수는 제조공차, 장착조건, 온도, 노화에 따라 변할 수 있다. 또한 공진 주파수를 벗어나 구동하는 경우 진동력이 약해지거나, 진동이 발생하지 않을 수도 있다. 따라서 알람(alert) 진동과 같은 일반 진동에서 작은 구동전압으로 최대 가속도를 얻기 위하여 액츄에이터의 공진 주파수로 구동해야 하며, 이를 위해서는 제조공차, 장착조건, 온도, 노화에 따라 변할 수 있는 액츄에이터의 공진 주파수를 실시간으로 보정할 필요가 있다.
- [5] 또한, 최근에는 휴대장치의 방수기능 및 화면 확장을 위해 물리 버튼을 제거하는 대신 터치 버튼을 채용하는 추세인데, 터치 버튼에서 물리 버튼과 같은 클릭감을 구현하기 위해 진동 피드백을 사용하기도 한다. 이러한 경우 10ms 내지 20ms의 짧은 구동 시간에 1G 이상의 가속도로 진동 피드백이 발생하는데, 액츄에이터의 구동이 멈춘 뒤 잔류 진동이 작을수록 물리버튼을 누른 것과 같은 클릭감이 재현된다.
- [6] 일반적으로는 액츄에이터의 잔류 진동을 줄이기 위해 BEMF(Back ElectroMotive Force)신호의 제로 크로스 포인트와 BEMF 신호의 크기를 감지하여 자동으로 브레이크 신호를 발생시켜 제어하는데, 구동시간이 매우 짧거나 BEMF 신호의 크기가 작은 경우에는 액츄에이터의 잔류 진동을 줄일 수 있는 효과적인 브레이크 신호의 파형을 발생하는데 어려움이 있다. 따라서 햅틱 피드백 시스템에서 액츄에이터의 잔류 진동 크기 및 잔류 진동시간을 최소화할 수 있는 효과적인 방법이 필요하다.
- [7] [선행기술문헌]
- [8] [특허문헌]

[9] (특허문헌 1) 대한민국 등록특허공보 제10-1799722호

[10] (특허문헌 2) 대한민국 등록특허공보 제10-1703472호

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [11] 이에 본 발명은 상술한 필요성에 따라 창안된 발명으로써, 본 발명의 목적은 제조공차, 장착조건, 온도, 노화에 따라 변하게 되는 액츄에이터의 공진 주파수를 실시간 보정하여 최적의 파워 효율로 최대 크기의 진동을 얻을 수 있는 선형 공진 액츄에이터의 제어장치 및 제어방법을 제공함에 있다.
- [12] 더 나아가 본 발명의 또 다른 목적은 다양한 느낌의 진동을 발생시키는 구동신호 파형도 공진 주파수에 맞게 트래킹할 수 있는 선형 공진 액츄에이터의 제어장치 및 제어방법을 제공함에 있다.
- [13] 또한 본 발명은 터치 버튼을 조작하면서도 마치 물리 버튼 조작시의 클릭감이 얻어지도록 액츄에이터를 제어할 수 있는 액츄에이터의 제어장치 및 그 방법을 제공함을 목적으로 한다.
- [14] 더 나아가 본 발명의 또 다른 목적은 제조공차, 장착조건, 온도, 노화에 따라 변하게 되는 액츄에이터의 공진 주파수를 정해진 이벤트 조건 만족시에 측정 및 보정하여 최적의 파워 효율로 최대 크기의 진동을 지속적으로 유지해 줄 수 있는 선형 공진 액츄에이터의 제어장치 및 제어방법을 제공함에 있으며,
- [15] 더 나아가 본 발명의 또 다른 목적은 기기 사용기간에 따라 최적의 파워 효율로 최대 크기의 진동을 지속적으로 유지하도록 액츄에이터의 공진 주파수를 보정하되, 내부 클릭 주파수 변경을 통해 액츄에이터의 공진 주파수를 보정하는 액츄에이터의 제어장치 및 그 제어방법을 제공함에 있다.

과제 해결 수단

- [16] 상술한 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 액츄에이터 제어장치는,
- [17] 기준 클릭 주파수로 발진된 클릭과 액츄에이터를 구동시키기 위한 기준 구동신호 파형 데이터의 조합에 따라 생성된 PWM 펄스를 액츄에이터 구동부로 출력하는 공진 주파수 보정부와;
- [18] 상기 액츄에이터 구동에 따른 BEMF 신호의 제로 크로스 포인트를 검출하기 위한 제로 크로스 포인트 검출부;를 포함하되, 상기 공진 주파수 보정부는,
- [19] 상기 제로 크로스 포인트 검출 주기로부터 상기 액츄에이터의 공진 주파수를 산출해 이를 추종하기 위한 클릭 주파수를 상기 기준 클릭 주파수로 새로이 변경 설정하는 자동 보정 프로세스를 수행함을 특징으로 한다.
- [20] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 액츄에이터 제어장치는 상술한 기본 구성 외에, 상기 제로 크로스 포인트 검출부의 전단에 위치하여 BEMF 신호를 증폭하기 위한 BEMF 증폭부;를 더 포함함을 또 다른 특징으로 한다.
- [21] 한편 상술한 각각의 액츄에이터 제어장치에 있어서, 상기 공진 주파수

- 보정부는,
- [22] 상기 제로 크로스 포인트 검출 주기를 내부 클럭으로 카운팅하기 위한 카운터와;
- [23] 상기 카운터의 카운팅값으로부터 상기 액츄에이터의 공진 주파수를 산출하고, 산출된 상기 액츄에이터의 공진 주파수를 추종하기 위한 클럭 주파수를 계산하여 새로운 기준 클럭 주파수로 변경 설정하여 발진기의 출력 클럭을 제어하는 클럭 주파수 제어부와;
- [24] 상기 클럭 주파수 제어부의 제어에 의해 설정되는 클럭 주파수로 발진하는 발진기와;
- [25] 상기 발진기에 의한 클럭과 외부로부터 인가되는 구동신호 파형 데이터의 조합에 따라 PWM 펄스를 생성하는 PWM 발생부;를 포함함을 특징으로 하며,
- [26] 상기 클럭 주파수 제어부는 정해진 이벤트 조건 만족시에 상기 자동 보정 프로세스를 수행함을 특징으로 하며,
- [27] 더 나아가 상기 클럭 주파수 제어부는,
- [28] 정해진 이벤트 조건 만족시에 상기 자동 보정 프로세스를 수행하되, 상기 기준 구동신호 파형 데이터 보다 상대적으로 구동전압이 크고 구동시간이 짧은 보정용 제1구동신호 파형 데이터 혹은 상기 기준 구동신호 파형 데이터 보다 상대적으로 구동전압이 작고 구동시간이 긴 보정용 제2구동신호 파형 데이터를 PWM 발생부에 인가해 주어 자동 보정 프로세스를 수행함을 특징으로 한다.
- [29] 한편 본 발명의 실시예에 따른 액츄에이터의 제어방법은 햅틱 피드백 시스템을 구성하는 액츄에이터를 공진 주파수로 구동시키기 위한 제어방법으로,
- [30] 상기 액츄에이터를 구동시키기 위한 구동신호의 생성을 위해 필요한 클럭이 기준 클럭 주파수로 발진되도록 발진기의 출력을 제어하는 제1단계와;
- [31] 상기 액츄에이터의 구동에 따른 BEMF 신호의 주기로부터 상기 액츄에이터의 공진 주파수를 산출하는 제2단계와;
- [32] 산출된 상기 액츄에이터의 공진 주파수를 추종하기 위한 클럭 주파수를 계산해 상기 기준 클럭 주파수로 새로이 변경 설정하여 상기 발진기의 출력을 제어하는 제3단계;를 포함함을 특징으로 하며,
- [33] 상기 제2단계와 제3단계는 디바이스의 파워 온시에 혹은 정해진 보정 주기에 혹은 디바이스내의 설정 온도 도달시에 수행하되, 상기 구동신호 보다 상대적으로 구동전압이 크고 구동시간이 짧은 보정용 제1구동신호 혹은 상기 구동신호 보다 상대적으로 구동전압이 작고 구동시간이 긴 보정용 제2구동신호가 생성되도록 구동신호 파형 데이터를 변경시키는 단계;를 더 포함함을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [34] 상술한 과제 해결 수단에 따르면, 본 발명은 제조공차, 장착조건, 온도, 노화에 따라 변하게 되는 액츄에이터의 공진 주파수를 기준 클럭 주파수의 보정을 통해

정해진 이벤트 조건 만족시에 보정해 놓음으로써, 햅틱 피드백 시스템에 최적의 파워 효율로 최대 크기의 진동을 제공해 줄 수 있는 장점이 있다.

- [35] 더 나아가 본 발명은 초기 구동신호 파형으로 액츄에이터를 구동시키되, 구동신호를 구성하는 보호시간 구간에서 BEMF 신호의 제로 크로스 포인트 검출시간에 따라 다음 사이클의 구동시간 구간의 길이를 보정하는 방식으로 액츄에이터의 공진 주파수를 트래킹하기 때문에, 제조공차, 장착조건, 온도, 노화에 따라 변하게 되는 액츄에이터의 공진 주파수를 실시간 보정함으로써, 최적의 파워 효율로 최대 크기의 진동을 얻을 수 있는 장점이 있다.

- [36] 또한 본 발명은 구동신호의 파형 데이터를 저장한 후 주파수를 조절하여 사용하므로, 다양한 파형을 공진 주파수로 구동하여 다양한 느낌의 진동을 구현할 수 있으며, 메모리에 저장하는 구동신호의 파형 데이터 최적화로 최대 가속도 조정 및 액츄에이터 가속도 산포를 최소화할 수 있는 효과도 얻을 수 있다.

- [37] 또한 액츄에이터에 최적화된 브레이크 신호의 파형을 실험적인 방법으로 찾아서 메모리에 저장한 후, 액츄에이터 구동 완료 후의 구간에서 검출되는 제로 크로스 포인트에 맞춰 잔류 진동을 방해하는 방향으로 브레이크 신호를 인가해 줌으로써, 홈 버튼과 같이 구동시간이 짧은 파형이나 BEMF 신호의 크기가 작은 경우에도 안정적으로 잔류 진동을 제거할 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [38] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 액츄에이터 제어장치의 블록 구성 예시도.
 [39] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 액츄에이터 제어 방법을 설명하기 위한 흐름도.
 [40] 도 3과 도 4는 본 발명의 실시예를 설명하기 위한 구동신호 파형 예시도.
 [41] 도 5 내지 도 7은 본 발명의 실시예를 설명하기 위한 브레이크 신호 파형 예시도.
 [42] 도 8은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 액츄에이터 제어장치의 블록 구성예시도.
 [43] 도 9는 도 8에 도시한 액츄에이터 제어장치의 제어 동작을 설명하기 위한 제어 흐름 예시도.
 [44] 도 10은 도 8에 도시한 액츄에이터 제어장치의 동작을 부연 설명하기 위한 신호 파형 예시도.
 [45] 도 11과 도 13은 본 발명의 실시예에 따른 공진주파수 측정 과정을 설명하기 위한 도면.

발명의 실시를 위한 형태

- [46] 이하 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다. 본 발명을 설명함에 있어 관련된 공지 기능 혹은 구성과 같은 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그에 대한

상세한 설명은 생략하기로 한다. 예를 들어 본 발명의 실시예에 따른 액츄에이터 제어장치는 햅틱 피드백 시스템에 적용 가능한 것으로, 본 발명이 적용 가능한 디바이스는 터치 감응 면 또는 다른 유형의 인터페이스를 포함하는 것으로 가정하기로 하며, 액츄에이터에 의한 진동은 터치 면 상에 생성되는 것으로 가정하기로 한다.

- [47] 한편 하기에서 사용되는 용어 중 '구동파형'이란 구동신호를 구성하는 구동시간 구간에 액츄에이터에 인가되는 파형을 의미하는 것으로, 구동시간 구간의 길이가 조정된다는 것은 곧 구동파형의 변경을 의미하는 것으로 해석할 수 있을 것이다.
- [48] 우선 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 액츄에이터 제어장치의 블록 구성도를 예시한 것이다.
- [49] 도 1에 도시한 바와 같이 햅틱 피드백 시스템은 일 예로 터치 면에 진동을 생성하는 수단으로서 공진 주파수를 가지는 액츄에이터를 포함하며, 후술할 공진 주파수 보정부(100)에 의해 생성되는 구동신호에 따라 상기 액츄에이터를 구동시키는 액츄에이터 구동부(300)를 포함한다. 액츄에이터 구동부(300)는 이미 공지된 바와 같이 게이트 드라이버와 H-브릿지 회로를 포함하기에 이에 대한 상세 설명은 생략하기로 한다.
- [50] 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 액츄에이터 제어장치는 크게 액츄에이터 구동에 따른 BEMF(Back ElectroMotive Force:이하 BEMF라 함) 신호의 제로 크로스 포인트(Zero Cross Point:이하 ZCP라함)를 검출하기 위한 제로 크로스 포인트 검출부(200)와,
- [51] 액츄에이터를 공진 주파수로 구동시키기 위한 구동신호를 생성 출력하는 공진 주파수 보정부(100)를 포함한다.
- [52] 공진 주파수 보정부(100)는 도 3에 도시한 바와 같이 액츄에이터를 구동시키기 위한 구동시간(DRIVE_TIME) 구간과 상기 액츄에이터의 BEMF 신호를 검출하는 보호시간(GUARD_TIME) 구간을 포함하는 구동신호를 연속 생성하여 출력하되, 상기 보호시간 구간내에서 검출되는 상기 BEMF 신호의 제로 크로스 포인트(ZCP) 검출시간에 따라 상기 구동시간 구간의 길이가 보정된 구동신호를 생성 출력한다.
- [53] 이러한 공진 주파수 보정부(100)는 액츄에이터를 구동시키기 위한 구동신호 파형 데이터(기준이 되는 혹은 초기 구동신호 파형이라 정의할 수 있음)를 저장하는 메모리(110)와,
- [54] 액츄에이터 구동에 따른 BEMF 신호의 제로 크로스 포인트(ZCP) 검출시간에 따라 상기 구동신호 파형의 데이터 개수를 조정하는 데이터 보정부(120)와,
- [55] 입력되는 내부 클럭(OSC)과 상기 데이터 개수 조정된 구동신호 파형 데이터에 대응하는 PWM 펄스를 생성하여 액츄에이터의 구동부(300)로 출력하는 PWM 발생부(140)를 포함하도록 구성할 수 있다.
- [56] 물론 상기 메모리(110)와 데이터 보정부(120)를 하나의 프로세서로 구현할 수

있으며, 이러한 프로세서 역시 햅틱 피드백 시스템이 탑재되는 디바이스의 전반적인 동작을 제어하는 프로세서로 구현될 수도 있다.

- [57] 하드웨어는 물론 소프트웨어 로직으로 구현 가능한 공진 주파수 보정부(100)는 구동신호의 보호시간 구간에서 검출되는 BEMF 신호의 제로 크로스 포인트(ZCP) 검출시간이 사전 저장된 기준치의 제로 크로스 포인트 검출시간 보다 앞서면 구동시간 구간을 단축시키고, 상기 기준치의 제로 크로스 포인트 검출시간 보다 늦으면 구동시간 구간을 연장시킨 구동신호가 생성 출력되도록 한다.
- [58] 더 나아가 공진 주파수 보정부(100)는 액츄에이터의 잔류 진동을 제거하기 위해 구동신호에 포함된 보호시간(GUARD TIME) 구간 내에서 검출되는 BEMF 신호의 제로 크로스 포인트(ZCP)에 동기하여 하나 이상의 브레이크(BRAKE) 신호를 출력하는데, 상기 브레이크 신호가 서로 다른 주파수와 크기를 가질 수 있도록 할 수 있다. 또한 공진 주파수 보정부(100)는 브레이크 신호를 복수로 출력하되, 복수의 브레이크 신호 중 하나의 브레이크 신호의 크기를 스케일 다운(scale down) 비율에 따라 크기 조절하여 반복 출력할 수도 있다.
- [59] 한편 본 발명의 실시예에 따른 액츄에이터 제어장치는 제로 크로스 포인트(ZCP) 검출부(200)의 전단에 위치하여 일정 크기 이하의 BEMF 신호를 증폭하기 위한 BEMF 증폭부(400)를 더 포함할 수 있다.
- [60] 참고적으로, 제로 크로스 포인트를 정확히 검출하기 위해서는 BEMF 신호와 노이즈 신호를 구분해야 한다. 이를 위해 ZCP 검출부(200)의 전단에서 노이즈 밴드를 설정해 일정 크기 이하의 BEMF 신호는 무시하도록 한다. 즉, BEMF 신호를 증폭하고 증폭된 신호로부터 저임계 전압(low threshold voltage), 고임계 전압(high threshold voltage)을 사용하는 2개의 비교기를 구성하면 임계 밴드(threshold band) 이내의 전압은 노이즈로 처리된다.
- [61] 이하 상술한 구성을 가지는 액츄에이터 제어장치의 동작을 첨부 도면을 참조하여 보다 상세히 설명하기로 한다.
- [62] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 액츄에이터 제어 방법을 설명하기 위한 흐름도를 예시한 것이며, 도 3과 도 4는 본 발명의 실시예를 설명하기 위한 구동신호 파형 예시도를, 도 5 내지 도 7은 본 발명의 실시예를 설명하기 위한 브레이크 신호 파형을 각각 예시한 것이다.
- [63] 본 발명의 실시예를 설명하기에 앞서 본 발명의 기술적 특징을 요약해 보면,
- [64] 우선 액츄에이터의 기준 공진 주파수에 맞춰 액츄에이터를 구동시키기 위한 구동신호를 생성 출력한다. 이러한 구동신호의 파형을 생성하기 위한 구동신호 파형 데이터는 메모리에 저장되어 초기 구동에 이용된다. 초기 구동 이후 액츄에이터 구동을 일시 중지(보호시간 구간을 의미함)하고 BEMF 신호의 제로 크로스 포인트(ZCP)와 극성(방향정보)을 검출하여 움직이는 진동자의 실제 공진 주기와 운동 방향을 측정한다. 다음 사이클 구동시 제로 크로스 포인트(ZCP) 검출시점의 기대값과 측정값의 편차를 계산하여 메모리에 저장된 구동신호의

파형을 늘이거나 줄이는 방법으로 구동신호를 구성하는 구동신호 파형의 주파수를 보정할 수 있다.

- [65] 이와 같이 구동신호의 파형을 실제 공진 주파수와 일치시키고 인가 전압의 극성을 진동자의 운동방향과 동상으로 맞추어 구동시키면 최적의 파워 효율로 최대의 진동력을 얻을 수 있다.
- [66] 상술한 기술적 특징을 구체화한 액츄에이터 제어 방법이 도 2에 도시되어 있다.
- [67] 도 2를 참조하면, 공진 주파수 보정부(100)는 액츄에이터 구동 명령이 수신되면 메모리(110)에 미리 저장되어 있는 구동신호 파형 데이터로 액츄에이터의 구동이 이루어지도록 한다(S10단계). 이러한 액츄에이터 구동단계에서 진동자의 운동방향이 결정되는 것이 일반적이다. 상기 구동신호 파형 데이터는 출력신호의 크기 정보를 가지며 액츄에이터 구동부(300)로 출력되는 PWM 펄스의 듀티를 결정한다.
- [68] 참고적으로 상기 구동신호는 도 3에 도시한 바와 같이 액츄에이터에 전압을 인가하는 구동시간 구간(DRIVE_TIME)과 BEMF 신호를 감지하는 보호시간(GUARD_TIME) 구간으로 구성된다.
- [69] 상기 구동시간 구간(DRIVE_TIME)은 메모리(110)에 미리 저장한 최소 구동시간(MIN_DRIVE_TIME:구동신호 파형 데이터의 형태로 저장됨) 구간과 보정 결과에 따라 구동시간이 변하게 되는 보정시간(COMP_TIME) 구간으로 이루어진다.
- [70] 상기 보정시간(COMP_TIME) 구간의 초기값인 COMP_TIME(0)는 기준 제로 크로스 포인트(ZCP) 검출시간(ZXD_TIME)으로 설정되어 메모리(110)에 저장된다.
- [71] 보호시간(GUARD_TIME) 구간은 다시 GND_TIME, NULL_TIME, ZXD_REAL로 구성된다. 상기 GND_TIME은 액츄에이터에 남아 있는 잔류 에너지를 제거하기 위해 필요하며, NULL_TIME은 액츄에이터의 출력을 Hi-Z 상태로 만들고 센싱 앰프와 ZCP 검출부(200)가 BEMF 신호를 감지하기 위하여 대기 상태에 있는 시간이다. ZXD_REAL은 BEMF 신호가 실제 제로 크로스 포인트에 도달한 시간을 나타낸다.
- [72] 액츄에이터를 구동시키기 위한 구동신호의 파형이 도 3에 도시한 바와 같은 구성의 시간 구간을 갖는다면,
- [73] 첫 번째 구동시간(DRIVE_TIME)인 DRIVE_TIME(0)는 액츄에이터 공진 주파수의 반 주기에서 초기 보호시간(GUARD_TIME)을 제외한 시간이다. 즉,
- [74] $DRIVE_TIME(0) = (1/f_0)/2 - (GND_TIME + NULL_TIME + ZXD_TIME)$ 이며,
- [75] 최소, 최대 DRIVE_TIME은 아래와 같이 정의할 수 있다.
- [76] $MAX_DRIVE_TIME = DRIVE_TIME(0) + COMP_TIME(0)$
- [77] $MIN_DRIVE_TIME = DRIVE_TIME(0) - COMP_TIME(0)$
- [78] $COMP_TIME(0) = ZXD_TIME$
- [79] 첫 번째 구동신호 파형의 출력 후 다음 싸이클의 구동신호의

DRIVE_TIME(1)은 DRIVE_TIME(0)에서 기준 ZXD_TIME과 실제 측정된 ZXD_REAL의 차이를 보정한 값으로 결정된다.

- [80] $DRIVE_TIME(1) = DRIVE_TIME(0) + [ZXD_REAL(0) - ZXD_TIME]$
- [81] 위 설명을 일반식으로 정의하면 아래와 같다.
- [82] $DRIVE_TIME(n+1) = DRIVE_TIME(n) + [ZXD_REAL(n) - ZXD_TIME]$
- [83] 이 상에서 설명한 내용을 참조해 보았을 때 액츄에이터 구동에 따른 BEMF 신호의 제로 크로스 포인트 검출시간을 검출하여 이를 기준으로 미리 설정된 제로 크로스 포인트 검출시간과 비교하여 구동시간(DRIVE_TIME(n)) 구간의 길이(즉, 구동파형의 주파수)를 보정하면 액츄에이터를 공진 주파수로 구동할 수 있다.
- [84] 이에 공진 주파수 보정부(100)를 구성하는 데이터 보정부(120)는 메모리(110)에 저장된 구동신호 파형 데이터를 PWM 발생부(140)로 출력한 이후 ZCP 검출부(200)로부터 제로 크로스 포인트 검출을 나타내는 신호가 입력되는가를 체크(S20단계)한다.
- [85] 메모리(110)에 저장된 상기 구동신호 파형 데이터에 대응하는 PWM 펄스가 액츄에이터 구동부(300)에 인가되면 액츄에이터인 진동자는 진동하게 되고, 액츄에이터 진동에 의한 BEMF 신호가 BEMF 증폭부(400)로 입력된다.
- [86] 노이즈 밴드 설정에 따라 일정 크기 이하의 BEMF 신호는 무시되고 일정 크기 이상의 BEMF 신호가 ZCP 검출부(200)로 입력됨으로써, 데이터 보정부(120)는 액츄에이터 구동이 일시 정지되는 보호시간 구간에서 제로 크로스 포인트(ZCP) 검출을 나타내는 신호가 입력되는가를 체크할 수 있다.
- [87] 만약 S20단계에서 제로 크로스 포인트(ZCP)가 검출되었다면, 데이터 보정부(120)는 제로 크로스 포인트(ZCP) 패스트(Fast)인가를 체크(S30단계)한다. '제로 크로스 포인트 패스트'란 제로 크로스 포인트(ZCP)가 기준으로 미리 설정된 제로 크로스 포인트 검출시간(ZXD_TIME) 이전에 발생한 경우로 정의한다.
- [88] 이러한 정의에 따르면 제로 크로스 포인트(ZCP) 패스트(Fast)에서 'ZXD_REAL = 0'이고 'COMP_TIME = -ZXD_TIME'이 되어 구동신호의 구동시간 구간은 MIN_DRIVE_TIME으로 줄어 최대 공진 주파수로 구동한다. 즉, 데이터 보정부(120)는 제로 크로스 포인트(ZCP)가 패스트(Fast)라면 구동시간 구간의 길이를 보정하되, 구동시간의 길이가 MIN_DRIVE_TIME이 되도록 메모리(110)에 저장된 상기 구동신호 파형의 데이터 개수를 조정(이를 최소 구동 파형으로 정의할 수 있다)(S40단계)해 준다.
- [89] 만약 제로 크로스 포인트(ZCP)가 슬로우(Slow)(S50단계)라면, 데이터 보정부(120)는 구동시간 구간의 길이를 보정하되, 구동시간의 길이가 MAX_DRIVE_TIME이 되도록 메모리(110)에 저장된 상기 구동신호 파형의 데이터 개수를 조정(이를 최대 구동 파형으로 정의할 수 있다)(S60단계)해 준다.
- [90] 참고적으로 본 발명에서는 제로 크로스 포인트(ZCP)가 2배의 ZXD_TIME까지

발생하지 않는 경우를 '제로 크로스 포인트(ZCP) 슬로우(Slow)'로 정의하기로 한다. 즉, $ZXD_REAL = 2 * ZXD_TIME$ 이 되고, 구동시간 구간은 MAX_DRIVE_TIME 으로 늘어 최소 공진 주파수로 구동한다. 이에 데이터 보정부(120)는 상기에서와 같이 구동시간의 길이가 MAX_DRIVE_TIME 이 되도록 상기 구동신호 파형의 데이터 개수를 조정해 준다.

- [91] 한편, 제로 크로스 포인트(ZCP)가 패스트도 슬로우도 아니라면, 데이터 보정부(120)는 제로 크로스 포인트(ZCP) 검출시간($ZXD_REAL - ZXD_TIME$ 을 계산)에 따라 저장된 상기 구동신호 파형의 데이터 개수를 조정(S70단계)해 준다.
- [92] 만약 비정상적인 조건에서 순간적으로 액츄에이터가 공진 주파수 영역을 벗어나 동작하는 경우 혹은 BEMF 신호에 이상이 발생하는 경우에도 설정된 최소 공진 주파수와 최대 공진 주파수 영역 사이에서 진동하도록 제어하는 것이 바람직하다.
- [93] 정리하면, 데이터 보정부(120)는 액츄에이터 구동 명령에 응답하여 메모리(110)에 저장되어 있는 구동신호 파형을 출력하고 출력 방향을 결정한다. 액츄에이터 구동 종료 명령이 수신되면 종료하고, 아닌 경우 BEMF 신호의 제로 크로스 포인트(ZCP)를 검출한다. 제로 크로스 포인트(ZCP) 검출시 설정된 노이즈 밴드 보다 작은 경우 동일한 구동신호 파형을 연속 출력해 액츄에이터를 구동하거나 그대로 종료한다. 만약 제로 크로스 포인트(ZCP)가 검출되었을 때 제로 크로스 포인트(ZCP) 패스트라면 반대 방향으로 MIN_DRIVE_TIME 이 되도록 메모리(110)에 저장된 상기 구동신호 파형의 데이터 개수를 조정해 주고, 제로 크로스 포인트(ZCP) 슬로우라면 반대 방향으로 MAX_DRIVE_TIME 이 되도록 상기 구동신호 파형의 데이터 개수를 조정해 준다. 만약 ZCP가 ZXD_TIME 구간 안에서 검출된 경우라면 ZXD_REAL 과 ZXD_TIME 간의 차를 계산하고 그에 따라 상기 구동신호 파형의 데이터 개수를 조정해 준다.
- [94] 이상의 실시예에 따르면 본 발명의 액츄에이터 제어장치 및 제어방법은 저장된 구동신호 파형으로 액츄에이터를 초기 구동시키되, 구동신호를 구성하는 보호시간 구간에서 BEMF 신호의 제로 크로스 포인트 검출시간에 따라 다음 사이클의 구동시간 구간의 길이를 보정하는 방식으로 액츄에이터의 공진 주파수를 트래킹하기 때문에, 제조공차, 장착조건, 온도, 노화에 따라 변하게 되는 액츄에이터의 공진 주파수를 실시간 보정하여 최적의 파워 효율로 최대 크기의 진동을 얻을 수 있는 장점이 있다.
- [95] 한편 상술한 실시예에서는 액츄에이터의 공진 주파수를 트래킹하기 위해 구동신호의 파형, 즉 구동시간 구간의 길이를 보정하는 방법을 설명하였으나 도 4에 도시한 바와 같이 구동시간 구간을 고정하고 제로 크로스 포인트(ZCP)에 동기를 맞추는 방식으로 공진 주파수를 트래킹할 수도 있다.
- [96] 이때 메모리(110)에 저장하는 구동신호 파형의 데이터(DRIVE_TIME)는 하기식에 의해 정할 수 있다.

- [97] $DRIVE_TIME < (1/f_0)/2 - (GND_TIME + NULL_TIME + 2*ZXD_TIME)$
- [98] 한편, 구동시간 구간의 길이를 고정하고 제로 크로스 포인트(ZCP)에 동기화하여 액츄에이터의 공진 주파수를 트래킹하는 경우, 반 주기 스퀘어(square) 파형뿐만 아니라, 다양한 모양과 크기를 갖는 파형도 공진 주파수에 맞게 트래킹할 수 있는 장점이 있다. 이러한 경우 공진 주파수로 여러가지 느낌의 진동을 만들 수 있다.
- [99] 이하 상술한 액츄에이터의 공진 주파수 보정 구동 단계 이후에 액츄에이터의 잔류 진동을 신속히 제거하기 위한 액츄에이터 브레이킹 단계에 대해 부연 설명하기로 한다.
- [100] 우선 데이터 보정부(120)는 액츄에이터 구동 정지 명령이 수신되면(S80단계) 도 5(일체형 브레이킹 파형의 예)에 도시한 바와 같이 구동신호 파형(DRIVE_TIME)이 종료된 후 액츄에이터의 잔류 진동을 제거하기 위해 보호시간(GUARD_TIME) 구간 동안 감지되는 BEMF 신호의 제로 크로스 포인트(ZCP)에 동기화하여 브레이크 신호 파형(BRAKE_TIME)을 출력(S90단계)한다. 상기 브레이크 신호의 파형 데이터 역시 메모리(110)에 저장하여 이용할 수 있으며, 도시한 바와 같이 브레이크 신호의 파형은 액츄에이터 진동을 방해하는 방향의 파형을 갖는다.
- [101] 언급한 바와 같이 보호시간(GUARD_TIME) 구간 동안 감지되는 BEMF 신호의 제로 크로스 포인트(ZCP)에 동기화하여 브레이크 신호의 파형을 액츄에이터로 인가되도록 제어하면, 액츄에이터 진동자의 움직임을 빠르게 멈추게 할 수 있다.
- [102] 상술한 액츄에이터 브레이킹 단계의 또 다른 구현 방법으로서, 도 6(반 주기 브레이킹 파형의 예)에 도시한 바와 같이 메모리(110)에 서로 다른 주파수와 크기를 갖는 브레이크 신호(BRAKE0_TIME, BRAKE1_TIME,..)의 파형 데이터를 저장하여 제로 크로스 포인트(ZCP)에 동기화시키면 다양한 방법으로 보다 빠른 액츄에이터 폴링 타임(falling time) 특성을 얻을 수 있다.
- [103] 또한 브레이크 신호에 의해 액츄에이터가 다시 진동하는 경우를 방지하기 위해 도 7(반 주기 자동크기조절 브레이킹 파형의 예)에 도시한 바와 같이, 복수의 브레이크 신호를 출력하되, 상기 복수의 브레이크 신호 중 하나의 브레이크 신호의 크기를 스케일 다운(scale down) 비율에 따라 크기 조절하여 반복 출력되도록 할 수도 있다. 도 7에서는 BRAKE1_TIME의 크기를 스케일 다운한 것으로, 스케일 다운 비율은 액츄에이터의 폴링 타임 특성에 맞게 선택(예를 들면 1.0, 0.75, 0.5, 0.25 등)할 수 있다.
- [104] 상술한 바와 같은 본 발명의 실시예에 따르면, 본 발명의 실시예에 따른 액츄에이터 제어장치 및 방법은 메모리(110)에 구동신호의 파형 데이터를 저장한 후 주파수를 조절하여 사용하므로, 다양한 파형을 공진 주파수로 구동하여 다양한 느낌의 진동을 구현할 수 있으며, 메모리(110)에 저장하는 구동신호의 파형 데이터 최적화로 최대 가속도 조정 및 액츄에이터 가속도 산포를 최소화할 수 있는 효과도 얻을 수 있다.

- [105] 또한 액츄에이터에 최적화된 브레이크 신호의 파형을 실험적인 방법으로 찾아서 메모리(110)에 저장한 후, 액츄에이터 구동 완료후의 구간에서 검출되는 제로 크로스 포인트에 맞춰 잔류 진동을 방해하는 방향으로 브레이크 신호를 인가해 줌으로써, 홈 버튼과 같이 구동시간이 짧은 파형이나 BEMF 신호의 크기가 작은 경우에도 안정적으로 잔류 진동을 제거할 수 있는 이점이 있다.
- [106] 이상의 실시예에서는 PWM 발생부(140)에 인가하는 구동신호 파형의 데이터 개수, 즉 구동신호 파형 데이터를 조정하여 액츄에이터의 공진 주파수를 보정하는 장치 및 방법에 대해 설명하였으나, PWM 발생부(140)에 인가되는 클럭 주파수의 조정을 통해서도 액츄에이터의 공진 주파수를 보정할 수 있다. 이러한 본 발명의 또 다른 실시예를 부연 설명하되, 도 1에서 이미 설명된 구성과 동일한 구성에 대한 설명은 생략하기로 한다.
- [107] 우선 도 8은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 액츄에이터 제어장치의 블럭 구성도를 예시한 것이며, 도 9는 도 8에 도시한 액츄에이터 제어장치의 제어 동작을 설명하기 위한 제어 흐름도를 예시한 것이고, 도 10은 도 8에 도시한 액츄에이터 제어장치의 동작을 부연 설명하기 위한 신호 파형을, 도 11과 도 13은 본 발명의 실시예에 따른 공진 주파수 측정 과정을 설명하기 위한 도면을 각각 예시한 것이다.
- [108] 도 8에 도시한 바와 같이 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 액츄에이터 제어장치는 햅틱 피드백 시스템을 구성하는 액츄에이터를 제어하기 위한 장치로서,
- [109] 발진기(OSC:530)에서 기준 클럭 주파수로 발진된 클럭과 액츄에이터를 구동시키기 위한 기준 구동신호 파형 데이터의 조합에 따라 생성된 PWM 펄스를 액츄에이터 구동부로 출력하는 공진주파수 보정부(500)와,
- [110] 상기 액츄에이터 구동에 따른 BEMF 신호의 제로 크로스 포인트(ZCP)를 검출하기 위한 제로 크로스 포인트 검출부(600)를 포함하되, 상기 공진 주파수 보정부(500)는,
- [111] 상기 제로 크로스 포인트(ZCP) 검출 주기로부터 상기 액츄에이터의 공진 주파수를 산출해 산출된 현재의 공진 주파수를 추종하기 위한 클럭 주파수를 상기 기준 클럭 주파수로 새로이 변경 설정하는 자동 보정 프로세스를 수행함을 특징으로 한다.
- [112] 상기 '기준 클럭 주파수'와 '기준 구동신호 파형 데이터'는 각각 액츄에이터를 공진 주파수로 구동시키기 위해 사전에 설정되는 클럭 주파수와 구동신호 파형 데이터로 정의하기로 한다. 이러한 기준 클럭 주파수는 후술하는 자동 보정 프로세스에 의해 새로이 변경 설정된다. 상기 자동 보정 프로세스란 액츄에이터의 공진 주파수를 보정하기 위한 일련의 프로세스인 것으로 정의한다.
- [113] 도 1에서 이미 설명한 바와 같이 도 8에 도시한 액츄에이터 제어장치 역시 제로 크로스 포인트(ZCP) 검출부(600)의 전단에 위치하여 BEMF 신호를 증폭하기

위한 BEMF 증폭부(800)를 더 포함할 수 있다.

[114] 한편, 상기 공진 주파수 보정부(500)는 상기 제로 크로스 포인트(ZCP) 검출 주기를 내부 클럭으로 카운팅하기 위한 카운터(520)와,

[115] 상기 카운터(520)의 카운팅값으로부터 상기 액츄에이터의 공진 주파수를 산출하고, 산출된 상기 액츄에이터의 공진 주파수를 추종하기 위해 필요한 클럭 주파수를 계산해 이를 새로운 기준 클럭 주파수로 변경 설정하여 발진기(530)의 출력 클럭을 제어하는 클럭 주파수 제어부(510)와,

[116] 상기 클럭 주파수 제어부(510)의 제어에 의해 설정되는 클럭 주파수로 발진하는 발진기(530)와,

[117] 상기 발진기(530)에 의한 클럭과 외부로부터 인가되는 구동신호 파형 데이터의 조합에 따라 PWM 펄스를 생성하는 PWM 발생부(540)를 포함한다.

[118] 상기 '외부'란 햅틱 피드백 시스템이 적용된 디바이스의 호스트 프로세서일 수 있으며, 구현 방법에 따라서는 클럭 주파수 제어부(510)가 자동 보정 프로세스를 위해 보정용 제1구동신호 파형 데이터 혹은 제2구동신호 파형 데이터를 인가해 주는 주체로서 동작할 수도 있다. 물론 클럭 주파수 제어부(510)와 카운터(520)가 하나의 프로세서로 구현될 경우 도 1에서 설명한 구동신호 파형 데이터의 조정 주체로서 동작할 수도 있고, 기준 클럭 주파수를 변경 설정해 주는 주체로서, 혹은 기준 클럭 주파수와 구동신호 파형 데이터 중 어느 하나를 동작모드에 따라 상호 변경 설정해 주는 주체로서 동작할 수 있도록 프로그래밍할 수도 있을 것이다.

[119] 한편, 상기 클럭 주파수 제어부(510)는 정해진 이벤트 조건 만족시에 상기 정의한 자동 보정 프로세스를 수행한다. 상기 정해진 이벤트 조건이란 햅틱 피드백 시스템이 적용된 디바이스의 파워 온(power on)시, 혹은 정해진 보정 주기(디바이스 사용자 혹은 제조사가 설정하는 주기) 혹은 성능 열화를 가져올 수 있는 온도를 고려해 설정되는 디바이스내의 설정 온도 도달시 등을 몇 가지 예로 들 수 있다. 이는 예시에 불과하며 사용자 제조사 등에 의해 다양한 형태의 이벤트 조건을 설정할 수 있을 것이다.

[120] 변형 가능한 또 다른 구현 방법으로서, 클럭 주파수 제어부(510)는 정해진 이벤트 조건 만족시에 상기 자동 보정 프로세스를 수행하되, 상기 기준 구동신호 파형 데이터 보다 상대적으로 구동전압이 크고 구동시간이 짧은 보정용 제1구동신호 파형 데이터(도 11과 같은) 혹은 상기 기준 구동신호 파형 데이터 보다 상대적으로 구동전압이 작고 구동시간이 긴 보정용 제2구동신호 파형 데이터(도 12와 같은)를 PWM 발생부(540)에 인가해 주어 자동 보정 프로세스를 수행할 수도 있다.

[121] 한편, 본 발명의 실시예에 따른 액츄에이터 제어장치의 공진주파수 보정부(500)가 단순히 클럭 주파수를 변경하여 공진 주파수를 보정하는 시스템이라면 자동 보정 프로세스가 제한적일 수 있다. 이에 정해진 이벤트 조건 만족시에 상기 공진 주파수 보정부(500)에 의한 자동 보정 프로세스가 정상

수행될 수 있도록 지원, 즉 보정용 제1 혹은 제2구동신호 파형 데이터를 인가해 주기 위한 디바이스 프로세서(호스트)를 더 포함할 수 있다.

[122] 이하 도 9를 참조하여 상술한 구성을 포함하는 액츄에이터 제어장치의 제어방법을 보다 상세히 설명하기로 한다.

[123] 우선 클럭 주파수 제어부(510)는 앞서 정의한 정해진 이벤트 조건이 만족되면(디바이스 프로세서인 호스트의 명령에 따라 수행될 수도 있음), 액츄에이터를 구동시키기 위한 구동신호의 생성을 위해 필요한 클럭이 기준 클럭 주파수로 발진되도록 발진기(530)의 출력을 제어(S110단계)한다. 이때 디바이스 프로세서인 호스트는 기준 구동신호 파형 데이터를 PWM 발생부(540)로 인가해 줌으로써, 액츄에이터는 사전 설정된 액츄에이터의 공진 주파수로 구동한다.

[124] 이와 같이 액츄에이터에 구동신호가 인가되면 그에 다른 BEMF 신호가 발생되어 ZCP 검출부(600)로 인가되어 제로 크로스 포인트(ZCP)가 검출되고 그에 따른 펄스가 공진 주파수 보정부(500)로 인가된다.

[125] 이에 공진 주파수 보정부(500)내의 카운터(520)는 내부 클럭으로 BEMF 신호의 주기를 카운팅하고 그 값이 클럭 주파수 제어부(510)로 전달됨으로써, 클럭 주파수 제어부(510)는 액츄에이터의 구동에 따른 BEMF 신호의 주기로부터 액츄에이터의 현재 공진 주파수를 산출(S120단계)한다.

[126] 공진 주파수의 산출은 하기 수학적식들을 이용하여 산출 가능하다. 하기 수학적식들에서 F_{0M} , A , F_{OSC} 각각은 산출된 액츄에이터의 공진 주파수, 카운팅 개수, 내부 클럭 주파수이고, N 은 구동신호 파형 데이터의 해상도를 나타낸다. 그리고 F'_{0} , F'_{OUT} , F'_{OSCCAL} , F'_{PWM} 각각은 액츄에이터의 공진 주파수, 보정 완료된 액츄에이터의 공진 주파수, 액츄에이터의 공진 주파수를 보정하기 위한 클럭 주파수(보정한 클럭 주파수로 새로이 변경 설정되는 기준 주파수에 해당함), PWM 펄스 주파수를 나타낸다.

[127] [수학적식 1]

[128] $F_{0M} = F_{OSC} / A$

[129] [수학적식 2]

[130] $F_{OSCCAL} = F_{OSC} * (F_{0M} / F_0)$

[131] [수학적식 3]

[132] $F_{OUT} = F_{PWM} / N = F_{OSC} / (N * \text{구동신호파형데이터의해상도})$

[133] 상기 수학적식들에 기초하여 액츄에이터의 현재 공진 주파수를 산출하면, 클럭 주파수 제어부(510)는 S130단계로 진행하여 상기 산출된 액츄에이터의 공진 주파수와 이전에 설정되어 있던 공진 주파수 간에 편차가 발생하였는지 체크한다. 체크 결과 공진 주파수 간에 편차가 발생하였다면 열화 등의 여러 요인에 의해 액츄에이터의 현재 공진 주파수가 변경된 것이므로, 새로이 산출된

액츄에이터의 현재 공진 주파수를 추종(편차 보정의 의미임)하기 위한 클럭 주파수를 계산하여 이를 상기 기준 클럭 주파수로 새로이 변경 설정(S140단계)한다.

- [134] 이와 같이 기 저장되어 있는 기준 클럭 주파수를 현재 측정된 액츄에이터의 공진 주파수를 추종할 수 있는 클럭 주파수로 새로이 변경 설정해 줌으로써, 액츄에이터는 최적의 파워 효율로 최대 크기의 진동 특성을 발휘할 수 있게 되는 것이다.
- [135] 따라서 본 발명은 제조공차, 장착조건, 온도, 노화에 따라 변하게 되는 액츄에이터의 공진 주파수를 기준 클럭 주파수의 보정을 통해 정해진 이벤트 조건 만족시에 보정해 놓음으로써, 햅틱 피드백 시스템에 최적의 파워 효율로 최대 크기의 진동을 제공해 줄 수 있는 장점이 있다.
- [136] 한편 본 발명의 또 다른 구현 방법으로서, 홈 버튼 진동과 같이 10ms 내지 20ms 이내에 구동해야 하는 짧은 구동조건에서 충분한 진동력과 측정 가능한 BEMF 신호의 크기를 얻기 위해서는 도 11에 도시한 바와 같은 구동신호가 액츄에이터에 인가되도록 하는 것이 바람직하다. 즉, 홈 버튼 진동 이벤트 발생시 액츄에이터의 공진 주파수를 보정하기 위해서 클럭 주파수 제어부(510) 또는 디바이스 프로세서인 호스트는 기준 구동신호 파형 데이터 보다 상대적으로 구동전압이 크고 구동시간이 짧은 보정용 제1구동신호 파형 데이터를 PWM 발생부(540)로 인가하여 공진 주파수의 산출이 이루어지도록 하는 것이 바람직하다.
- [137] 이와 반대로 도 12에 도시한 바와 같이 액츄에이터를 충분히 움직일 수 있는 구동시간과 구동전압, 즉 기준 구동신호 보다 상대적으로 구동전압이 작고 구동시간이 긴 보정용 제2구동신호 파형 데이터를 PWM 발생부(540)로 인가하여 공진 주파수의 산출이 이루어지도록 할 수도 있다.
- [138] 또한 도 13에서와 같이 알림 진동으로 긴 시간 동안 진동하되 작은 진폭으로 구동할 경우에도 일정 시간 이후 충분한 진동력과 측정 가능한 BEMF 신호의 크기를 얻을 수 있기 때문에, 알림 진동 주기 중간에 구동신호를 중단하고 BEMF 신호의 주기를 내부 클럭으로 측정해 액츄에이터의 공진 주파수를 측정해 기준 클럭 주파수를 변경할 수도 있다.
- [139] 이상은 도면에 도시된 실시예들을 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다.

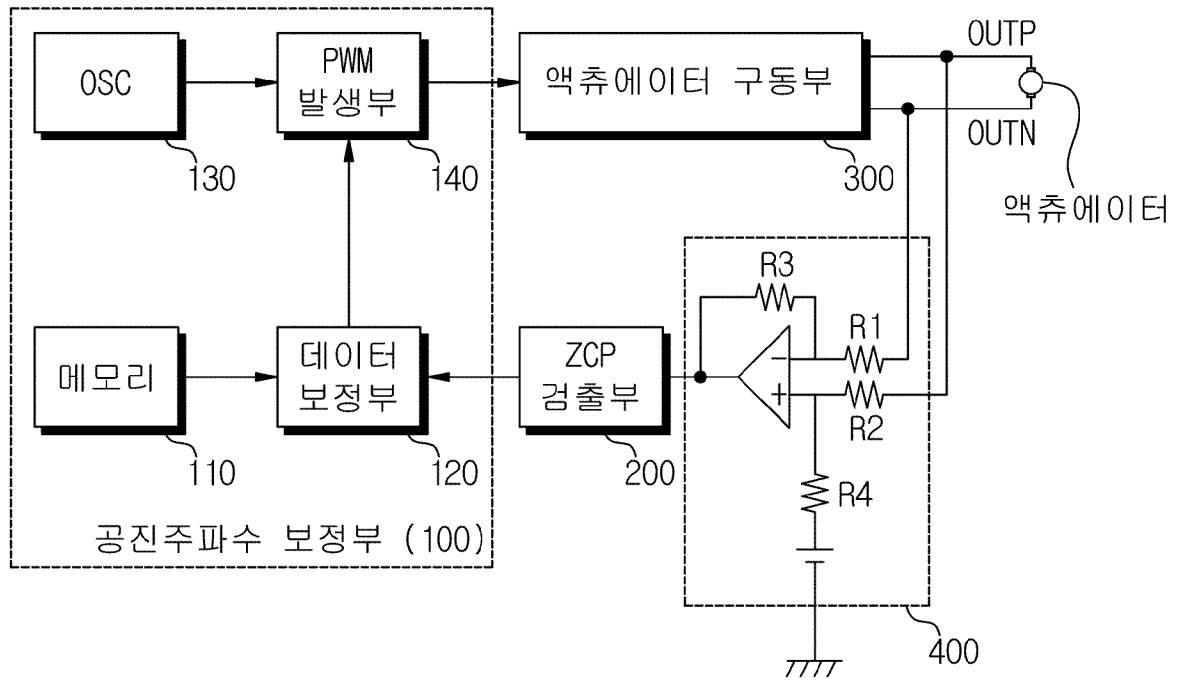
청구범위

- [청구항 1] 기준 클럭 주파수로 발진된 클럭과 액츄에이터를 구동시키기 위한 기준 구동신호 파형 데이터의 조합에 따라 생성된 PWM 펄스를 액츄에이터 구동부로 출력하는 공진 주파수 보정부와;
상기 액츄에이터 구동에 따른 BEMF 신호의 제로 크로스 포인트를 검출하기 위한 제로 크로스 포인트 검출부;를 포함하되, 상기 공진 주파수 보정부는,
상기 제로 크로스 포인트 검출 주기로부터 상기 액츄에이터의 공진 주파수를 산출해 이를 추종하기 위한 클럭 주파수를 상기 기준 클럭 주파수로 새로이 변경 설정하는 자동 보정 프로세스를 수행함을 특징으로 하는 액츄에이터 제어장치.
- [청구항 2] 청구항 1에 있어서, 상기 제로 크로스 포인트 검출부의 전단에 위치하여 BEMF(Back ElectroMotive Force) 신호를 증폭하기 위한 BEMF 증폭부;를 더 포함함을 특징으로 하는 액츄에이터 제어장치.
- [청구항 3] 청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 상기 공진 주파수 보정부는,
상기 제로 크로스 포인트 검출 주기를 내부 클럭으로 카운팅하기 위한 카운터와;
상기 카운터의 카운팅값으로부터 상기 액츄에이터의 공진 주파수를 산출하고, 산출된 상기 액츄에이터의 공진 주파수를 추종하기 위한 클럭 주파수를 계산하여 새로운 기준 클럭 주파수로 변경 설정하여 발진기의 출력 클럭을 제어하는 클럭 주파수 제어부와;
상기 클럭 주파수 제어부의 제어에 의해 설정되는 클럭 주파수로 발진하는 발진기와;
상기 발진기에 의한 클럭과 외부로부터 인가되는 구동신호 파형 데이터의 조합에 따라 PWM 펄스를 생성하는 PWM 발생부;를 포함함을 특징으로 하는 액츄에이터 제어장치.
- [청구항 4] 청구항 3에 있어서, 상기 클럭 주파수 제어부는,
정해진 이벤트 조건 만족시에 상기 자동 보정 프로세스를 수행함을 특징으로 하는 액츄에이터 제어장치.
- [청구항 5] 청구항 3에 있어서, 상기 클럭 주파수 제어부는,
정해진 이벤트 조건 만족시에 상기 자동 보정 프로세스를 수행하되, 상기 기준 구동신호 파형 데이터 보다 상대적으로 구동전압이 크고 구동시간이 짧은 보정용 제1구동신호 파형 데이터 혹은 상기 기준 구동신호 파형 데이터 보다 상대적으로 구동전압이 작고 구동시간이 긴 보정용 제2구동신호 파형 데이터를 PWM 발생부에 인가해 주어 자동 보정 프로세스를 수행함을 특징으로 하는 액츄에이터 제어장치.
- [청구항 6] 청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 상기 공진 주파수 보정부는,

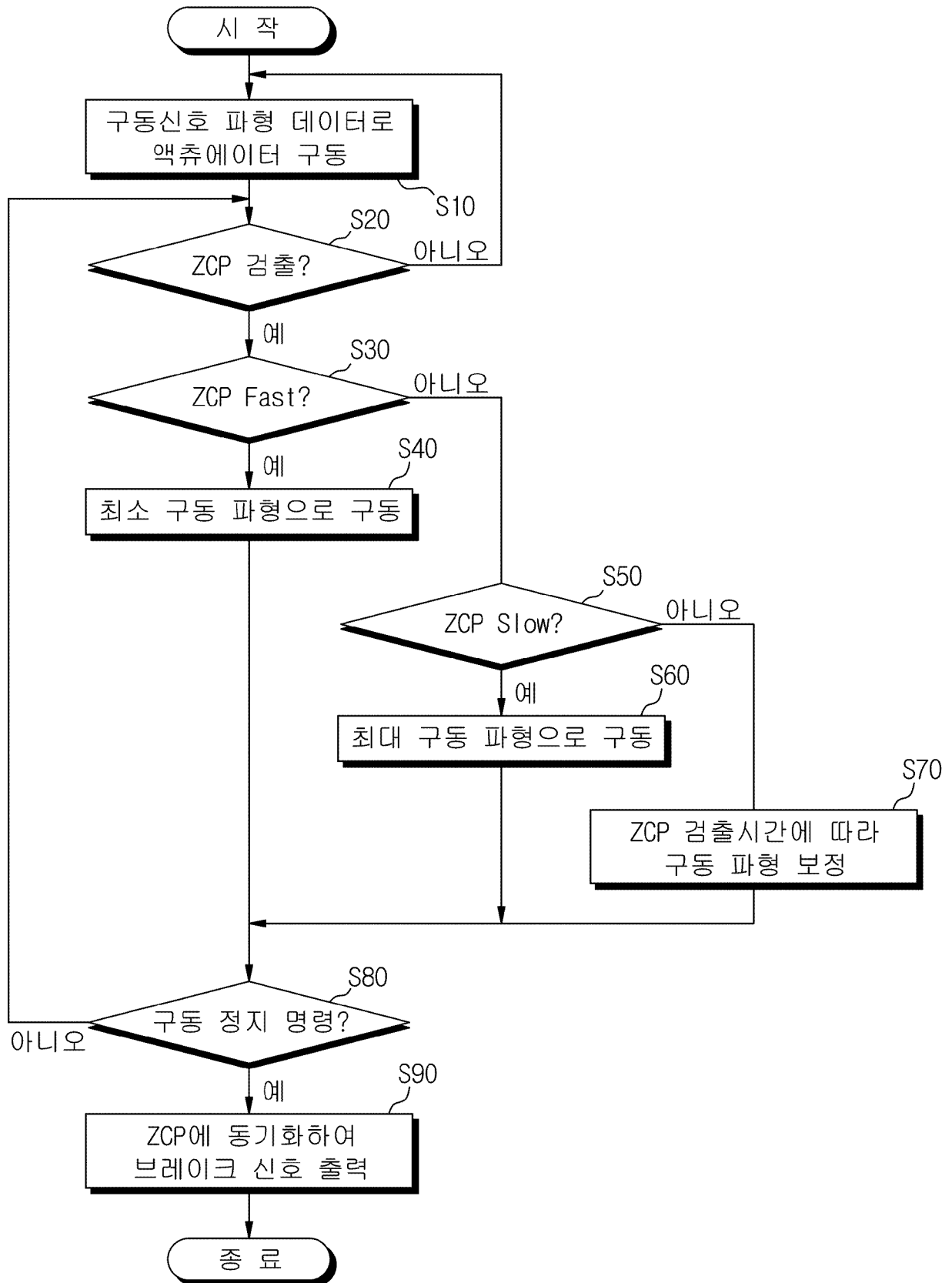
정해진 이벤트 조건 만족시에 상기 자동 보정 프로세스를 수행함을 특징으로 하는 액추에이터 제어장치.

- [청구항 7] 청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 정해진 이벤트 조건 만족시에 상기 공진 주파수 보정부에 의한 자동 보정 프로세스가 정상 수행될 수 있도록 지원하기 위한 디바이스 프로세서;를 더 포함하되, 상기 디바이스 프로세서는,
정해진 이벤트 조건 만족시에 상기 기준 구동신호 파형 데이터 보다 상대적으로 구동전압이 크고 구동시간이 짧은 보정용 제1구동신호 파형 데이터 혹은 상기 기준 구동신호 파형 데이터 보다 상대적으로 구동전압이 작고 구동시간이 긴 보정용 제2구동신호 파형 데이터를 PWM 발생부에 인가해 줌을 특징으로 하는 액추에이터 제어장치.
- [청구항 8] 햅틱 피드백 시스템을 구성하는 액추에이터를 공진 주파수로 구동시키기 위한 액추에이터의 제어방법에 있어서,
상기 액추에이터를 구동시키기 위한 구동신호의 생성을 위해 필요한 클럭이 기준 클럭 주파수로 발진되도록 발진기의 출력을 제어하는 제1단계와;
상기 액추에이터의 구동에 따른 BEMF 신호의 주기로부터 상기 액추에이터의 공진 주파수를 산출하는 제2단계와;
산출된 상기 액추에이터의 공진 주파수를 추종하기 위한 클럭 주파수를 계산해 상기 기준 클럭 주파수로 새로이 변경 설정하여 상기 발진기의 출력을 제어하는 제3단계;를 포함함을 특징으로 하는 액추에이터 제어방법.
- [청구항 9] 청구항 8에 있어서, 상기 제2단계와 제3단계는 디바이스의 파워 온시에 혹은 정해진 보정 주기에 혹은 디바이스내의 설정 온도 도달시에 수행됨을 특징으로 하는 액추에이터 제어방법.
- [청구항 10] 청구항 8에 있어서, 상기 제2단계와 제3단계는 디바이스의 파워 온시에 혹은 정해진 보정 주기에 혹은 디바이스내의 설정 온도 도달시에 수행하되, 상기 구동신호 보다 상대적으로 구동전압이 크고 구동시간이 짧은 보정용 제1구동신호 혹은 상기 구동신호 보다 상대적으로 구동전압이 작고 구동시간이 긴 보정용 제2구동신호가 생성되도록 구동신호 파형 데이터를 변경시키는 단계;를 더 포함함을 특징으로 하는 액추에이터 제어방법.
- [청구항 11] 청구항 8에 있어서, 상기 제2단계와 제3단계는 알림 진동 주기 중간에 수행됨을 특징으로 하는 액추에이터 제어방법.

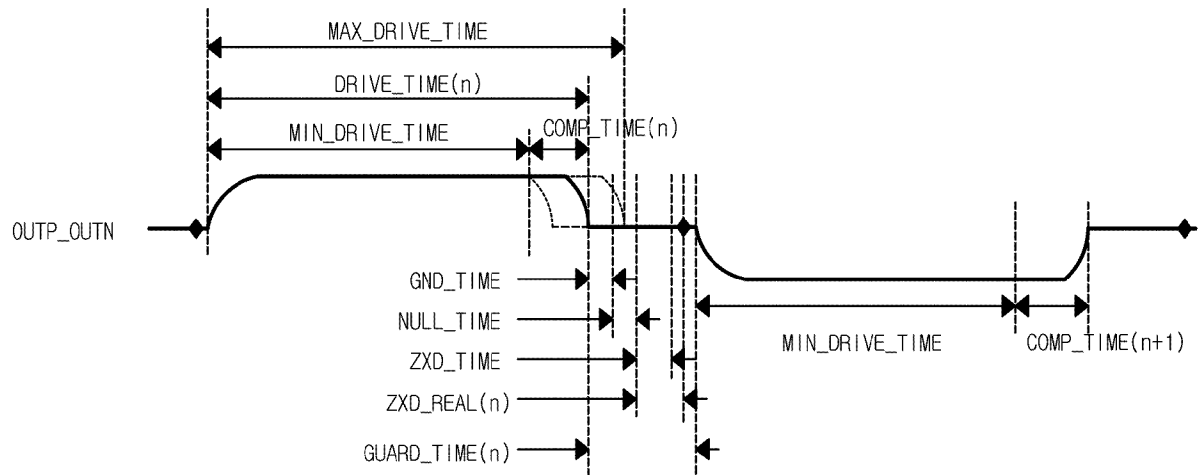
[도1]



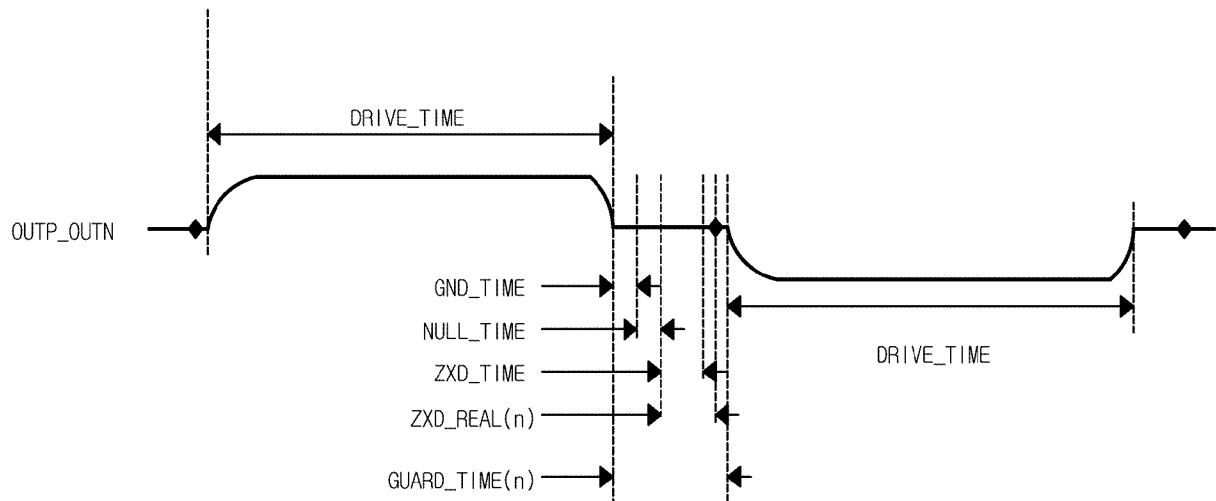
[도2]



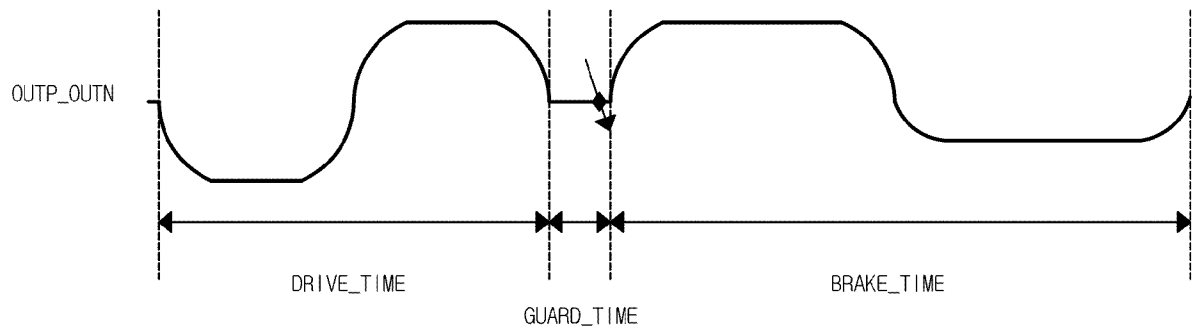
[도3]



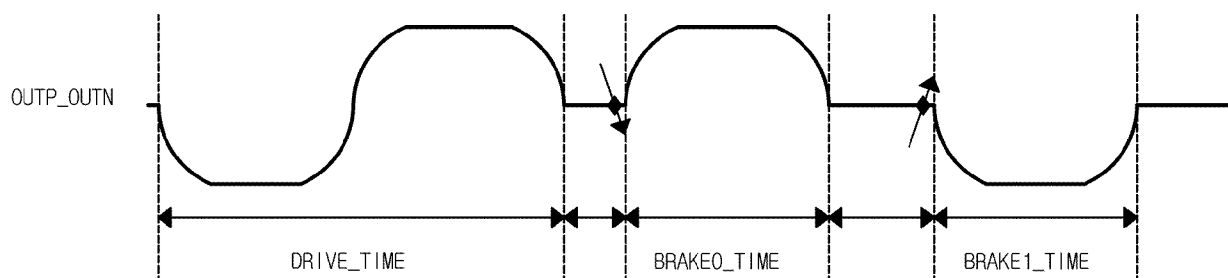
[도4]



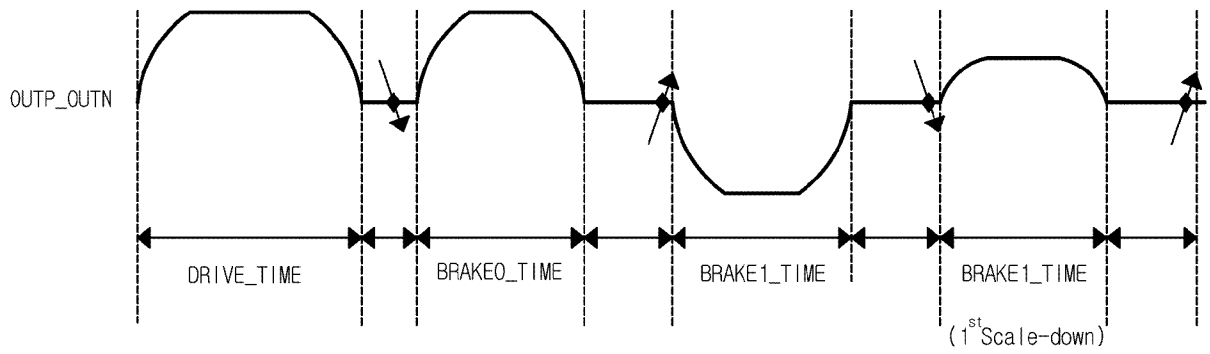
[도5]



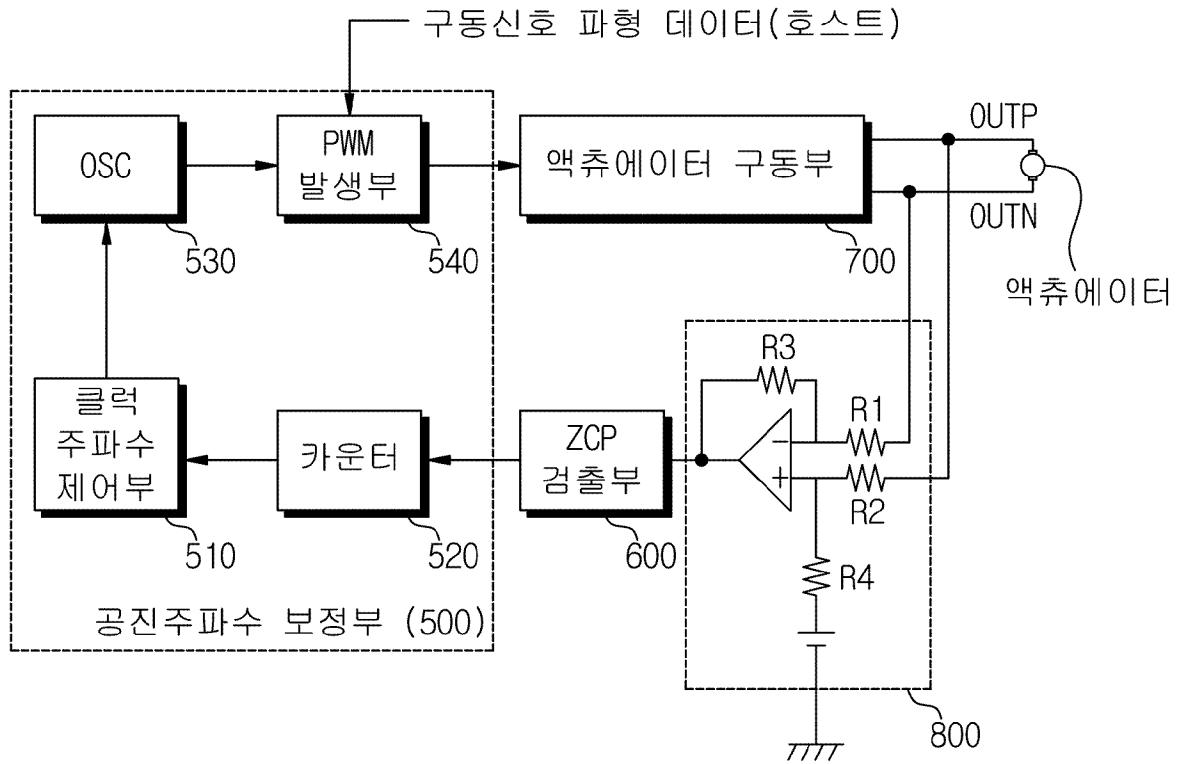
[도6]



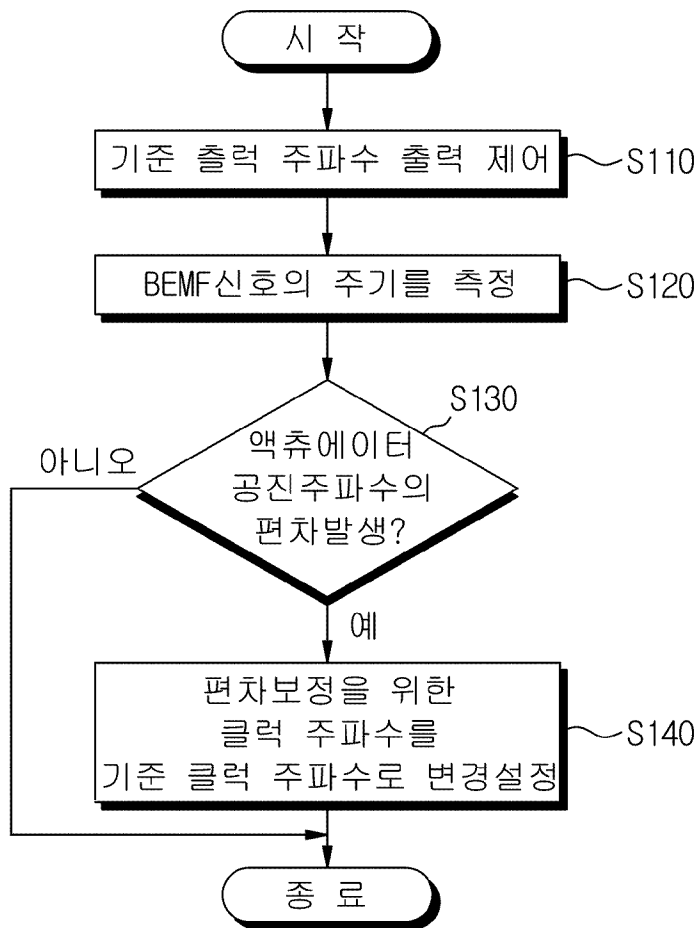
[도7]



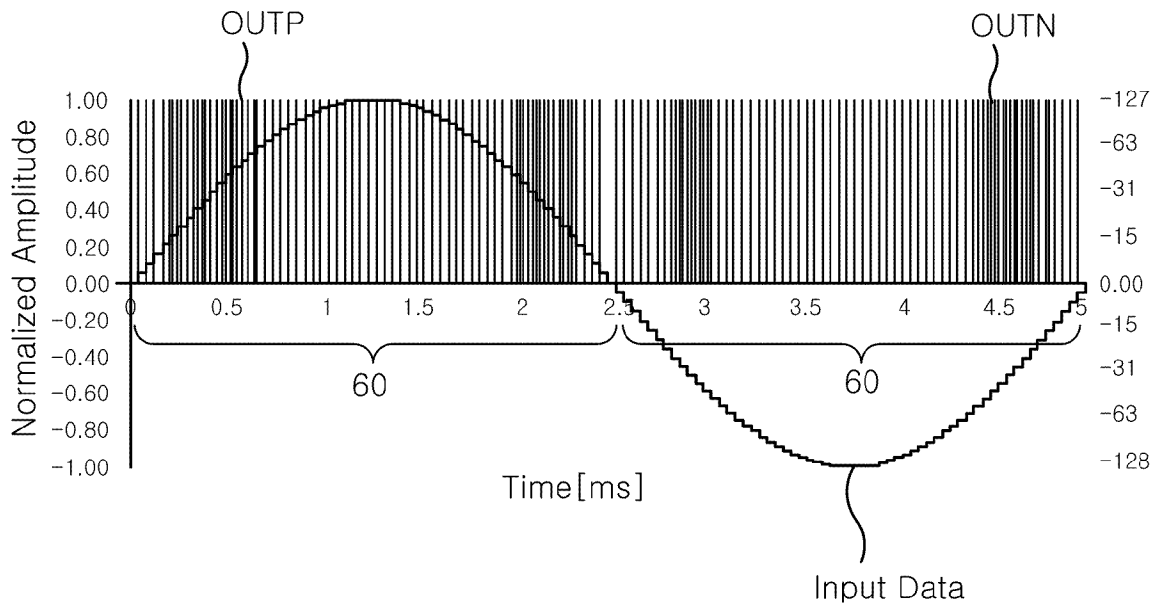
[도8]



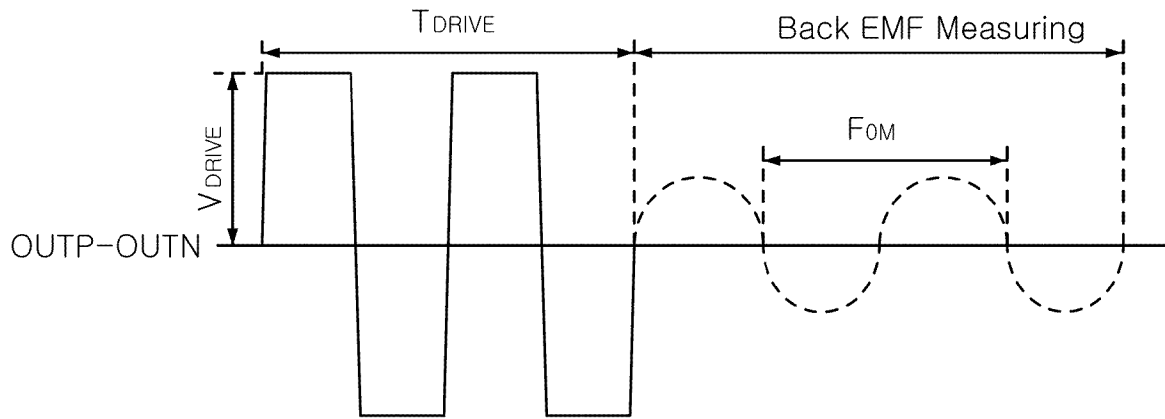
[도9]



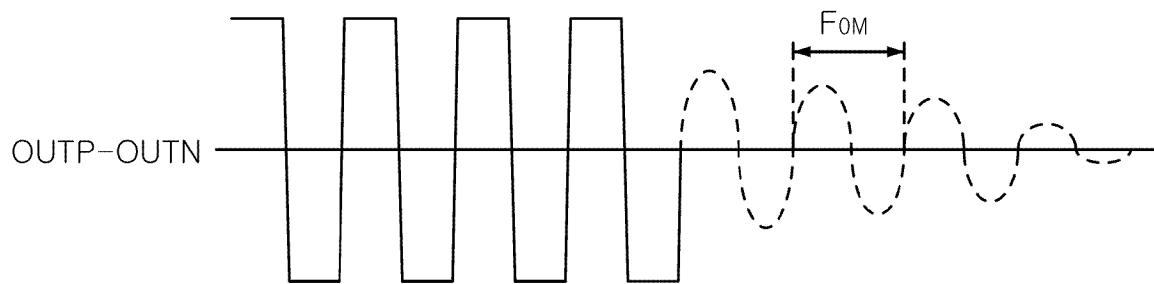
[도10]



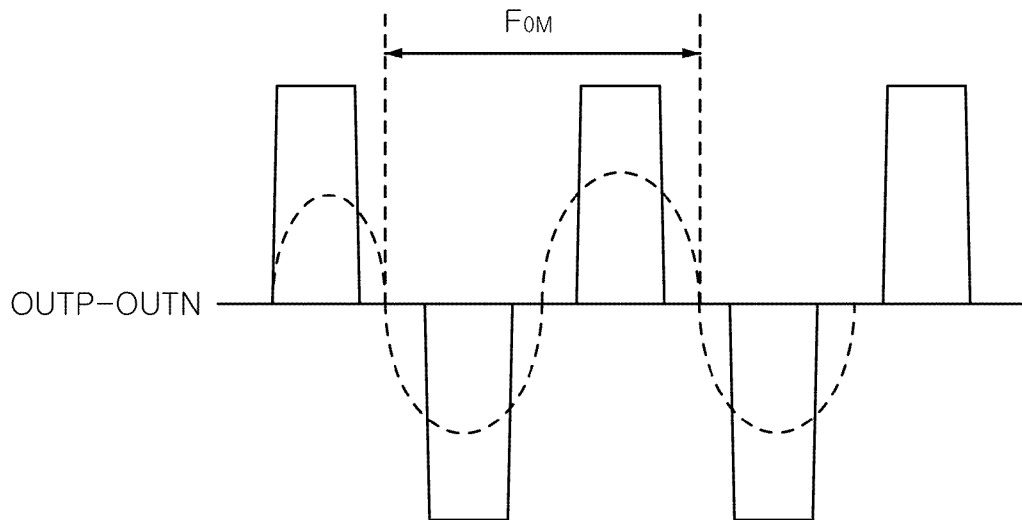
[도11]



[도12]



[도13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2019/007176**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G06F 3/01(2006.01)i, B06B 1/02(2006.01)i**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06F 3/01; G06F 3/041; G08B 6/00; H02P 6/08; H02P 6/18; B06B 1/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models: IPC as above

Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: haptic feedback, Back ElectroMotive Force (BEMF), zero cross point, reference clock frequency

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-509026 A (ANALOG DEVICES, INC.) 10 April 2014 See paragraphs [0019], [0072]; claim 12; and figures 1a, 11c.	1-11
A	KR 10-2017-0032452 A (APPLE INC.) 22 March 2017 See paragraphs [0033]-[0036]; and claim 1.	1-11
A	JP 2008-029081 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 07 February 2008 See paragraphs [0036]-[0050]; claim 1; and figure 1.	1-11
A	US 2014-0118126 A1 (TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED) 01 May 2014 See paragraphs [0018]-[0058]; and figures 1-6.	1-11
A	KR 10-2013-0089211 A (IMMERSION CORPORATION) 09 August 2013 See paragraphs [0017]-[0060]; and figures 3-7.	1-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

01 OCTOBER 2019 (01.10.2019)

Date of mailing of the international search report

02 OCTOBER 2019 (02.10.2019)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex Daejeon Building 4, 189, Cheongsu-ro, Seo-gu,
Daejeon, 35208, Republic of Korea

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2019/007176

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
JP 2014-509026 A	10/04/2014	CA 2829568 A1	13/09/2012
		CN 103620525 A	05/03/2014
		EP 2684108 A1	15/01/2014
		JP 5756872 B2	29/07/2015
		US 2012-0229264 A1	13/09/2012
		WO 2012-122443 A1	13/09/2012
KR 10-2017-0032452 A	22/03/2017	CN 105389000 A	09/03/2016
		CN 105389000 B	18/09/2018
		CN 109445574 A	08/03/2019
		EP 3195088 A2	26/07/2017
		JP 2017-532648 A	02/11/2017
		KR 10-2019-0104468 A	09/09/2019
		US 2016-0063826 A1	03/03/2016
		US 2016-0163165 A1	09/06/2016
		US 2018-0075715 A1	15/03/2018
		US 9564029 B2	07/02/2017
		US 9830782 B2	28/11/2017
		WO 2016-036671 A2	10/03/2016
		WO 2016-036671 A3	21/04/2016
JP 2008-029081 A	07/02/2008	None	
US 2014-0118126 A1	01/05/2014	CN 103793050 A	14/05/2014
		CN 103793050 B	07/08/2018
		US 9274602 B2	01/03/2016
KR 10-2013-0089211 A	09/08/2013	CN 103324305 A	25/09/2013
		CN 103324305 B	25/08/2017
		CN 107479708 A	15/12/2017
		EP 2624100 A1	07/08/2013
		EP 2624100 B1	14/06/2017
		EP 3232300 A1	18/10/2017
		EP 3232300 B1	04/09/2019
		JP 2013-158769 A	19/08/2013
		JP 2017-136593 A	10/08/2017
		JP 2019-072716 A	16/05/2019
		JP 6125852 B2	10/05/2017
		JP 6470341 B2	13/02/2019
		US 10101815 B2	16/10/2018
		US 2013-0194084 A1	01/08/2013
		US 2014-0327530 A1	06/11/2014
		US 2016-0070353 A1	10/03/2016
		US 2017-0269694 A1	21/09/2017
		US 2019-0041992 A1	07/02/2019
		US 8791799 B2	29/07/2014
		US 9202354 B2	01/12/2015
		US 9710065 B2	18/07/2017
		US 9921656 B2	20/03/2018

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

G06F 3/01(2006.01)i, B06B 1/02(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

G06F 3/01; G06F 3/041; G08B 6/00; H02P 6/08; H02P 6/18; B06B 1/02

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 햅틱 피드백(haptic feedback), 역기전력(Back ElectroMotive Force: BEMF), 제로 크로스 포인트(zero cross point), 기준 클럭 주파수(reference clock frequency)

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	JP 2014-509026 A (ANALOG DEVICES, INC.) 2014.04.10 단락 [0019], [0072]; 청구항 12; 및 도면 1a, 11c 참조.	1-11
A	KR 10-2017-0032452 A (애플 인크.) 2017.03.22 단락 [0033]-[0036]; 및 청구항 1 참조.	1-11
A	JP 2008-029081 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 2008.02.07 단락 [0036]-[0050]; 청구항 1; 및 도면 1 참조.	1-11
A	US 2014-0118126 A1 (TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED) 2014.05.01 단락 [0018]-[0058]; 및 도면 1-6 참조.	1-11
A	KR 10-2013-0089211 A (임머슨 코퍼레이션) 2013.08.09 단락 [0017]-[0060]; 및 도면 3-7 참조.	1-11

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“D” 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후 “X”에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일

2019년 10월 01일 (01.10.2019)

국제조사보고서 발송일

2019년 10월 02일 (02.10.2019)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소



대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

변성철

전화번호 +82-42-481-8262



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 2014-509026 A	2014/04/10	CA 2829568 A1 CN 103620525 A EP 2684108 A1 JP 5756872 B2 US 2012-0229264 A1 WO 2012-122443 A1	2012/09/13 2014/03/05 2014/01/15 2015/07/29 2012/09/13 2012/09/13
KR 10-2017-0032452 A	2017/03/22	CN 105389000 A CN 105389000 B CN 109445574 A EP 3195088 A2 JP 2017-532648 A KR 10-2019-0104468 A US 2016-0063826 A1 US 2016-0163165 A1 US 2018-0075715 A1 US 9564029 B2 US 9830782 B2 WO 2016-036671 A2 WO 2016-036671 A3	2016/03/09 2018/09/18 2019/03/08 2017/07/26 2017/11/02 2019/09/09 2016/03/03 2016/06/09 2018/03/15 2017/02/07 2017/11/28 2016/03/10 2016/04/21
JP 2008-029081 A	2008/02/07	없음	
US 2014-0118126 A1	2014/05/01	CN 103793050 A CN 103793050 B US 9274602 B2	2014/05/14 2018/08/07 2016/03/01
KR 10-2013-0089211 A	2013/08/09	CN 103324305 A CN 103324305 B CN 107479708 A EP 2624100 A1 EP 2624100 B1 EP 3232300 A1 EP 3232300 B1 JP 2013-158769 A JP 2017-136593 A JP 2019-072716 A JP 6125852 B2 JP 6470341 B2 US 10101815 B2 US 2013-0194084 A1 US 2014-0327530 A1 US 2016-0070353 A1 US 2017-0269694 A1 US 2019-0041992 A1 US 8791799 B2 US 9202354 B2 US 9710065 B2 US 9921656 B2	2013/09/25 2017/08/25 2017/12/15 2013/08/07 2017/06/14 2017/10/18 2019/09/04 2013/08/19 2017/08/10 2019/05/16 2017/05/10 2019/02/13 2018/10/16 2013/08/01 2014/11/06 2016/03/10 2017/09/21 2019/02/07 2014/07/29 2015/12/01 2017/07/18 2018/03/20