



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0017590
(43) 공개일자 2013년02월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 3/01 (2006.01) G06F 3/038 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0080120
(22) 출원일자 2011년08월11일
심사청구일자 2011년08월11일

(71) 출원인
한국기술교육대학교 산학협력단
충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 (한국기술교육대학교)
(72) 발명자
유지환
충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600
(74) 대리인
정희환

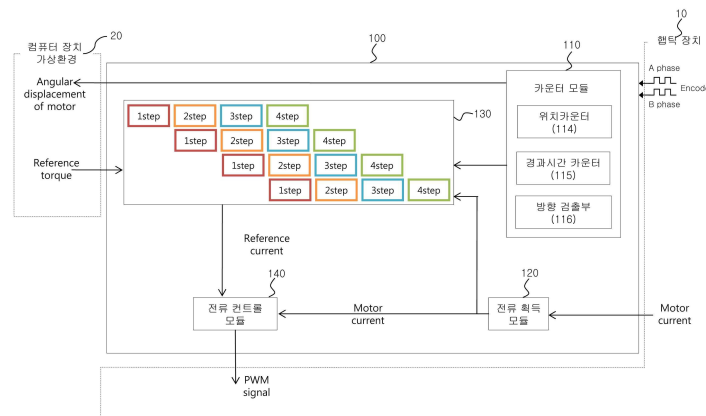
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 피오/피씨 기반의 햅틱 장치 제어기 및 제어 방법

(57) 요약

본 발명은 PO/PC 기반의 햅틱 장치 제어기에 관한 것으로, 상세하게는 햅틱 장치의 모터 전류를 검출하는 전류 획득 모듈; 위치 카운터, 경과시간 카운터 및 방향 검출부를 포함하는 카운터 모듈; FPGA로 구성되는 PO/PC 모듈; 및, 상기 PO/PC모듈의 기준 전류 및 상기 전류획득모듈의 모터 전류에 의거하여 햅틱 장치의 모터를 제어하기 위한 PWM 신호를 발생하는 전류 컨트롤 모듈;로 구성하되, 햅틱장치와 컴퓨터 장치 가상환경 사이에서 인터페이스를 하고 상기 PO/PC모듈은 파이프라인으로 구성되며, PO/PC모듈은 상기 햅틱 장치 모터의 엔코더 펄스로부터 위치변위를 계산하여 가상환경 렌더링 값을 얻는 것을 특징으로 하는 PO/PC 기반의 햅틱 장치 제어기에 관한 것이다.

대표도 - 도3



특허청구의 범위

청구항 1

햅틱 장치의 모터 전류를 검출하는 전류 획득 모듈;

위치 카운터, 경과시간 카운터 및 방향 검출부를 포함하는 카운터 모듈;

FPGA으로 구성되는 PO/PC 모듈; 및,

상기 PO/PC모듈의 기준 전류 및 상기 전류획득모듈의 모터 전류에 의거하여 햅틱 장치의 모터를 제어하기 위한 PWM 신호를 발생하는 전류 컨트롤 모듈;로 구성하되,

햅틱장치와 컴퓨터 장치 가상환경사이에서 인터페이스를 하고 상기 PO/PC모듈은 파이프라인으로 구성되며, PO/PC모듈은 상기 햅틱 장치 모터의 엔코더 펄스로부터 위치변위를 계산하여 가상환경 렌더링 값을 얻는 것을 특징으로 하는 피오/피씨 기반의 햅틱 장치 제어기.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 카운터 모듈은 상기 햅틱 장치의 모터 정보를 검출하는 엔코더로부터 펄스를 감지하여 연속적인 두 개의 엔코더 펄스 사이의 시간을 측정하여 위치 변위를 검출하고, 검출된 위치 변위 정보를 상기 컴퓨터 장치로 출력하며,

감지된 엔코더 펄스 발생 이벤트를 이용하여 PO/PC를 갱신하기 위한 트리거 신호로 출력하는 것을 특징으로 하는 피오/피씨 기반의 햅틱 장치 제어기.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 PO/PC 모듈은 상기 컴퓨터장치 가상환경으로부터 받은 기준 토크 신호 및 상기 전류획득모듈로부터 받은 모터 전류신호를 활용하여 상기 카운터 모듈의 엔코더 펄스 감지시마다 모터 제어를 위한 기준전류를 수정하는 것을 특징으로 하는 피오/피씨 기반의 햅틱 장치 제어기.

청구항 4

제 2항에 있어서,

상기 카운터 모듈은 엔코더 펄스 중 A위상 신호를 입력받아 현재 값과 이전 값을 비교하여 상태 변화를 감지하는 제 1 비교기;

상기 엔코더 펄스 중 B 위상 신호를 입력받아 현재 값과 이전 값을 비교하여 상태변화를 감지하는 제 2비교기; 및

상기 제 1 비교기와 제 2비교기의 출력신호를 입력받아 펄스 신호의 두 에지, 높은 레벨, 낮은 레벨, 라이징 에지, 폴링 에지를 검출하는 논리 검출부;를 더 포함하고,

상기 위치 카운터는 상기 논리 검출부의 출력신호에 의거하여 위치 변위를 카운트하고, 상기 경과시간 카운터는 상기 논리검출부의 출력신호에 의거하여 두 연속되는 엔코더 펄스 사이의 경과시간을 카운트하며, 상기 방향 검출부는 상기 논리 검출부의 에지 변화에 의거하여 방향을 검출하는 것을 특징으로 하는 피오/피씨 기반의 햅틱 장치 제어기.

청구항 5

PO/PC 기반의 햅틱 장치 제어기를 통한 햅틱 장치 제어 방법에 있어서,

PO/PC 모듈에서컴퓨터장치 가상환경으로부터 기준 토크 정보를 수신하여 기준전류를 계산하는 기준전류 계산 단계;

카운터 모듈로부터 엔코더 펄스 이벤트가 발생하였는지 감지하는 펄스 발생 감지 단계;

상기 펄스 발생 감지 단계에서 펄스가 감지되었을 경우 기준 전류 값을 이용하여 PO 값을 업데이트 하고, 기준 PO값을 계산하는 기준 PO 계산 단계;

상기 기준 PO 계산 단계에서 얻은 PO 값 및 기준 PO 값을 비교하는 PO 값 비교 단계;

상기 PO값 비교 단계에서 PO값이 기준 PO 값보다 작은 경우 $-(PO-PO_{ref})$ 연산을 하여 PC의 수정전류를 계산하고, PO 값이 기준 PO 값보다 크거나 같은 경우 PC의 수정전류를 초기화하는 PC 전류 계산 단계;

상기 PC 전류 계산단계를 통해 나온 PC의 수정전류를 이용하여 PO값을 업데이트 하는 PO업데이트 단계; 및,

상기 PC 전류 계산 단계를 거쳐 최종 수정될 기준 전류 값을 계산하여 기준 전류를 전류 컨트롤러로 출력하는 기준 전류 출력단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 피오/피씨 기반의 햅틱 장치 제어 방법.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 컴퓨터 장치 가상환경에서는 카운터 모듈로부터 모터의 위치 변위를 읽는 위치 변위 수신 단계;

상기 위치 변위 수신 단계로부터 수신한 위치 변위와 가상환경의 위치를 비교하여 충돌 여부를 파악하는 충돌 판단 단계;

상기 충돌 판단 단계에서 충돌이 발생했을 경우 가상환경의 위치에 대한 시뮬레이션 처리를 하여 기준 토크 신호를 PO/PC 모듈로 전송하는 시뮬레이션 단계; 및,

상기 충돌 판단 단계에서 충돌이 발생하지 않았을 경우 PO 값을 리셋하는 PO 값리셋 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 피오/피씨 기반의 햅틱 장치 제어 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 PO/PC 기반의 햅틱 장치 제어기 및 제어 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 햅틱 장치와 컴퓨터 장치 가상환경과 인터페이스 하여 햅틱 장치를 제어하는 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 햅틱 시스템(haptic system)은 가상환경을 통해 구현되는 가상 물체와 사용자 조작의 햅틱 상호작용(햅틱 인터페이스)을 말하며, 사용자가 근육 또는 관절을 통해 물체의 이동 또는 힘을 느낄 수 있게 한다.

[0003] 도 1은 일반적인 햅틱 시스템의 개요도이다. 도시된 바와 같이, 햅틱 시스템은 사용자에게 의해 조작되고 가상물체(미도시)와의 상호작용에 의해 사용자에게 운동감각을 제공하는 햅틱 장치(10)와; 상기 햅틱장치(10)에 연결되고, 가상물체를 제공하는 가상환경 인터페이스(22) 및 상기 가상환경 인터페이스(22)와 상기 햅틱장치(20) 사이의 인터페이스를 제공하는 햅틱 장치 제어기(21)를 포함하는 컴퓨터 장치 가상환경(20)으로 구성된다.

[0004] 종래의 햅틱 시스템에서 햅틱 인터페이스가 렌더링할 수 있는 것보다 높은 임피던스에서 가상환경(VE)과 상호작용을 할 때, 상호작용은 쉽게 불안정하고 불안정한 동작으로 유발된 지속적이거나 증가하는 진동은 하드웨어를 손상시킬 수 있었다. 또한, 가상환경의 인식을 왜곡하거나 더 심한 경우에는 사용자에게 물리적 압박을 가할 수 있다는 단점이 있었다.

[0005] 상기 단점을 해결하고, 햅틱 인터페이스가 수동적으로 렌더링되는 임피던스의 동적 범위를 증가시키기 위한 하나의 방법으로 가상 댐핑을 이용하는 소프트웨어 기반의 접근 방식이 있었다. 그러나, 이러한 방식은 임피던스 범위가 증가하면서 가상 댐핑의 근본적인 한계와 제한된 대역폭이라는 본질적인 문제점이 있었다.

[0006] 이에, 가상 댐핑 대신에 물리적 댐핑을 추가한 접근방식이 제안되었고, 모터 샤프트에 점성이 있는 댐퍼를 추가함으로써 물리적 댐핑이 임피던스 범위를 상당히 증가시킬 수 있다는 것을 확인하였다. 그러나, 물리적 댐핑은 인간이 자유 공간에서 움직일 때 매우 느린 동작의 느낌을 받게 되었으며, 이러한 물리적 댐핑을 추가한 방법은 기계적 복잡함을 증가시킨다는 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명은 상기 기술한 단점을 보완하기 위하여 FPGA를 사용하는 PO/PC를 구현하여 전기적 댐핑을 제공하는 햅틱 장치 제어기 및 제어 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0008] 또한, 본 발명은 FPGA를 사용하는 PO/PC를 구현하여 병렬 프로세싱이 가능하게 함으로써 소프트웨어 기반의 햅틱 인터페이스에서 잡음이 발생하는 단점을 개선하는 것을 목적으로 한다.
- [0009] 또한, 본 발명은 PO/PC 모듈이 햅틱 장치로부터 엔코더펄스가 감지될 때 마다 업데이트를 실행하는 햅틱 장치 제어기 및 제어 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상기한 종래 문제점을 해결하고 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 PO/PC 기반의 햅틱 장치 제어기는,
- [0011] 햅틱 장치의 모터 전류를 검출하는 전류 획득 모듈; 위치 카운터, 경과시간 카운터 및 방향 검출부를 포함하는 카운터 모듈; FPGA로 구성되는 PO/PC 모듈; 및, 상기 PO/PC모듈의 기준 전류 및 상기 전류획득모듈의 모터 전류에 의거하여 햅틱 장치의 모터를 제어하기 위한 PWM 신호를 발생하는 전류 컨트롤 모듈;로 구성하되, 햅틱 장치와 컴퓨터 장치 가상환경 사이에서 인터페이스를 하고 상기 PO/PC모듈은 파이프라인으로 구성되며, PO/PC모듈은 상기 햅틱 장치 모터의 엔코더 펄스로부터 위치변위를 계산하여 가상환경 렌더링 값을 얻는 것을 특징으로 한다.
- [0012] PO/PC 기반의 햅틱 장치 제어기에 있어서, 상기 카운터 모듈은 상기 햅틱 장치의 모터 정보를 검출하는 엔코더로부터 펄스를 감지하여 연속적인 두 개의 엔코더 펄스 사이의 시간을 측정하여 위치 변위를 검출하고, 검출된 위치 변위 정보를 상기 컴퓨터 장치로 출력하며, 감지된 엔코더 펄스 발생 이벤트를 이용하여 PO/PC를 갱신하기 위한 트리거 신호로 출력하는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 여기서, 상기 PO/PC 모듈은 상기 컴퓨터 장치 가상환경으로부터 받은 기준 토크 신호 및 상기 전류획득모듈로부터 받은 모터 전류신호를 활용하여 상기 카운터 모듈의 엔코더 펄스 감지시마다 모터 제어를 위한 기준전류를 수정하는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 또한, 상기 카운터 모듈은 엔코더 펄스 중 A위상 신호를 입력받아 현재 값과 이전 값을 비교하여 상태 변화를 감지하는 제 1 비교기; 상기 엔코더 펄스 중 B 위상 신호를 입력받아 현재 값과 이전 값을 비교하여 상태변화를 감지하는 제 2비교기; 및 상기 제 1 비교기와 제 2비교기의 출력신호를 입력받아 펄스 신호의 두 에지, 높은 레벨, 낮은 레벨, 라이징 에지, 폴링 에지를 검출하는 논리 검출부;를 더 포함하고, 상기 위치 카운터는 상기 논리 검출부의 출력신호에 의거하여 위치 변위를 카운트하고, 상기 경과시간 카운터는 상기 논리검출부의 출력신호에 의거하여 두 연속되는 엔코더 펄스 사이의 경과시간을 카운트하며, 상기 방향 검출부는 상기 논리 검출부의 에지 변화에 의거하여 방향을 검출하는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 본 발명의PO/PC 기반의 햅틱 장치 제어기를 통한 햅틱 장치 제어 방법에 있어서, PO/PC 모듈에서 컴퓨터장치 가상환경으로부터 기준 토크 정보를 수신하여 기준전류를 계산하는 기준전류 계산 단계;카운터 모듈로부터 엔코더 펄스 이벤트가 발생하였는지 감지하는 펄스 발생 감지 단계;상기 펄스 발생 감지 단계에서 펄스가 감지되었을 경우 기준 전류 값을 이용하여 PO 값을 업데이트 하고, 기준 PO값을 계산하는 기준 PO 계산 단계;상기 기준 PO 계산 단계에서 얻은 PO 값 및 기준 PO 값을 비교하는 PO 값 비교 단계;상기 PO값 비교 단계에서 PO값이 기준 PO 값보다 작은 경우 $-(PO-PO_{ref})$ 연산을 하여 PC의 수정전류를 계산하고, PO 값이 기준 PO 값보다 크거나 같은 경우 PC의 수정전류를 초기화하는 PC 전류 계산 단계; 상기 PC 전류 계산단계를 통해 나온 PC의 수정전류를 이용하여 PO값을 업데이트 하는 PO업데이트 단계; 및,상기 PC 전류 계산 단계를 거쳐 최종 수정될 기준 전류 값을 계산하여 기준 전류를 전류 컨트롤러로 출력하는 기준 전류 출력단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 본 발명의 PO/PC 기반의 햅틱 장치 제어 방법에 있어서, 상기 컴퓨터 장치 가상환경에서는 카운터 모듈로부터 모터의 위치 변위를 읽는 위치 변위 수신 단계; 상기 위치 변위 수신 단계로부터 수신한 위치 변위와 가상환경의 위치를 비교하여 충돌 여부를 파악하는 충돌 판단 단계;상기 충돌 판단 단계에서 충돌이 발생했을 경우 가상환경의 위치에 대한 시뮬레이션 처리를 하여 기준 토크 신호를 PO/PC 모듈로 전송하는 시뮬레이션 단계; 및, 상기 충돌 판단 단계에서 충돌이 발생하지 않았을 경우 PO 값을 리셋하는 PO 값리셋 단계;를 포함하는 것을 특징

으로 한다.

발명의 효과

- [0017] 이러한 본 발명의 특징에 따르면, 본 발명의 PO/PC 기반의 햅틱 장치 제어기 및 제어 방법은 햅틱 장치의 엔코더 펄스에 동기화하여 햅틱장치 제어기를 업데이트 함으로써 잡음 동작을 제거하는 효과가 있다.
- [0018] 또한, PO/PC 모듈을 FPGA로 설계하여 병렬 프로세싱을 가능하게 구현함으로써 조작적 지연을 줄일 수 있다는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 일반적인 햅틱 시스템의 개요도,
 도 2는 본 발명의 햅틱 장치 제어기의 개요도이고,
 도 3는 햅틱 장치 제어기에서의 카운터 모듈을 나타낸 개요도이며,
 도 4는 햅틱 장치 제어 방법을 나타낸 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부한 도면을 참고로 하여 상세하게 설명한다.
- [0021] 먼저, 본 발명의 PO/PC 기반의 햅틱 장치 제어기(100)는 낮은 속도에서도 동작이 지연되지 않도록 하기 위해 매 위치 변위 발생마다 읽고 쓸 수 있도록 메모리 접근이 빠른 FPGA를 사용하는데, FPGA는 재구성 가능한 게이트어레이 논리 회로의 행렬을 포함하는 장치로, 병렬 프로세싱이 가능한 것이 주요 특징이다. 종래의 프로세서가 한 펄스에 하나의 프로그램만을 실행할 수 있는 반면 FPGA는 동시에 다른 속도로 여러 개의 일을 실행할 수 있다. 또한, FPGA는 마이크로 프로세서 기반의 컨트롤 시스템보다 빠르게 여러 명령을 동작시킬 수 있다. 또한, FPGA는 최상의 신뢰성을 제공하는 다른 연산 시스템을 요구하지 않고 프로세싱을 위해 정교한 하드웨어를 사용한다. 이러한 장점으로, 본 발명의 PO/PC 모듈에 FPGA를 결합함으로써 하드웨어 레벨에서 구현하였다.
- [0022] 도 2는 본 발명의 PO/PC 기반의 햅틱 장치 제어기(100)의 개요도이다. 도시한 바와 같이, 본 발명의 PO/PC 기반의 햅틱 장치 제어기(100)는 햅틱 장치(10)와 컴퓨터 장치 가상환경(20) 사이에서 인터페이스를 수행하되, 카운터모듈(110), PO/PC 모듈(130), 전류 컨트롤 모듈(140) 및, 전류 획득 모듈(120)을 포함하여 구성된다.
- [0023] PO/PC모듈(130)은, 컴퓨터 장치 가상환경(20)으로부터 분리하여 모터 콘트롤러와 함께 FPGA에 구현된 것으로, 카운터 모듈(110)이 햅틱 장치(10)의 엔코더 펄스를 감지할 때 이벤트 신호를 입력 받아 불규칙적으로 업데이트된다. 즉, 엔코더 펄스를 감지할 때마다 PO/PC 모듈(130)이 업데이트 되며, 이 때 컴퓨터 장치 가상환경(20)으로부터 수신한 기준 토크 신호와 전류 획득 모듈(120)로부터 받은 모터 전류 신호를 이용하여 기준 전류를 수정한다.

$$E_{obsv}(t_k) = \sum_{j=0}^k f(t_j) \Delta x$$

.....(식 1)

- [0024]
- [0025] 여기서 Δx 는 변위이다. $f(t_j)$ 는 위치 변위가 있을 때만 변하기 때문에 변위가 없는 동안 모니터링된 에너지값을 업데이트 하는 것은 불필요하다. 이에 반해 하나의 샘플시간에 큰 위치 변위가 있다면 이전의 PO는 다음의 샘플링 순간까지 에너지 변화를 모니터링할 수 없다. 이 지연 때문에 액티브 동작이나 갑작스런 전력 변화가 야기될 수 있으므로, 본 발명에서는 PO 값을 업데이트함으로써 위치 변위가 일어난 뒤의 수정된 전력이나 전류를 즉각적으로 계산하도록 한다.
- [0026] 또한, 도 2에 도시한 바와 같이, PO/PC 모듈(130)에서 진행되는 1단계 내지 4단계는 병렬적으로 처리된다. 여기서 1단계는 PO값과 기준 PO 값을 계산하는 단계, 2단계는 PO 값과 기준 PO 값의 크기를 비교하는 단계, 3단계는 PC 를 계산하는 단계, 4단계는 PO 값을 업데이트하는 단계이며, 이 때 기준 PO 값은 PO 값에 기준전류를 더하여 얻어진 값이다. 상기 1 내지 4단계는 카운터 모듈(110)로부터 얻은 펄스 이벤트 신호에 동기화 되어 각 단계들

이 병렬적으로 처리된다. FPGA를 사용함으로써 병렬 프로세싱을 통한 빠른 계산 과정을 수행할 수 있다.

[0027] 전술한 바와 같이 본 발명에서는 기준 PO 값(PO_{ref} ; $PO_{reference}$)을 사용하여 계산을 처리하는데 이하 본 명세서에서 기준 PO 값, PO_{ref} 에 따른 명칭을 혼용하여 표기하였으나, 상기 두 명칭이 $PO_{reference}$ 값을 지칭하는 동일한 값임은 자명하다. 또한, 2단계에서 PO 값과 기준 PO 값을 비교함으로써 많은 양의 기준 전류가 수정되는 것을 막을 수 있으며, 이로 인하여 부드러운 전류 및 힘 제어가 가능하다는 효과가 있다.

[0028] 카운터 모듈(110)은 햅틱 장치로부터 엔코더 펄스를 감지하고 연속적인 두 개 엔코더 펄스 사이의 시간을 측정하여 위치 변위를 얻는다. 검출된 위치변위는 컴퓨터 장치 가상환경(20)에 보내지며, 엔코더 펄스 이벤트 발생 정보는 PO/PC 모듈(130)로 보내진다. 도 3를 이용하여 카운터 모듈(110)을 상세하게 설명하자면, 카운터 모듈은 위치 카운터(114), 경과시간 카운터(115), 방향 검출부(116), 제 1비교기(111), 제 2비교기(112) 및 논리 검출부(113)를 포함하여 구성된다. 제 1 비교기(111)는 햅틱 장치(10)로부터 얻은 엔코더 펄스 중 A 위상(A Phase) 신호를 입력 받아 현재값과 이전 값을 비교하여 상태 변화를 감지한다. 그리고, 제 2비교기(112)는 상기 햅틱 장치(10)로부터 얻은 엔코더 펄스 중 B 위상(B Phase)신호를 입력 받아 현재 값과 이전 값을 비교하여 상태변화를 감지한다. 여기서, A 위상신호와 B 위상신호는 엔코더 펄스에서 발생하는 90도 위상차를 가지는 두 가지 출력 펄스 신호를 의미한다. 논리검출부(113)는 상기 제 1 비교기(111) 및 제 2비교기(112)의 출력신호를 입력 받아 신호의 두 가장자리(에지), 높은 레벨(하이 신호), 낮은 레벨(로우 신호), 라이징 에지, 폴링 에지를 검출한다. 위치 카운터(114)는 상기 논리 검출부(113)의 출력신호에 의거하여 위치 변위를 카운트하며, 경과시간 카운터(115)는 상기 논리검출부(113)의 출력신호에 의거하여 두 연속되는 엔코더 펄스 사이의 경과시간을 카운트한다. 방향 검출부(116)는 상기 논리 검출부(113)의 에지 변화에 의거하여 방향을 검출한다. 카운터 모듈(110)은 전술한 바와 같이 제 1 비교기(111) 및 제 2비교기(112); 논리 검출부(113); 위치 카운터(114); 경과시간 카운터(115); 방향 검출부(116)로 이루어져 위치정보와 펄스 이벤트신호를 출력하도록 구성된다. 여기서, 카운터 모듈(110)의 업데이트 레이트는 40MHz이다.

[0029] 전류획득모듈(120)은 상기 햅틱 장치(10)의 모터 전류를 검출한다.

[0030] 전류컨트롤 모듈(140)은 전류 획득모듈(120)과 인터페이스를 이루며, PO/PC 모듈(130)로부터 출력된 기준 전류와 상기 전류획득 모듈(120)의 모터 전류신호에 의거하여 햅틱 장치(10)의 모터를 제어하기 위한 PWM 신호를 발생한다. 이 때, 전류 컨트롤 모듈(140)은 PWM 신호를 발생하는 PWM 발생기를 포함하며, PWM 신호는 전류 컨트롤러와 모터를 작동시키는 신호이다. 또한, 전류 컨트롤 모듈(140)의 업데이트 속도는 제어 가능하고, 과전류 방지 회로도 포함한다.

[0031] 도 4는 본 발명의 PO/PC기반의 햅틱 제어 방법에 따른 흐름도이고, 도시한 바와 같이, 컴퓨터 장치 가상환경(20)에서 이루어지는 단계 및 PO/PC 모듈(130)에서 이루어지는 단계를 각각 나누어 설명하도록 한다.

[0032] 컴퓨터 장치 가상환경(20)에서는 카운터 모듈(110)로부터 모터의 위치 변위를 읽는 위치 변위 수신 단계(S11); 상기 위치 변위 수신 단계로부터 수신한 위치 변위와 가상환경의 위치를 비교($X > X_{wall}$, X:모터위치, X_{wall} :가상환경 위치)하여 충돌 여부를 파악하는 충돌 판단 단계(S12); 상기 충돌 판단 단계에서 충돌이 발생했을 경우 가상환경의 위치에 대한 시뮬레이션 처리를 하여 기준 토크 신호를 PO/PC 모듈로 전송하는 시뮬레이션($f_e = k_t(X - X_{wall})$) 단계(S13); 및, 상기 충돌 판단 단계에서 충돌이 발생하지 않았을 경우 PO 값을 리셋하는 PO 값 리셋 단계(S14);를 포함하여 이루어진다. 여기서 f_e 는 기준토크이고, k_t 는 모터 토크 상수이다.

[0033] PO/PC 모듈(130)에서는 기준 전류 계산 단계(S21); 펄스 발생 감지 단계(S22); 기준 PO 계산 단계(S23); PO 값 비교 단계(S24); PC 전류 계산 단계(S25); PO업데이트 단계(S26);, 기준 전류 출력단계(S27);를 포함하여 이루어진다.

[0034] 기준 전류 계산 단계(S21)에서는 컴퓨터 장치 가상환경(20)으로부터 기준 토크 정보를 수신하여 $i_{ref} = f_e / k_t$ (식2)의해 기준 전류를 계산한다.

[0035] 펄스 발생 감지 단계(S22)에서는 카운터 모듈(110)로부터 엔코더 펄스 이벤트가 발생하였는지 감지한다.

[0036] 기준 P0계산 단계(S23)에서는, 상기 펄스 발생 감지 단계(S22)에서 펄스 이벤트가 발생된 경우에만, P0값을 상기 기준전류(기준전류 계산단계에서 계산된 값)값을 활용하여 $P0+ = i_{ref}$ 계산하여 P0값을 업데이트한다. 상기 기준전류 계산식(식2)과 상기 식(1)에 의해 패시비티 업데이트는 $P0+ = k_t i_{ref} \Delta x (N \cdot pulse)$ (식3)로 갱신될 수 있다. 여기서 상기 P0의 치수는 $N \cdot pulse$ 이고, P0는 이벤트가 발생할 때만 업데이트 되기 때문에 위치변위 Δx ms 한 펄스의 상수값이 된다. 그러므로 상기 (식3)은 $P0+ = k_t i_{ref}$ (식4)로 다시 쓸 수 있다. k_t 가 상수값이고, 구분에 의해 나중에 취소될 수 있기 때문에 기준 전류 계산은 식(2)와 같이 간략화될 수 있다. 또한, 이 단계에서 기준 P0 값을 계산한다.

[0037] 다음으로, P0 값 비교 단계(S24)에서는 상기 기준 P0 계산 단계(S23)에서 얻은 P0 값 및 기준 P0 값을 비교한다(P0<P0_ref). 이 때, P0 값 및 기준 P0 값을 비교함으로써 많은 양의 기준 전류가 수정되는 것을 막을 수 있으며, 이로 인하여 부드러운 전류 및 힘 제어가 가능하다는 효과가 있다

[0038] PC 전류 계산 단계(S25)는 상기 P0 값 비교 단계(S24)에서 P0값이 기준 P0 값보다 작은 경우 PC의 수정전류 값인 i_{pc} 를 $i_{pc} = -(P0 - P0_{ref})$ 연산을 하고, P0 값이 기준 P0 값보다 크거나 같은 경우 $i_{pc} = 0$ 연산하여 i_{pc} 값을 초기화한다.

[0039] PO 업데이트 단계(S26)에서는 상기 PC 전류 계산단계(S25)를 통해 나온 PC의 수정전류를 이용하여 PO값을 업데이트($PO+ = i_{pc}$)한다.

[0040] 기준 전류 출력 단계(S27)에서는 상기 PC 전류 계산 단계(S25)를 거쳐 최종 수정될 전류 값을 계산($i_m = i_{ref} + i_{pc}$)하여 기준 전류를 전류 컨트롤 모듈(140)로 출력한다. 이 때, 상기 기준전류 출력단계(S27)에서 출력된 기준 전류 및 전류획득 모듈(120)로부터 받은 모터 전류에 의거하여 전류 컨트롤 모듈(140)에서 펄스의 모터 제어를 위한 PWM 신호를 발생하여 출력하게 된다.

[0041] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명의 상세한 설명에서는 본 발명의 바람직한 실시 예에 관하여 설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 따라서 본 발명의 권리 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 안되며, 후술하는 청구범위뿐만 아니라, 이와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

[0042] 10 : 햅틱 장치 20 : 컴퓨터 장치 가상환경

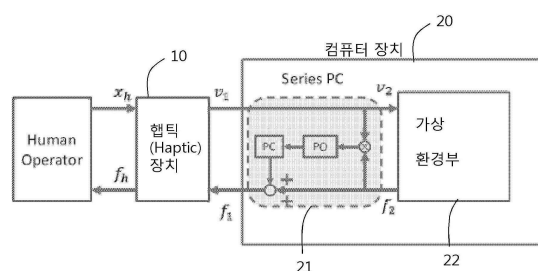
100 : PO/PC 기반의 햅틱 장치 제어기 110 : 카운터 모듈

120 : 전류 획득 모듈
130 : P0/PC 모듈

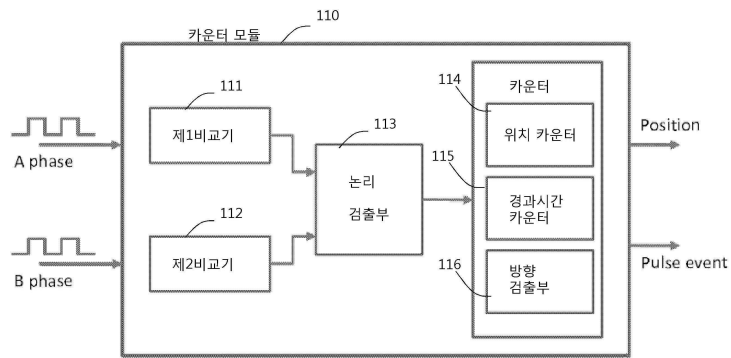
140 : 전류 컨트롤 모듈

도면

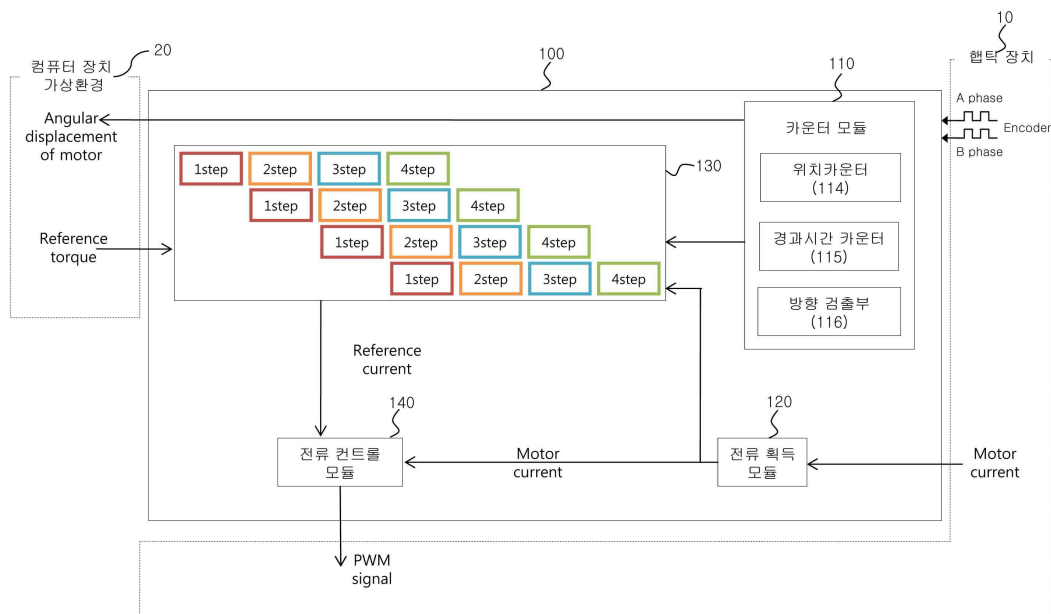
도면1



도면2



도면3



도면4

