



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년09월13일
(11) 등록번호 10-2707504
(24) 등록일자 2024년09월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 26/082 (2014.01) B23K 26/03 (2014.01)
B23K 26/06 (2014.01) B23K 26/08 (2014.01)
B23K 26/38 (2014.01) G05B 19/402 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B23K 26/082 (2015.10)
B23K 26/0344 (2015.10)
(21) 출원번호 10-2022-7025603
(22) 출원일자(국제) 2021년01월22일
심사청구일자 2022년07월22일
(85) 번역문제출일자 2022년07월22일
(65) 공개번호 10-2022-0141792
(43) 공개일자 2022년10월20일
(86) 국제출원번호 PCT/US2021/014632
(87) 국제공개번호 WO 2021/150904
국제공개일자 2021년07월29일
(30) 우선권주장
62/965,491 2020년01월24일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020190044627 A*
KR1020140128444 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
노반타 코포레이션
미국 메사추세츠 01730, 베드포드, 미들섹스 턴파이크 125
(72) 발명자
루카스 마크
미국 01720 매사추세츠주 액튼 존 프란시스 레인 7
시밤 세타람
미국 01742 매사추세츠주 콩코드 월튼 스트리트 349
(74) 대리인
양영준, 윤정호

전체 청구항 수 : 총 13 항

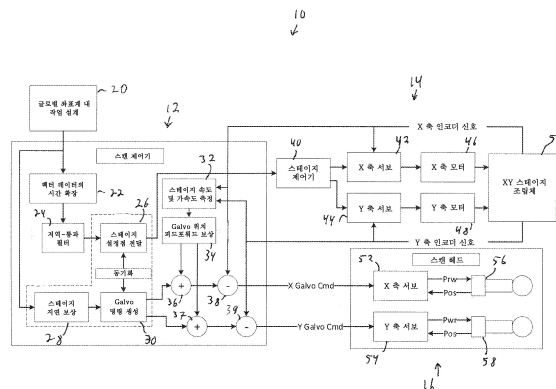
심사관 : 원유철

(54) 발명의 명칭 위치 피드포워드 보상을 사용하여 대면적 레이저 처리에서의 정확도를 개선하는 시스템 및 방법

(57) 요약

작업편의 언더플라이 레이저 처리를 제공하는 레이저 처리 시스템이 개시된다. 레이저 처리 시스템은 작업편을 지지하도록 구성된 위치설정 시스템, 위치설정 시스템 상에서 작업편의 이동을 제어하도록 구성된 위치설정 시스템 제어기, 작업편에 대해 레이저 빔을 스캔하도록 구성된 스캐너 시스템, 및 스캐너 시스템 및 위치설정 시스템 제어기를 작동시키도록 구성된 스캐너 제어기를 포함하며, 스캐너 제어기는 피드포워드 위치 보상에 사용하기 위한 벡터 입력 데이터를 수신한다.

대표도



(52) CPC특허분류

B23K 26/0643 (2013.01)

B23K 26/0853 (2013.01)

B23K 26/38 (2013.01)

G05B 19/402 (2013.01)

G05B 2219/45165 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

작업편의 언더플라이 레이저 처리를 제공하는 레이저 처리 시스템이며, 상기 레이저 처리 시스템은 작업편을 지지하도록 구성된 위치설정 시스템(14),

위치설정 시스템 상에서 작업편의 이동을 제어하도록 구성된 위치설정 시스템 제어기(40),

작업편에 대해 레이저 빔을 스캔하도록 구성된 갈바노미터 미러(galvanometer mirror)를 포함하는 스캐너 시스템(16), 및

스캐너 시스템(16) 및 위치설정 시스템 제어기(40)를 작동시키도록 구성된 스캐너 제어기(12)를 포함하며,

상기 스캐너 제어기는 갈바노미터 미러의 갈바노미터 추적 지연 간격 동안 위치설정 시스템의 측정된 위치로부터 이동하기 위한 위치설정 시스템의 예측된 경로를 결정하고, 시간 경과에 따라 위치설정 시스템의 관찰된 위치 변화를 적분함으로써 계산되는 위치설정 시스템의 속도 및 가속도에 기초하여 예측된 경로가 결정되고,

상기 스캐너 제어기는 레이저 빔이 위치설정 시스템의 예측된 경로를 따르도록 갈바노미터 미러를 위치설정하고,

스캐너 제어기는 부분적으로 시간-도메인이 확장되고 위치설정 시스템 업데이트 데이터 레이트로 위치설정 시스템 제어기에 제공되는 벡터 입력 데이터에 응답하여 위치설정 시스템 제어기를 작동시키고, 상기 스캐너 제어기는 지연되고 갈바노미터 업데이트 데이터 레이트로 스캐너 시스템에 제공되는 벡터 입력 데이터에 응답하여 스캐너 시스템을 작동시키고, 갈바노미터 업데이트 데이터 레이트는 위치설정 시스템 업데이트 데이터 레이트보다 더 높은, 레이저 처리 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

위치설정 시스템 업데이트 데이터 레이트 및 갈바노미터 업데이트 데이터 레이트는 동기화되는, 레이저 처리 시스템.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

스캐너 제어기에 의해 위치설정 시스템 제어기로 제공되는 벡터 입력 데이터는 추가적으로 저역 통과 필터링되는, 레이저 처리 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

갈바노미터 업데이트 데이터 레이트가 위치설정 시스템 업데이트 데이터 레이트보다 더 높음으로써, 위치설정 시스템의 속도 또는 위치의 변화에 관계없이 레이저 빔이 위치설정 시스템의 예측된 경로를 따르도록, 스캐너 제어기가 갈바노미터 미러의 위치설정을 가능하게 하는, 레이저 처리 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

갈바노미터 추적 지연 간격 동안 위치설정 시스템의 예측된 경로를 결정하기 위해 스캐너 제어기가 갈바노미터 추적 지연 간격 및 위치설정 시스템의 속도 및 가속도에 비례하는 위치 오프셋을 계산하는, 레이저 처리 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

스캐너 제어기는 갈바노미터 미러가 위치설정 시스템의 예측된 경로를 따라 레이저 빔을 조향하게 하도록 갈바노미터 명령 데이터에 위치 오프셋을 추가하는, 레이저 처리 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

위치설정 시스템의 예측된 경로는 거의 직선인, 레이저 처리 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서,

위치설정 시스템은 X 축 서보, Y 축 서보, X 축 모터, Y 축 모터, 및 XY 스테이지 조립체를 포함하고,

스캐너 시스템은 X 축 스캔 헤드 서보, Y 축 스캔 헤드 서보, X 축 파워 및 위치 피드백 시스템, 및 Y 축 파워 및 위치 피드백 시스템을 포함하는, 레이저 처리 시스템.

청구항 9

작업편의 언더플라이 레이저 처리를 제공하는 방법이며, 상기 방법은

작업편을 지지하도록 구성된 위치설정 시스템(14)을 제공하는 단계;

위치설정 시스템의 이동을 제어하도록 구성된 위치설정 시스템 제어기(40)를 제공하는 단계;

작업편에 대해 레이저 빔을 스캔하도록 구성된 갈바노미터 미러(galvanometer mirror)를 포함하는 스캐너 시스템(16)을 제공하는 단계;

스캐너 시스템(16) 및 위치설정 시스템 제어기(40)를 작동시키도록 구성된 스캐너 제어기(12)를 제공하는 단계;

위치설정 시스템을 이동시키기 위해 벡터 입력 데이터에 응답하여 스캐너 제어기로 위치설정 시스템 제어기를 작동시키는 단계;

스캐너 제어기(12)에 의해 갈바노미터 미러의 갈바노미터 추적 지연 간격 동안 위치설정 시스템의 측정된 위치로부터 이동하기 위한 위치설정 시스템의 예측된 경로를 결정하는 단계로서, 예측된 경로는 시간 경과에 따라 위치설정 시스템의 관찰된 위치 변화를 적분함으로써 계산되는 위치설정 시스템의 속도 및 가속도에 기초하여 결정되는, 위치설정 시스템의 예측된 경로를 결정하는 단계; 및

레이저 빔이 위치설정 시스템의 예측된 경로를 따르도록 스캐너 제어기에 의해 갈바노미터 미러를 위치설정하는 단계를 포함하고,

스캐너 제어기는 부분적으로 시간-도메인이 확장되고 위치설정 시스템 업데이트 데이터 레이트로 위치설정 시스템 제어기에 제공되는 벡터 입력 데이터에 응답하여 위치설정 시스템 제어기를 작동시키고, 상기 스캐너 제어기는 지연되고 갈바노미터 업데이트 데이터 레이트로 스캐너 시스템에 제공되는 벡터 입력 데이터에 응답하여 스캐너 시스템을 작동시키고, 갈바노미터 업데이트 데이터 레이트는 위치설정 시스템 업데이트 데이터 레이트보다 더 높은, 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

스캐너 제어기에 의해 위치설정 시스템 제어기로 제공되는 벡터 입력 데이터는 저역 통과 필터링되는, 방법.

청구항 11

제9항에 있어서,

스캐너 제어기는 갈바노미터 추적 지연 간격 및 위치설정 시스템의 속도 및 가속도에 비례하는 위치 오프셋을

계산함으로써 갈바노미터 추적 지연 간격 동안 위치설정 시스템의 측정된 위치로부터 이동하기 위한 위치설정 시스템의 예측된 경로를 결정하는, 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

스캐너 제어기는 갈바노미터 미러가 위치설정 시스템의 예측된 경로를 따라 레이저 빔을 조향하게 하도록 갈바노미터 명령 데이터(36)에 위치 오프셋을 추가함으로써 레이저 빔이 위치설정 시스템의 예측된 경로를 따르도록 갈바노미터 미러를 위치설정하는, 방법.

청구항 13

제9항에 있어서,

위치설정 시스템의 예측된 경로는 거의 직선인, 방법.

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 2020년 1월 24일자로 출원되었으며 그 개시내용이 온전히 참조로 본원에 포함된 미국 가특허 출원 번호 62/965,491에 대한 우선권을 주장한다.

[0002] 본 발명은 일반적으로 레이저 스캐닝 시스템에 관한 것이고, 특히 대면적 온더플라이 레이저 마킹 및 커팅 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 레이저 스캐닝 시스템은 종종 재료가 이동하는 동안 재료를 마킹 또는 절단하기 위해 사용된다. 그러한 프로세스는 전형적으로 산업계에서 온더플라이(on-the-fly)로 지칭된다. 이러한 시스템은 일반적으로 작업편 위치설정 시스템의 동작 제어를 위한 피드백으로서 회전 또는 선형 인코더 같은 위치 측정 시스템을 채용한다. 2축 시스템에서, 작업편 위치설정 시스템은 종종 XY 스테이지이지만, 일부 시스템에서, 작업편(workpiece)이 단축(single axis) 내에 위치설정되고, 스캔 헤드는 직교 축 내에서 작업편 위에 위치설정된다. 본 명세서에서 사

용된 바와 같이, 위치설정 시스템이라는 용어는 일반적으로 이러한 시스템 구성 및 그 균등물을 지칭한다. 레이저 갈바노미터 제어기는 조향된 레이저 빔이 작업편의 동작을 따르게 하는 방식으로 갈바노미터 위치를 오프셋시키기 위해 위치설정 시스템의 인코더 정보를 사용할 수 있다.

[0004] 넓은 영역에 걸친 높은 정확도의 레이저 미세가공으로 인해 작업편을 레이저 공정 스캔 헤드(laser process scan head)의 고정된 스캔 영역 아래로 이동시키기 위해 외부 동작 시스템을 사용하는 시스템 설계가 발생되었다. 외부 동작 시스템은 웹-기반 변환 틀에서 종종 이용되는 단축, 또는 예를 들어, 유기 발광 다이오드(OLED) 커팅, 인듐 주석 산화물(ITO) 스크라이빙, 비아-홀 드릴링 등과 같은 디스플레이 처리에 이용되는 2축 갠트리(또는 XY) 스테이지 기반 시스템일 수 있다. 그러한 2축 시스템에서, 레이저 빔 위치설정 정확도는 훨씬 더 엄격해졌는데, 이는 고정밀 반도체 처리 기술을 이용하여 생산되는 작업편 상의 아트워크(artwork)에 대해 레이저 처리 단계(laser processing step)를 정렬시켜야 하는 요건 때문이다. ± 500 mm의 공정 영역에 대한 $\pm 5 \mu\text{m}$ (사실상 10PPM의 정밀도)의 레이저 빔의 정확하고 반복 가능한 위치설정이 이러한 시스템에 종종 필요하다.

[0005] 특정 레이저 위치설정 시스템은 조합된 레이저 헤드 위치설정 및 작업편 위치설정을 채용한다. 예를 들어, 미국 특허 번호 5,751,585는, 콤팩트한 것으로 개시된 조합된 시스템 레이아웃을 위해서 스캔 헤드를 하나의 차원으로 이동시키기 위해 그리고 재료를 다른 차원으로 이동시키기 위해서 X 및 Y 위치설정 시스템을 이용하는 시스템을 개시한다. 이러한 위치설정 시스템과 갈바노미터 사이의 동작은 경로 패닝 분석(path panning analysis)을 통해 조정된다.

[0006] 미국 특허출원 공개 번호 2018/0339364는 레이저 스캐너 제어기가 개별 XY 스테이지 제어기를 예측하고 레이저 조향 갈바노미터와 동기적으로 XY 스테이지를 지향시키는 시스템을 개시한다. 이 시스템은, 스테이지 제어기가 따를 필요가 있는 위치 명령 및 스캐너 제어기와 스테이지 제어기를 동기화하는데 사용되는 클럭 정보를 포함하는 정보를 스캐너 제어기와 스테이지 제어기 사이에서 전송하기 위한 교차-통신 도메인 인터페이스를 채용한다.

[0007] 미국 특허출원 공개 번호 2018/0056443은 레이저 스캐너 및 스테이지 제어기에 의해서 제어되는 가동 스테이지를 가지는 레이저 가공 장치를 개시한다. 레이저 스캐너는 스테이지 제어기에 의해 제어되는 것에 따라 스테이지의 이동을 동기화하는 스캐너 제어기에 의해 제어된다. 이 개시내용은 또한 스캐너 제어기 및 스테이지 제어기와 같은 2개의 서브시스템의 제어기 사이에서 실시간 데이터를 동기화하고 전송하는 브리징 장치를 포함한다. 그러나, 이 참조 문헌의 개시내용에 따르면, 다수의 스캐너를 채용하는 시스템의 정확도가, 스캐너의 경로 명령이, 해당 명령에 비해 필연적으로 지연되고 노이즈가 더 많으며 에러가 발생하기 쉬울 수 있는 피드백 관독에 기초한다는 사실에 의해 제한된다.

[0008] 레이저 갈바노미터-기반의 조향 시스템은 일반적으로, 갈바노미터 모터 상의 통합된 센서에 의해서 제공되는 위치 피드백을 갖춘 폐쇄-루프 서보 모터를 이용한다. 이러한 서보 시스템은 명령 받은 위치와 실제 미러 위치 사이에 유한한 추적 지연(tracking delay)을 갖는다. 이러한 추적 지연은 재료 위치설정 시스템을 따르는 동안 레이저 빔의 위치 에러를 유발한다. 이는 갈바노미터 위치 명령 변경을 유도하고 있는 위치설정 인코더 시스템이 위치설정 시스템의 순간 위치를 측정하고 있기 때문이다. 그러나, 위치설정 시스템의 실제 위치는 갈바노미터 추적 지연 간격 동안 새로운 상대 위치로 이동했을 것이다.

[0009] 대면적 미세 가공 시스템에서, 이러한 에러의 크기는 10배를 초과하는 에러 예산을 초과한다. 예를 들어, 전형적인 갈바노미터 서보 시스템은 $250 \mu\text{sec}$ 의 추적 지연을 갖고, 500 mm/sec 로 이동하는 작업편 위치설정 시스템에서, 결과적인 위치 에러는 $0.00025(\text{sec}) * 500 (\text{mm/sec}) = 0.125 (\text{mm})$ 일 것이다. 이는 이러한 시스템에 대한 완전히 허용 불가능한 레이저 공정 제어를 초래할 것이다.

[0010] 논문 [*Laser Scanner-Stage Synchronization Method for High-Speed and Wide-Area Fabrication*, Journal of Laser Micro/Nanoengineering (JLMN), vol.7, No.2, 2012]에는 광역 제조를 위해 레이저 갈바노미터 스캐너와 선형 스테이지를 동기화하기 위한 언더플라이 방법이 개시되어 있다. 이 논문에는, 2D 레이저 처리를 언더플라이로 구현하기 위해 레이저 스캐닝 시스템으로 하여금 재료 위치설정 시스템(XY 스테이지)의 이동을 추적하도록 XY 스테이지 위치 인코더 데이터를 이용하는 대면적 처리 시스템이 개시되어 있다. 이 참조 문헌의 시스템은 선형 스테이지와 갈바노미터 스캐너 사이의 실시간 신호 전송을 제공하는 것으로 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 그러나, 더 높은 속력 및 정확도로 개선된 레이저 마킹 정확도를 제공하는 더 효율적이고 더 경제적인 언더플라

이 레이저 마킹 시스템이 여전히 요구된다.

과제의 해결 수단

- [0012] 일 양태에 따르면, 본 발명은 작업편의 온더플라이 레이저 처리를 제공하는 레이저 처리 시스템을 제공한다. 레이저 처리 시스템은 작업편을 지지하도록 구성된 위치설정 시스템, 위치설정 시스템 상에서 작업편의 이동을 제어하도록 구성된 위치설정 시스템 제어기, 작업편에 대해 레이저 빔을 스캔하도록 구성된 스캐너 시스템, 및 스캐너 시스템 및 위치설정 시스템 제어기를 작동시키도록 구성된 스캐너 제어기를 포함하며, 스캐너 제어기는 피드포워드 위치 보상에 사용하기 위한 벡터 입력 데이터를 수신한다.
- [0013] 다른 양태에 따르면, 본 발명은 작업편의 온더플라이 레이저 처리를 제공하는 레이저 처리 시스템을 제공한다. 레이저 처리 시스템은 작업편을 지지하도록 구성된 위치설정 시스템, 위치설정 시스템 상에서 작업편의 이동을 제어하도록 구성된 위치설정 시스템 제어기, 작업편에 대해 레이저 빔을 스캔하도록 구성된 스캐너 시스템, 및 스캐너 시스템 및 위치설정 시스템 제어기를 작동시키도록 구성된 스캐너 제어기를 포함하며, 스캐너 제어기는 피드포워드 위치 보상에 사용하기 위한 위치설정 시스템의 예상 벡터를 결정한다.
- [0014] 다른 양태에 따르면, 본 발명은 작업편의 온더플라이 레이저 처리를 제공하는 방법을 제공하며, 상기 방법은 작업편을 지지하도록 구성된 위치설정 시스템을 제공하는 단계, 위치설정 시스템 상에서의 작업편의 이동을 제어하도록 구성된 위치설정 시스템 제어기를 제공하는 단계, 작업편에 대해 레이저 빔을 스캔하도록 구성된 스캐너 시스템을 제공하는 단계, 스캐너 시스템 및 위치설정 시스템 제어기를 작동시키도록 구성된 스캐너 제어기를 제공하는 단계, 벡터 입력 데이터에 응답하여 위치설정 시스템 제어기를 동작시키는 단계; 및 스캐너 시스템을 위치설정 시스템 지연 보상된 높은 데이터 레이트(data rate)로 작동시키는 단계를 포함한다.
- [0015] 본 출원은 첨부 도면을 참조하면 더 이해될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 본 발명의 일 양태에 따른 스캐너 및 제어 시스템의 예시적인 개략적 기능도를 도시한다.
- 도 2는 도 1의 시스템의 예시적인 개략적 구성도를 도시한다.
- 도 3은 도 1의 시스템에서 스캔 헤드 및 작업편의 상대 위치의 예시적인 도식적 좌표 표현을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 도면은 단지 예시의 목적으로 도시된다.
- [0018] 본 출원인들은 낮은 대역폭의 저속 이동 및 높은 관성 작업편 위치설정 시스템에 비해 갈바노미터의 높은 대역폭, 높은 속력 및 가속도 성능을 이용함으로써 갈바노미터 추적 지연 유도된 위치설정 에러가 실질적으로 감소 또는 제거될 수 있다는 것을 발견하였다. 또한, 위치 추적을 위해 사용되는 위치 인코더 데이터로부터 작업편 위치설정 시스템의 속도 및 가속도의 계산이 유한한 시간 주기에 걸쳐 위치 변화를 적분함으로써 가능하다는 것이 밝혀졌다.
- [0019] 이러한 속도 정보를 사용한 위치설정 시스템의 미래 위치의 예측은 위치설정 시스템의 동작이 갈바노미터 추적 지연의 시간 간격에 걸쳐 대략 직선일 것으로 가정한다. 이 가정은 위치설정 시스템 위치를 변경하기 위한 전형적인 위치 업데이트 레이트(update rate)가 5KHz 이하, 또는 각각의 명령 업데이트당 200 μ sec이기 때문에 유효한 것으로 고려된다. 따라서, 갈바노미터 추적 지연 간격에 걸쳐, 위치설정 시스템은 거의 직선으로 진행할 것이며, 이는 시스템의 명령 받은 위치가 해당 간격에서 1회만 업데이트되기 때문이다. 또한, 위치설정 시스템 서보 제어기는 새로운 명령에 대한 지연된 반응을 초래하는 자체 추적 지연을 가지며, 이는 이러한 가정을 더욱 강화한다.
- [0020] 현재 측정된 위치에 대한 위치설정 시스템의 예측된 위치는 갈바노미터 명령 스트림에 추가된다. 갈바노미터 서보 시스템의 더 높은 대역폭은 위치설정 시스템의 속도 및 위치의 변화에 관계없이 갈바노미터 미러(galvanometer mirror)의 위치설정이 위치설정 시스템의 예측된 경로 상에 있게 할 수 있다. 해당 공정은 위치 피드포워드 동작 제어를 수반하고, 등속도 작동 모드 중에 서보 시스템의 추적 지연을 감소시킨다. 추적 지연은 서보 시스템에 의해 제어되는 작동기의 실제 위치와 명령 받은 위치 사이의 지연으로서 규정될 수 있다. 그러나, 본 발명의 실시예의 시스템에서, 시스템이 측정된 외부 동작 시스템의 예측된 경로를 따르도록 갈바노미터 궤적을 조정하기 위해서 위치 피드포워드가 이용된다.

- [0021] 레이저 갈바노미터 서보 추적 지연은 작업편 동작 추적 적용에서 작업편을 따르는 동안 스캐닝 위치 에러를 유발한다. 이는 작업편의 위치를 측정하는 시간으로부터 미러가 측정에 기초하여 편향되는 시간까지 작업편이 이동한 결과이다. 본 발명의 다양한 양태에 따른 레이저 스캐닝 시스템 정확도의 현저한 개선은 작업편 위치설정 시스템의 추정된 속도 및 가속도에 기초한 위치 피드포워드 보상을 이용한다. 갈바노미터의 서보 추적 지연에 비례하는 레이저 갈바노미터에 대한 예측 위치 조정의 계산은 시스템의 속도 및 가속도를 도출하기 위해 작업편 위치설정 시스템의 위치 인코더 데이터를 사용하여 가능하다. 명령 데이터의 예측 조정은 빔이 이동하는 작업편의 실제 위치로 조향되게 하고 그에 따라 전체적인 레이저 위치설정 정확도를 개선한다.
- [0022] 일 실시예에 따르면, 본 발명은 마크온더플라이(mark-on-the-fly) 레이저 스캐닝 시스템에서 위치 피드포워드를 이용하는 것을 수반한다. 예를 들어, 도 1은 이러한 위치 피드포워드 제어 시스템의 논리 흐름의 기능도(10)를 도시한다. 특히, 도 1은 위치설정 시스템, 이 경우 XY 스테이지(14) 및 스캔 헤드(16) 모두를 구동하는 스캔 제어기(12)를 포함하는 제어 시스템(10)을 도시한다. 전체적인 레이저 처리 데이터는 적절한 좌표 변환을 통해서 위치설정 및 갈바노미터 좌표계와 정렬되는 글로벌 좌표계(20) 내의 벡터 데이터로서 표현되고, 스캔 제어기(12)에 제공된다. 글로벌 작업 좌표계 원점 및 레이저 갈바노미터 원점은 서로 일치하고, 위치설정 시스템 원점 및 위치설정 시스템의 위치 좌표는 실행 시간에 선형 변환을 사용하여 정렬된다.
- [0023] 작업 데이터는 2개의 경로에 제공된다. 하나의 경로에서, 벡터 데이터는 시간-도메인 확장되고(22), 저역 통과 필터링되고(24), 감소된 데이터 레이트로 위치설정 시스템으로의 전달을 위해 대기(queueing)된다(26). 제2 경로에서, 위치설정 시스템이 이동을 시작하는 것을 허용하기 위해 실증적으로 도출된 위치설정 시스템 추적 지연의 지속기간만큼 원래 작업 데이터 실행이 지연된다(28). 작업 벡터 데이터는, 갈바노미터 서보(30)로의 전달을 위해, 높은 데이터 레이트, 전형적으로 100 KHz로 제공된다. 작업 시작 시, 저역 통과 필터링된 작업 데이터는 갈바노미터 업데이트 레이트와 동기적이거나 동기적이지 않을 수 있는 감소된 업데이트 레이트로 위치설정 시스템 제어기(40)를 통해 위치설정 시스템으로 전달된다. 위치설정 시스템 추적 지연 후에, 갈바노미터 데이터는 높은 데이터 레이트로 갈바노미터 서보(30)로 전달된다.
- [0024] 위치설정 시스템 인코더 데이터는 갈바노미터 명령 데이터 전달 레이트와 동일한 레이트로 샘플링되고, 위치설정 시스템의 평균 속도 및 가속도를 계산하기 위해 여러 샘플 간격에 걸쳐 적분된다(32). 위치 오프셋이 갈바노미터에 대한 계산되며, 이는 갈바노미터 추적 지연 및 현재 계산된 위치설정 시스템 속도 및 가속도(34)에 비례한다. 이 오프셋은 갈바노미터 명령 데이터(36)에 추가된다. 오프셋은 추적 지연 후에 작업편이 존재할 곳으로 레이저가 조향되게 하는 예측 위치 편향이다. 후속 단계에서, 조정된 갈바노미터 명령 데이터는 위치설정 시스템 인코더(38)에 의해 측정된 현재 위치설정 시스템 위치를 감산함으로써 추가로 조정된다. 후자의 계산은 위치설정 시스템에 의해 실행되는 저주파수 성분을 효과적으로 제거하고, 갈바노미터의 어드레스 가능한 필드 내에 있는 명령을 초래한다. 스테이지(14)는 X 축 서보(42) 및 Y 축 서보(44), X 모터(46) 및 Y 축 모터(48), 그리고 XY 스테이지 조립체(50) 뿐만 아니라 스테이지 제어기(40)를 포함한다. 스캔 헤드(16)는 X 축 파워 및 위치 피드백 시스템(56) 및 Y 축 파워 및 위치 피드백 시스템(58) 뿐만 아니라 X 축 스캔 헤드 서보(52) 및 Y 축 스캔 헤드 서보(54)를 포함한다.
- [0025] 시스템 구성요소의 물리적 실시예가 도 2에 도시되어 있다. 도 2의 시스템에서, 제어기(60), 예를 들어 Massachusetts주 Bedford의 Novanta Corporation 사의 Cambridge Technology에 의해 판매되는 ScanMaster Controller(SMC)가 시스템의 마킹 작동을 조정하는데 사용된다. 이는, 예를 들어 정보를 전달하기 위해 다양한 상위-레벨 프로토콜을 채용하는 (예를 들어, Ethernet 허브 또는 스위치(68)를 통한) Ethernet 및 TCP/IP 통신을 이용하여 Minnesota주 Edina의 ACS Motion Control, Inc.에 의해 제공될 수 있는, 감독 프로그램 가능 로직 제어기(PLC)(62), 작업-준비 PC(64), 및 동작 제어기(66)에 연결된다.
- [0026] 제어기(60)는, 병행하여, 동작 제어기(66)에 의해 사용되는 인코더 데이터를 이용하여, 동작 시스템의 제어 하에 있는 위치설정 시스템의 위치 제어를 직접 관찰한다. 특히, 동작 제어기(60)는 또한, 예를 들어, 표준 입력/출력 프로토콜을 통해서 PLC(62)와 직접적으로 통신한다. 동작 제어기(66)는 동작 X 축 드라이버(70)에 그리고 이어서 동작 Y 축 드라이버(72)에 (예를 들어, EtherCAT를 통해) 직접 결합되는데, 이들 모두는 각각의 X 축 구동부(7) 및 Y 축 구동부(80) 뿐만 아니라 제어기(60)에 결합된다. 제어기(60)는 또한 스캐너(76)에 대한 제어(예를 들어, GSB_μs) 뿐만 아니라 레이저(74)에 대한 제어(예를 들어, 변조, 게이트 및 파워)를 제공한다. 이러한 직접 관찰은 인코더 데이터가 먼저 동작 제어기로 간 후에 에코 백(echoed back)되는 경우, 지연 및 다른 미지의 효과와 같은 잠재적 이상(potential anomaly)을 포함하는 XY 스테이지 제어기 의존성을 제거한다.
- [0027] 작업 데이터 처리 동안, SMC(30)는 100Hz와 1KHz 사이의 범위에서 프로그램될 수 있는 비교적 낮은 업데이트 레

이트로 동작 제어기(66)에 위치 업데이트를 전달한다. SMC는 이전 위치에 도달하였는지 여부를 결정하는 것에 의존하지 않고, 단지 동작 제어기가 그 자신의 업데이트 레이트로 프로파일링된 이동 데이터 포인트에 대한 시리즈로서 또는 이산 포인트로서 위치설정 시스템 축 서보에 위치 명령을 전향(forward) 전달하는 것에 의존한다. 본 명세서에 개시된 실시예는 단지 본 발명의 예로서 제공되고, 다른 시스템은 예를 들어, 특히 제어기에 대한 표준 Ethernet 기반 TCP/IP 통신이 이용 가능한 경우, 다른 동작 제어기 및 서보 드라이버를 사용하는 것을 포함할 수 있다.

[0028] 위치설정 시스템 제어기 위치 업데이트의 릴리스와 동시에, SMC는 훨씬 더 높은 레이트(100 KHz)로 갈바노미터에 대한 위치 설정점을 계산한다. 이러한 위치 업데이트는, 이상적인 작업 데이터 위치, 갈바노미터 추적 지연 유도된 위치설정 에러를 제거하는 위치 피드포워드 바이어스, 및 위치설정 시스템의 실제 위치에 기초한 글로벌 좌표계 조정을 나타낸다. SMC에 의한 조정된 동작 제어는 PLC에 의한 정상 위치설정 시스템 제어가 발생할 수 있는 시간에 마킹 작업의 종료까지 계속된다. 특별한 제어 모드 허가가 요구되지 않는다는 점에 유의한다-표준 게시 인터페이스가 이 공정에서 실행된다.

[0029] 도 2의 마킹/레이저 공정 시스템의 설계는 Massachusetts주 Bedford의 Novanta Corporation 사의 Cambridge Technology에 의해 판매되는 Cambridge Technology's ScanMaster Designer와 같은 표준 소프트웨어 툴을 사용하지만, 위치설정 시스템 및 스캐닝 시스템의 동작의 전체 동기화는 추가적인 구성 정보를 요구할 수 있다. 예를 들어, 특정한 실증적으로 도출된 특성이 이하와 같이 특정될 필요가 있다.

[0030] 인코더에 의한 위치설정 시스템의 위치 측정은 사용 중인 특정 인코더에 의해 제한된 정확도(위치설정 시스템 인코더 해상도)로 이루어진다. 이 해상도는 mm/인코더-카운트 단위로 정의되어야 한다. $\pm 5 \mu\text{m}$ 시스템 정확도를 달성하기 위해, 전형적인 접근법은 10배(10X) 요건인 측정 방법을 이용하는 것이므로 최소 인코더 해상도는 카운트당 적어도 0.5 마이크론이어야 한다. 더 높은 해상도는 더 높은 정밀도로 이어질 것이지만, 인코더가 위치설정 시스템 속도의 함수인 직교 펄스(quadrature pulse)를 생성할 수 있는 레이트가 초과될 경우에 한계에 도달할 것이다. 인코더 해상도를 선택할 때 고려해야 할 제2 단계는 스캐너 제어기가 특정 시그널링 레이트, 전형적으로 25MHz 이하에서 직교 데이터를 디코딩하는 능력이다.

[0031] 다른 특성은 위치설정 시스템 추적 지연에 관한 것이다. 이는 일련의 이동 명령을 송신하고 위치설정 시스템 인코더를 동기적으로 샘플링함으로써 이루어질 수 있는 실증적 측정이다. 위치설정 시스템 제어기의 제조자는 이 특성을 측정하기 위한 소프트웨어를 제공할 수 있지만, SyncMaster 지원 소프트웨어를 사용하는 것이 위치설정 시스템을 구동하고 그 위치를 측정할 수 있기 때문에 이러한 측정을 용이하게 한다.

[0032] 도 3은, 예를 들어, 좌표 링크 시스템에서 시스템 좌표를 기술하는 가능한 방식을 도시한다. 여기서 핵심 특성은, 위치설정 시스템 홈 위치로부터의 오프셋인 X_0 , Y_0 이고; 만약 그곳으로 이동하라고 명령 받는 경우, 시스템은 작업편 원점이 스캔 헤드의 원점 바로 아래에 있도록 하는 위치로 위치설정 시스템을 가져올 것이다. 도3은 기관이 예를 들어 벅킹 핀을 이용하여 반복 가능한 방식으로 시스템 상에 기계적으로 배치될 수 있다고 가정한 코너-기준 시스템(corner-referenced system)(90)을 도시한다. 도 3은 헤드 원점 기준 시스템(92)을 도시한다. 반복하자면, 이는 예를 들어, 재료 및 작업 좌표계가 또한 중심 참조될 수 있기 때문에, 단지 하나의 실시예이다.

[0033] Lightning II 스캐너(Massachusetts주 Bedford의 Novanta Corporation 사의 Cambridge Technology에 의해 판매됨)를 갖춘 시스템에서, 갈바노미터 추적 지연 측정은 Lightning II 지원 소프트웨어 TuneMaster II를 이용하여 이루어진다. 등속도 자극(constant velocity stimulus)이 ScanMaster Designer과 같은 툴을 이용하여 스캐너에 송신되고, 추적 지연은 TuneMaster II의 V-Scope 피처를 이용하여 직접 결정될 수 있는데, 반복하자면, 이들 모두는 Massachusetts주 Bedford의 Novanta Corporation 사의 Cambridge Technology로부터 제공된다.

[0034] 추가의 특성은 위치설정 시스템 인코더 교정 데이터에 관한 것이다. 진보된 동작 제어기는 종종 위치설정 시스템의 동작을 교정하기 위해 레이저 간섭계 측정 툴을 사용하여 인코더 센서를 선형화하는 성능을 갖는다. 위치설정 시스템 제어기는 인코더 비선형성으로 인해 그렇지 않았으면 존재하였을 변위 에러를 최소화하는 방식으로 축 궤적을 변경하기 위해 교정 데이터를 사용한다. 스캐너 제어기는 위치설정 시스템 제어기와 유사한 방식으로 인코더를 선형화하기 위해 동일한 교정 데이터를 사용한다. 이는 스캔 제어기가 위치설정 시스템 제어기와 병렬로 원시 인코더 데이터(raw encoder data)에 액세스하고 교정된 인코더 정보에 대한 액세스를 갖지 않기 때문에 필요하다.

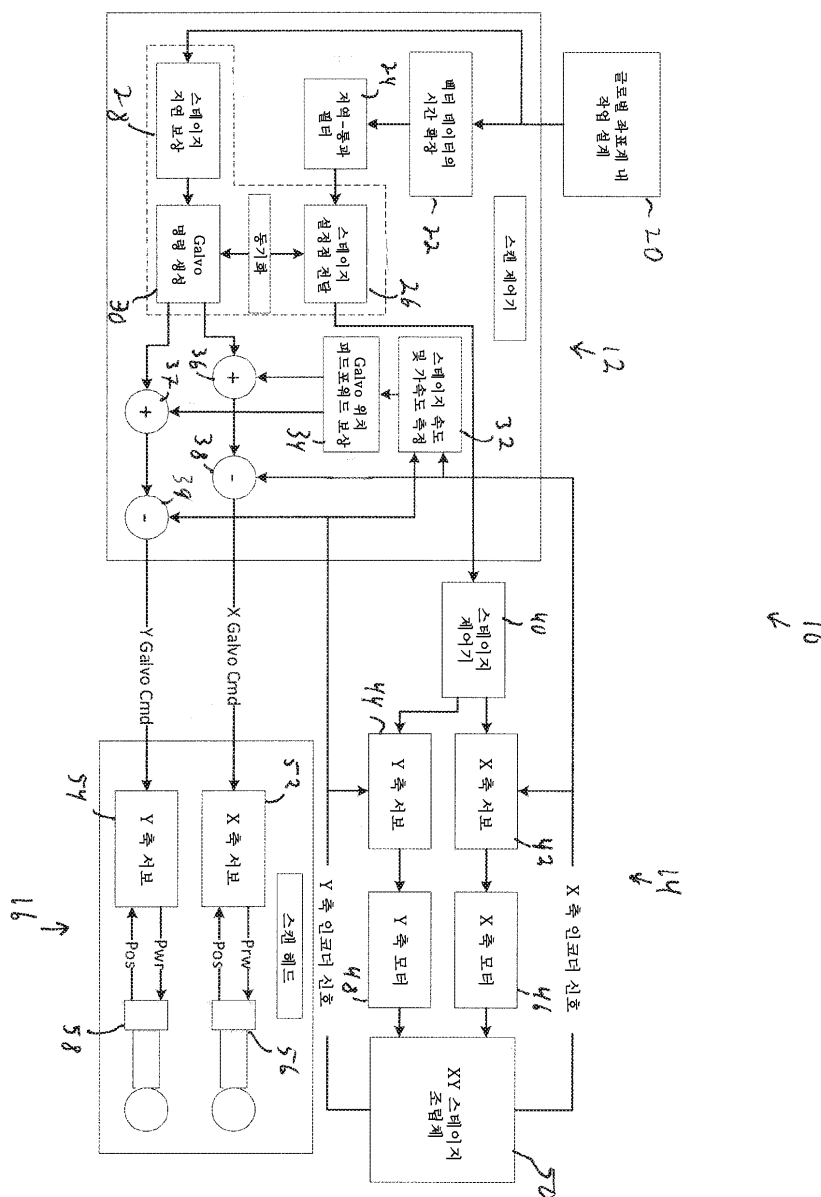
[0035] 다양한 실시예에 따르면, 본 발명은 스캐닝 시스템 추적 지연 유도된 마킹 에러를 극복하기 위해 이동 엔티티의

속도 및 가속도 측정에 기초한 레이저 조향 시스템의 예측 위치설정의 사용을 제공한다. 이러한 시스템의 사용은 위치설정 시스템 제어기가 적분기(integrator)의 요구를 충족시키도록 선택될 수 있는 유연한 시스템 아키텍처를 가능하게 한다. 갈바노미터 스캐닝 제어기는 위치설정 시스템 제어기와 독립적으로 위치설정 시스템의 동작을 지속적으로 추적하며, 스캐너 추적 지연 유도된 위치 에러를 최소화하기 위해 예측 알고리즘을 적용한다. 이러한 비개입(non-intrusive) 관찰 기술로 인해, 갈바노미터 스캐닝 헤드 및 위치설정 시스템 제어기의 시간축(time-base)을 견고하게 결합할 필요가 없다. 이는 통합 공정을 단순화하고 기능 시스템을 달성하는데 필요한 정보의 양을 최소화한다.

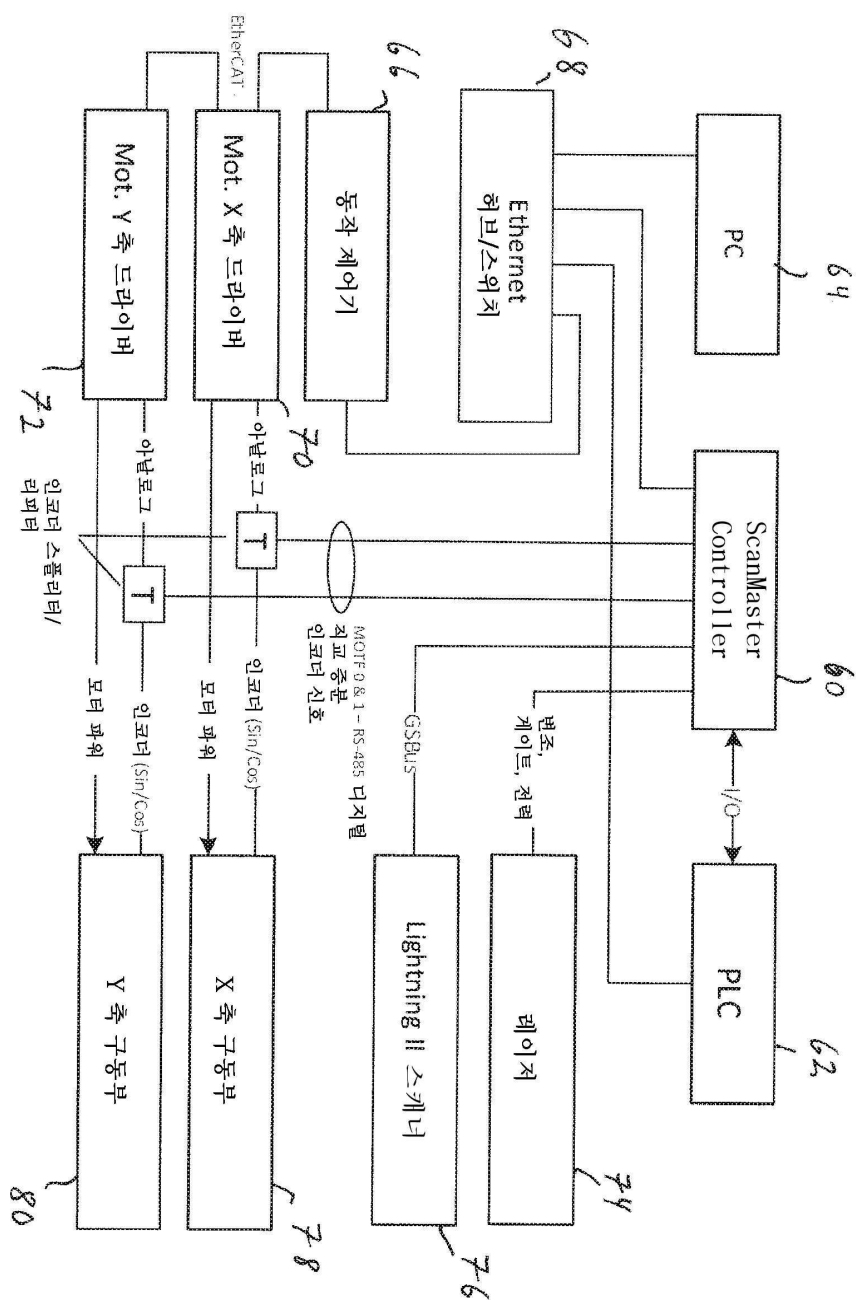
[0036] 본 기술분야의 통상의 기술자라면, 본 발명의 사상 및 범주 내에서 전술된 실시예에 대해 다양한 수정 및 변형이 이루어질 수 있다는 것을 이해할 것이다.

도면

도면1



도면2



도면3

