



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0000857  
(43) 공개일자 2012년01월04일

(51) Int. Cl.

E02F 9/20 (2006.01) E02F 3/38 (2006.01)

E02F 9/14 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0061342

(22) 출원일자 2010년06월28일

심사청구일자 2010년06월28일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 중암로 1 (안암동5가, 고려대역)

(72) 발명자

홍대희

경기도 안양시 동안구 부림로 13, 601동 101호 (평촌동, 꿈마을아파트)

이창섭

경기도 고양시 일산서구 대산로 183, 606동 402호 (주엽동, 문촌마을)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인남춘

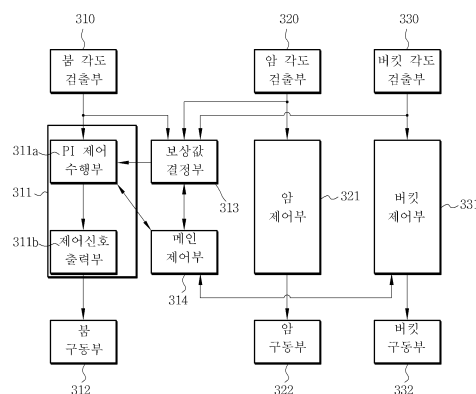
전체 청구항 수 : 총 10 항

#### (54) 굴삭기의 중력 보상 제어장치 및 중력 보상 제어방법

#### (57) 요약

본 발명은 굴삭기의 중력 보상 제어장치 및 중력 보상 제어방법에 관한 것이다. 본 발명에 따른 중력 보상 제어장치는 선회본체, 붐, 암 및 버킷을 갖는 굴삭기를 제어하며, 상기 선회본체와 상기 버킷 간의 거리에 대한 중력 보상값을 결정하는 보상값 결정부와; 기 설정된 붐 제어 기법에 따라 상기 선회본체에 대한 상기 붐의 회전을 제어하기 위한 붐 제어신호를 생성하는 붐 제어부와; 상기 붐 제어신호에 따라 상기 붐을 회전시키는 붐 구동부와; 상기 붐 제어부가 상기 붐 제어신호를 생성할 때, 상기 붐 제어 기법에 상기 중력 보상값이 반영되도록 상기 붐 제어부를 제어하는 메인 제어부를 포함하는 것을 특징으로 한다. 이에 따라, 굴삭기의 자세, 특히 선회본체와 버킷 간의 거리에 따른 오차를 중력 보상을 통해 보상함으로써, 굴삭기의 자세에 무관하게 붐의 동작을 안정적으로 제어할 수 있다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

**문성민**

경상남도 합천군 합천읍 충효로1길 5-3

**배장호**

서울특별시 양천구 목동중앙남로 38, 왕자아파트  
503호 (목동, 왕자상가, 아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 09CCTI-B043760-04-000000

부처명 한국건설교통기술평가원

연구관리전문기관

연구사업명 건설기술연구개발사업

연구과제명 굴삭 로봇 최적경로 생성 및 힘반향 기술개발

기여율

주관기관 전자부품연구원

연구기간 2009년 06월 29일 ~ 2010년 06월 28일

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

선회본체, 붐, 암 및 버킷을 갖는 굴삭기의 중력보상 제어장치에 있어서,

상기 선회본체와 상기 버킷 간의 거리에 대한 중력 보상값을 결정하는 보상값 결정부와;

기 설정된 붐 제어 기법에 따라 상기 선회본체에 대한 상기 붐의 회전을 제어하기 위한 붐 제어신호를 생성하는 붐 제어부와;

상기 붐 제어신호에 따라 상기 붐을 회전시키는 붐 구동부와;

상기 붐 제어부가 상기 붐 제어신호를 생성할 때, 상기 붐 제어 기법에 상기 중력 보상값이 반영되도록 상기 붐 제어부를 제어하는 메인 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는 굴삭기의 중력보상 제어장치.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 선회본체와 상기 붐 간의 붐 각도값을 검출하는 붐 각도 검출부와,

상기 붐과 상기 암 간의 암 각도값을 검출하는 암 각도 검출부와,

상기 암과 상기 버킷 간의 버킷 각도값을 검출하는 버킷 각도 검출부를 더 포함하며;

상기 보상값 산출부는 상기 붐 각도값, 상기 암 각도값 및 상기 버킷 각도값에 기초하여 상기 붐, 상기 암 및 상기 버킷 간의 기구학적 모델에 따라 상기 중력 보상값을 결정하는 것을 특징으로 하는 굴삭기의 중력보상 제어장치.

### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 붐 제어부는 상기 붐의 회전을 위한 붐 목표 회전값을 입력받고, 상기 붐 각도값을 피드백 받아 상기 붐 제어 기법을 수행하며;

상기 메인 제어부는 상기 중력 보상값이 상기 붐 제어 기법에 피드 포워드되어 반영되도록 상기 붐 제어부를 제어하는 것을 특징으로 하는 굴삭기의 중력보상 제어장치.

### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 붐 제어 기법은 P 제어 기법과 I 제어 기법으로 구성된 PI 제어 기법을 포함하는 것을 특징으로 하는 굴삭기의 중력보상 제어장치.

### 청구항 5

제2항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 보상값 결정부는,

상기 붐 각도값, 상기 암 각도값 및 상기 버킷 각도값에 따라 산출되는 상기 선회 본체와 상기 붐의 회전축에 대한 상기 붐, 상기 암 및 상기 버킷 전체의 무게 중심에 작용하는 힘에 기초하여 상기 중력 보상값이 결정되는 것을 특징으로 하는 굴삭기의 중력보상 제어장치.

### 청구항 6

선회본체, 붐, 암 및 버킷을 갖는 굴삭기의 중력보상 제어방법에 있어서,

(a) 상기 선회본체와 상기 버킷 간의 거리에 대한 중력 보상값을 결정하는 단계와;

- (b) 상기 선회 본체에 대한 상기 붐의 회전을 제어하기 위해 기 설정된 붐 제어 기법에 상기 중력 보상값이 반영되어 상기 붐의 제어를 위한 붐 제어신호가 생성되는 단계와;
- (c) 상기 붐 제어신호에 따라 상기 붐이 회전하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 굴삭기의 중력보상 제어 방법.

#### 청구항 7

제6항에 있어서,

상기 (a) 단계는,

상기 선회본체와 상기 붐 간의 붐 각도값을 검출하는 단계와;

상기 붐과 상기 암 간의 암 각도값을 검출하는 단계와;

상기 암과 상기 버킷 간의 버킷 각도값을 검출하는 단계와;

상기 붐 각도값, 상기 암 각도값 및 상기 버킷 각도값에 기초하여, 상기 붐, 상기 암 및 상기 버킷 간의 기구학적 모델에 따라 상기 중력 보상값이 결정되는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 굴삭기의 중력보상 제어방법.

#### 청구항 8

제7항에 있어서,

상기 (b) 단계는,

(b1) 상기 붐의 회전을 위한 붐 목표 회전값이 입력되는 단계와;

(b2) 상기 붐 각도값을 피드백받아 상기 붐 목표 회전값을 입력값으로 상기 붐 제어 기법이 실행되는 단계와;

(b3) 상기 중력 보상값이 상기 붐 제어 기법에 피드 포워드되어 반영되는 것을 특징으로 하는 굴삭기의 중력보상 제어방법.

#### 청구항 9

제8항에 있어서,

상기 붐 제어 기법은 P 제어 기법과 I 제어 기법으로 구성된 PI 제어 기법을 포함하는 것을 특징으로 하는 굴삭기의 중력보상 제어방법.

#### 청구항 10

제7항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 중력 보상값은 상기 붐 각도값, 상기 암 각도값 및 상기 버킷 각도값에 따라 산출되는 상기 선회 본체와 상기 붐의 회전축에 대한 상기 붐, 상기 암 및 상기 버킷 전체의 무게 중심에 작용하는 힘에 기초하여 결정되는 것을 특징으로 하는 굴삭기의 중력보상 제어방법.

### 명세서

#### 기술분야

[0001] 본 발명은 굴삭기의 중력 보상 제어장치 및 중력 보상 제어방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 버킷의 위치에 따른 중력 보상을 통해 버킷의 위치에 따른 붐 제어신호의 오차를 최소화할 수 있는 굴삭기의 중력 보상 제어장치 및 중력 보상 제어방법에 관한 것이다.

#### 배경기술

[0002] 건설 현장에서 널리 사용되는 굴삭기는 다양한 종류의 작업에 대한 높은 적용성과 경제성으로 인하여 그 역할이

점차 증대되고 있는 추세이다. 그러나, 굴삭기 운전은 힘든 작업에 속하여 굴삭기 운전을 기피하는 현상이 발생하고, 이로 인해 숙련된 운전자를 찾기 어려운 점 등으로 인해 건설 현장에 많은 어려움이 뒤따르고 있다. 이를 보완하기 위해, 사람에 의한 작업이 아니라 굴삭기 자체가 자동으로 굴삭 작업을 수행하는 굴삭기의 자동화에 대한 연구가 지속적으로 진행되고 있다.

[0003] 이와 같은 지능형 굴삭기의 가장 중요한 부분 중의 하나는 굴삭기의 버킷의 경로를 원하는 위치로 정확하고 빠르게 이동시키는 것이다. 버킷을 정확하게 제어하기 위해서는 버킷을 연결하는 붐과 암의 구동을 위한 구동부, 즉 유압 실린더(hydraulic cylinder)를 정확하게 제어하여야 한다.

[0004] 일반적으로 붐과 암의 구동을 위한 입력신호로는 붐과 선회본체 간, 붐과 암 간의 목표 각도값이 입력된다. 즉, 버킷의 위치를 결정하기 위해 버킷을 연결하기 위한 붐과 선회본체 간의 각도와, 붐과 암 간의 각도를 입력하여 최종적으로 버킷의 위치를 결정하게 된다.

[0005] 하지만, 굴삭의 자세, 특히 버킷의 위치에 따라 제어되어야하는 힘과 전압이 다르기 때문에 이를 정확하게 제어하는 것은 쉽지 않다. 즉, 도 1의 (a)에 도시된 바와 같이 버킷이 선회 본체에 가까이 위치할 때와, 도 1의 (b)에 도시된 바와 같이 선회 본체로부터 멀리 이격되어 있을 때 선회 본체와 붐 간의 회전축을 중심으로 걸리는 하중은 차이가 나게 되며, 두 가지 자세에서 각각 붐을 수직 방향으로  $5^\circ$  회전시키기 위해 동일한 전압값을 구동부 측에 인가하는 경우, 자칫 도 1의 (b)에 도시된 바와 같이 버킷이 선회 본체로부터 멀리 이격된 자세에서는 붐이 회전하지 못하는 경우가 발생하게 된다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0006] 이에 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 굴삭기의 자세, 예컨대, 선회본체와 버킷 간의 거리와 무관하게 붐의 동작을 안정적으로 보장하면서도 버킷의 위치에 따른 붐 제어신호의 오차를 최소화할 수 있는 굴삭기의 중력 보상 제어장치 및 중력 보상 제어방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0007] 또한, 본 발명은 붐의 제어를 위한 붐 제어 기법의 실행에 있어 버킷의 자세에 적합한 붐 제어신호를 생성하여 붐의 동작을 보다 안정적으로 제어할 수 있는 굴삭기의 중력 보상 제어장치 및 중력 보상 제어방법을 제공하는데 또 다른 목적이 있다.

### 과제의 해결 수단

[0008] 상기 목적은 본 발명에 따라, 선회본체, 붐, 암 및 버킷을 갖는 굴삭기의 중력보상 제어장치에 있어서, 상기 선회본체와 상기 버킷 간의 거리에 대한 중력 보상값을 결정하는 보상값 결정부와; 기 설정된 붐 제어 기법에 따라 상기 선회본체에 대한 상기 붐의 회전을 제어하기 위한 붐 제어신호를 생성하는 붐 제어부와; 상기 붐 제어신호에 따라 상기 붐을 회전시키는 붐 구동부와; 상기 붐 제어부가 상기 붐 제어신호를 생성할 때, 상기 붐 제어 기법에 상기 중력 보상값이 반영되도록 상기 붐 제어부를 제어하는 메인 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는 굴삭기의 중력보상 제어장치에 의해서 달성된다.

[0009] 여기서, 상기 선회본체와 상기 붐 간의 붐 각도값을 검출하는 붐 각도 검출부와, 상기 붐과 상기 암 간의 암 각도값을 검출하는 암 각도 검출부와, 상기 암과 상기 버킷 간의 버킷 각도값을 검출하는 버킷 각도 검출부를 더 포함하며; 상기 보상값 산출부는 상기 붐 각도값, 상기 암 각도값 및 상기 버킷 각도값에 기초하여 상기 붐, 상기 암 및 상기 버킷 간의 기구학적 모델에 따라 상기 중력 보상값을 결정할 수 있다.

[0010] 그리고, 상기 붐 제어부는 상기 붐의 회전을 위한 붐 목표 회전값을 입력받고, 상기 붐 각도값을 피드백 받아 상기 붐 제어 기법을 수행하며; 상기 메인 제어부는 상기 중력 보상값이 상기 붐 제어 기법에 피드 포워드되어 반영되도록 상기 붐 제어부를 제어할 수 있다.

[0011] 한편, 상기 목적은 본 발명의 다른 실시 형태에 따라, 선회본체, 붐, 암 및 버킷을 갖는 굴삭기의 중력보상 제어방법에 있어서, (a) 상기 선회본체와 상기 버킷 간의 거리에 대한 중력 보상값을 결정하는 단계와; (b) 상기 선회 본체에 대한 상기 붐의 회전을 제어하기 위해 기 설정된 붐 제어 기법에 상기 중력 보상값이 반영되어 상기 붐의 제어를 위한 붐 제어신호가 생성되는 단계와; (c) 상기 붐 제어신호에 따라 상기 붐이 회전하는 단계를

포함하는 것을 특징으로 하는 굴삭기의 중력보상 제어방법에 의해서도 달성될 수 있다.

[0012] 여기서, 상기 (a) 단계는 상기 선회본체와 상기 붐 간의 붐 각도값을 검출하는 단계와; 상기 붐과 상기 암 간의 암 각도값을 검출하는 단계와; 상기 암과 상기 버킷 간의 버킷 각도값을 검출하는 단계와; 상기 붐 각도값, 상기 암 각도값 및 상기 버킷 각도값에 기초하여, 상기 붐, 상기 암 및 상기 버킷 간의 기구학적 모델에 따라 상기 중력 보상값이 결정되는 단계를 포함할 수 있다.

[0013] 그리고, 상기 (b) 단계는 (b1) 상기 붐의 회전을 위한 붐 목표 회전값이 입력되는 단계와; (b2) 상기 붐 각도값을 피드백받아 상기 붐 목표 회전값을 입력값으로 상기 붐 제어 기법이 실행되는 단계와; (b3) 상기 중력 보상값이 상기 붐 제어 기법에 피드 포워드되어 반영될 수 있다.

[0014] 여기서, 상기 붐 제어 기법은 P 제어 기법과 I 제어 기법으로 구성된 PI 제어 기법을 포함할 수 있다.

[0015] 그리고, 상기 보상값 결정부는 상기 붐 각도값, 상기 암 각도값 및 상기 버킷 각도값에 따라 산출되는 상기 선회 본체와 상기 붐의 회전축에 대한 상기 붐, 상기 암 및 상기 버킷 전체의 무게 중심에 작용하는 힘에 기초하여 상기 중력 보상값을 결정할 수 있다.

### 발명의 효과

[0016] 상기 구성에 따라 본 발명에 따르면, 굴삭기의 자세, 특히 선회본체와 버킷 간의 거리에 따른 오차를 중력 보상을 통해 보상함으로써, 굴삭기의 자세에 무관하게 붐의 동작을 안정적으로 제어할 수 있는 굴삭기의 중력 보상 제어장치 및 중력 보상 제어방법이 제공된다.

### 도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 통상적인 굴삭기의 자세의 예들을 도시한 도면이고,

도 2는 본 발명에 따른 지능형 굴삭기 시스템의 구성을 도시한 도면이고,

도 3은 본 발명에 따른 지능형 굴삭기 시스템의 중력 보상 제어장치의 구성을 도시한 도면이고,

도 4는 본 발명에 따른 중력보상 제어장치에서 중력 보상값을 산출하기 위한 기구학적 모델의 예를 도시하고 있다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하에서는 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 실시예에 대해 상세히 설명한다. 여기서, 본 발명을 설명하는데 있어, 굴삭기(100)의 자세에 대해서는 도 1을 참조하여 설명한다.

[0019] 도 2는 본 발명에 따른 지능형 굴삭기 시스템의 구성을 도시한 도면이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 지능형 굴삭기 시스템은 굴삭기(100)와 중력 보상 제어장치(300)를 포함한다.

[0020] 굴삭기(100)는 주행 본체(120)와, 주행 본체(120)의 상부에 주행 본체(120)에 대해 선회 가능하게 결합되는 선회 본체(110)와, 선회 본체(110)에 회동 가능하게 설치되는 붐(130)(Boom)과, 붐(130)에 회동 가능하게 설치되는 암(140)(Arm)과, 암(140)의 끝 단부에 회동 가능하게 설치되는 버킷(150)(Bucket)을 포함한다. 여기서, 굴삭기(100)의 구성은 기 공지된 다양한 형태로 마련될 수 있으며, 그 상세한 설명은 본 명세서에서 생략한다.

[0021] 한편, 본 발명에 따른 중력 보상 제어장치(300)는, 도 3에 도시된 바와 같이, 보상값 결정부(313), 붐 제어부(311), 붐 구동부(312) 및 메인 제어부(314)를 포함한다. 또한, 중력 보상 제어장치(300)는 붐 각도 검출부(310), 암(140) 각도 검출부, 버킷 각도 검출부(330), 암 제어부(321), 버킷 제어부(331), 암 구동부(322) 및 버킷 구동부(332)를 포함할 수 있다.

[0022] 붐 각도 검출부(310)는 선회 본체(110)와 붐(130) 간의 각도에 해당하는 붐(130) 각도값을 검출한다. 그리고, 암 각도 검출부(320)는 붐(130)과 암(140) 간의 각도에 해당하는 암(140) 각도값을 검출한다. 마찬가지로 버킷 각도 검출부(330)는 암(140)과 버킷(150) 간의 각도에 해당하는 버킷(150) 각도값을 검출한다. 여기서, 붐 각도 검출부(310), 암 각도 검출부(320) 및 버킷 각도 검출부(330)는 회전 각도의 산출이 가능한 다양한 형태, 예

컨대, 리졸버(Resolver)나 앵글 엔코더(Angle encoder) 등의 형태로 마련될 수 있다.

[0023] 보상값 결정부(313)는 선회 본체(110)와 버킷(150) 간의 거리에 대한 중력 보상값을 산출한다. 즉, 도 1에 도시된 바와 같이, 굴삭기(100)의 작업 자세에 따라 선회 본체(110)와 버킷(150) 간의 거리 차이가 발생한다. 이와 같은 선회 본체(110)와 버킷(150) 간의 거리 차로 인하여, 선회 본체(110)와 붐(130) 간의 회전축에 대한 붐(130), 암(140) 및 버킷(150) 전체의 무게 중심(이하, '관절 무게 중심'이라 함)에 걸리는 힘, 즉 토크 및 모멘트는 차이가 나게 되는데, 보상값 결정부(313)는 이와 같이 관절 무게 중심에 걸리는 힘의 차이를 보상하기 위한 중력 보상값을 산출한다.

[0024] 여기서, 본 발명에 따른 보상값 결정부(313)는 붐 각도 검출부(310), 암 각도 검출부(320) 및 버킷 각도 검출부(330)에 의해 각각 검출된 붐(130) 각도값, 암(140) 각도값 및 버킷(150) 각도값에 기초하여 붐(130), 암(140), 버킷(150) 간의 기구학적 모델에 따라 중력 보상값을 산출하는 것을 예로 한다.

[0025] 도 4는 본 발명에 따른 중력 보상 제어장치(300)에서 중력 보상값을 산출하기 위한 기구학적 모델의 예를 도시하고 있다. 도 4에서는 중력 보상값의 산출을 위한 기구학적 모델로 D-H 표기법(Denavit-Hartenberg parameter notation) 모델이 적용되는 것을 예로 한다.

[0026] 그리고, 보상값 결정부(313)는 관절 무게 중심에 걸리는 힘에 기초하여 중력 보상값을 결정한다. 여기서, 붐(130), 암(140) 및 버킷(150) 전체에 무게 중심에 작용하는 힘은 붐(130) 각도값, 암(140) 각도값 및 버킷(150) 각도값에 기초하여 산출된다.

[0027] 도 4를 참조하여 설명하여 설명하면, 굴삭기(100)의 자세에 따라 선회 본체(110)와 버킷(150) 간의 회전축( $O_1$ )을 중심으로 관절 무게 중심에 걸리는 힘( $G_2$ )은 붐(130)의 무게( $M_1$ ), 암(140)의 무게( $M_2$ ), 버킷(150)의 무게( $M_3$ ), 붐(130)의 회전축과 암(140)의 회전축 간의 길이( $L_{O_1O_2}$ ), 암(140)의 회전축과 버킷(150)의 회전축 간의 길이( $L_{O_2O_3}$ ), 버킷(150)의 회전축과 버킷(150)의 끝단 간의 길이( $L_{O_3G_4}$ ), 붐(130) 각도값( $\theta_1$ ), 암(140) 각도값( $\theta_2$ ) 및 버킷(150) 각도값( $\theta_3$ )에 따라 달라진다.

[0028] 관절 무게 중심에 걸리는 힘( $G_2$ )은 [수학식 1]과 같이 표현될 수 있다.

[0029] [수학식 1]

$$G_2 = M_3 \times g \times (L_{O_1O_2} \times \cos \theta_1 + L_{O_2O_3} \times \cos(\theta_1 + \theta_2) + L_{O_3G_4} \times \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_{3mc})) \\ + M_2 \times g \times (L_{O_1O_2} \times \cos \theta_1 + L_{O_2G_3} \times \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_{2mc})) \\ + M_1 \times g \times (L_{O_1G_2} \times \cos(\theta_1 + \theta_{1mc}))$$

[0030]

[0031] 여기서, [수학식 1] 및 [수학식 2]에서  $\theta_{1mc}$ ,  $\theta_{2mc}$  및  $\theta_{3mc}$ 는 x축가 각 무게 중심( $G_1$ ,  $G_2$ ,  $G_3$ )가 이루는 각도이다. 그리고, 붐(130)의 무게( $M_1$ ), 암(140)의 무게( $M_2$ ), 버킷(150)의 무게( $M_3$ ), 붐(130)의 회전축과 암(140)의 회전축 간의 길이( $L_{O_1O_2}$ ), 암(140)의 회전축과 버킷(150)의 회전축 간의 길이( $L_{O_2O_3}$ ), 버킷(150)의 회전축과 버킷(150)의 끝단 간의 길이( $L_{O_3G_4}$ )는 상수이므로, 보상값 결정부(313)는 붐 각도 검출부(310), 암 각도 검출부(320) 및 버킷 각도 검출부(330)에 의해 각각 검출된 붐(130) 각도값( $\theta_1$ ), 암(140) 각도값( $\theta_2$ ) 및 버킷(150) 각도값( $\theta_3$ )을 이용하여 암(140)의 무게 중심과 버킷(150)의 무게 중심에 걸리는 중력에 따른 하중( $G_2$ ,  $G_3$ )을 산출하게 된다.

[0032] 그리고, 보상값 결정부(313)는 관절 무게 중심에 걸리는 힘( $G_2$ )을 이용하여 중력 보상값을 결정하여 붐 제어부(311)로 출력한다. 보다 구체적으로 설명하면, 보상값 결정부(313)에 의해 산출되는 관절 무게 중심에 걸리는 힘( $G_2$ )은 붐(130)이 중력을 극복하여 회전하기 위해 필요한 최소한의 힘을 의미하게 되며, 보상값 결정부(313)는 관절 무게 중심에 걸리는 힘( $G_2$ )에 기초하여 중력 보상값을 결정하게 된다.

[0033] 여기서, 중력 보상값의 결정 방법은 관절 무게 중심에 걸리는 힘( $G_2$ )에 대응하는 중력 보상값을 테이블 형태로

저장하고, 해당 테이블로부터 산출된 힘( $G_2$ )에 해당하는 중력 보상값을 추출하여 붐 제어부(311)로 출력할 수 있다. 또한, 보상값 결정부(313)는 관절 무게 중심에 걸리는 힘( $G_2$ )과 중력 보상값 간의 관계식을 정의하고, 산출된 힘( $G_2$ )에 따른 중력 보상값을 해당 관계식을 통해 산출하여 붐 제어부(311)로 출력할 수 있다. 이외에도, 관절 무게 중심에 걸리는 힘( $G_2$ )에 따른 중력 보상값의 결정은 굴삭기(100)의 사이즈, 예컨대, 선회 본체(110)의 무게나, 붐(130), 암(140) 및 버킷(150)의 길이나 무게 등에 따라 당업자가 변경을 가하여 적용할 수 있음은 물론이다.

[0034] 상기와 같은 방법으로, 보상값 결정부(313)에 의해 중력 보상값이 결정되어 붐 제어부(311)로 전달되면, 붐 제어부(311)는 기 설정된 붐(130) 제어 기법에 따라 선회 본체(110)에 대한 붐(130)의 회전을 제어하기 위한 붐 제어신호를 생성한다. 여기서, 본 발명에서는 붐 제어부(311)가 붐(130) 제어 기법으로 PI 제어 기법을 기본으로 사용하며, 붐(130)의 회전을 위한 붐(130) 목표 회전값(Input)을 입력받고, 붐 각도값을 피드백 받아 PI 제어 기법을 수행하는 것을 예로 한다.

[0035] 그리고, 메인 제어부(314)는 붐 제어부(311)가 붐 제어신호를 생성할 때, 붐(130) 제어 기법, 즉 PI 제어 기법에 중력 보상값을 반영하도록 붐 제어부(311)를 제어하는데, 중력 보상값이 붐(130) 제어 기법에 피드 포워드되어 반영되도록 붐 제어부(311)를 제어하는 것을 예로 한다.

[0036] 도 3을 참조하여 설명하면, 붐 제어부(311)는 PI 제어 기법을 수행하는 PI 제어 수행부(311a)와, PI 제어 수행부(311a)의 수행 결과에 기초하여 붐 구동부(312)의 구동에 필요한 붐 제어신호를 생성하여 출력하는 제어신호 출력부(311b)를 포함할 수 있다.

[0037] 이와 같이 붐 제어부(311)로부터 출력된 붐 제어신호는 붐 구동부(312)에 전달되어 붐 구동부(312)가 구동되어 붐(130)에 선회 본체(110)에 대해 회동 가능하게 된다. 여기서, 붐 구동부(312)는 유압 실린더(hydraulic cylinder) 형태로 마련되며, 붐 제어부(311)로부터의 붐 제어신호에 따른 실린더 밸브의 개방 여부와 개방 정도에 따라 유압 실린더의 작동 및 힘이 제어된다. 이 때, 붐 제어부(311)의 제어신호 출력부(311b)에 의해 생성되어 출력되는 붐 제어신호는 실린더 밸브의 개방 여부 및 개방 정도를 결정하기 위한 전압값 형태로 출력될 수 있다.

[0038] 한편, 암 제어부(321)는 암 각도 검출부(320)에 의해 검출되는 암(140) 각도값에 기초하여 암 구동부(322)를 제어하며, 버킷 제어부(331)는 버킷 각도 검출부(330)에 의해 검출된 버킷(150) 각도값에 기초하여 버킷 구동부(332)를 제어할 수 있다. 여기서, 암 제어부(321) 및 버킷 제어부(331)는 PI 제어 기법을 통해 암 구동부(322) 및 버킷 구동부(332)를 각각 제어하기 위한 암 제어신호 및 버킷 제어신호를 생성하여 출력할 수 있다. 그리고, 암 구동부(322) 및 버킷 구동부(332)의 구성은 상술한 붐 구동부(312)의 형태에 대응하여 마련될 수 있다.

[0039] 전술한 실시예에서는 붐 구동부(312), 암 구동부(322) 및 버킷 구동부(332)가 중력 보상 제어장치(300)의 구성요소인 것으로 설명하였으나, 이는 본 발명에 따른 지능형 굴삭기 시스템의 이해를 돕기 위한 예로 설명한 것으로, 본 발명에 따른 지능형 굴삭기 시스템이 굴삭기(100)와 중력 보상 제어장치(300)로 물리적, 또는 논리적으로 구분되는 것을 의미하는 것이 아니며, 물리적인 하나의 굴삭기(100)에 중력 보상 제어장치(300)가 내장되거나 일부 구성요소가 물리적인 굴삭기(100) 외부에 마련되는 형태로 모두 본 발명의 기술 사상에 포함됨은 물론이다.

[0040] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

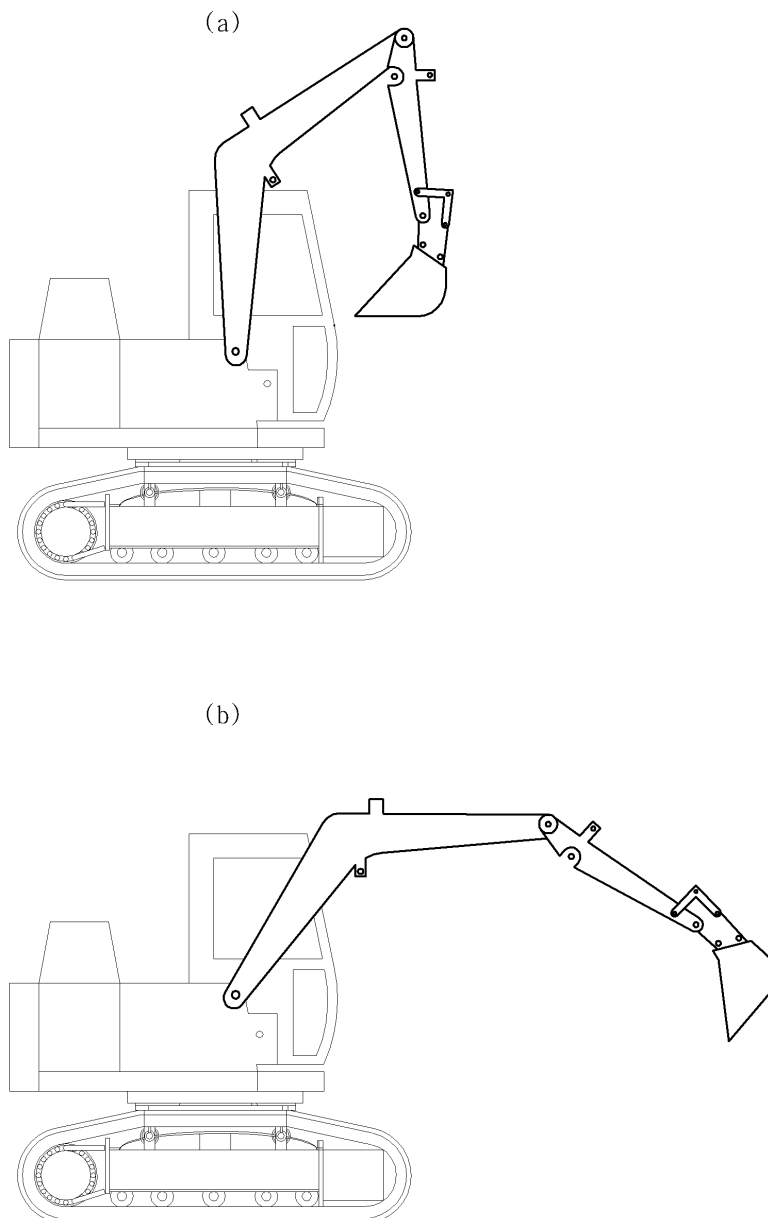
## 부호의 설명

|        |                  |                |
|--------|------------------|----------------|
| [0041] | 100 : 굴삭기        | 110 : 선회 본체    |
|        | 120 : 주행 본체      | 130 : 붐        |
|        | 140 : 암          | 150 : 버킷       |
|        | 300 : 중력 보상 제어장치 | 310 : 붐 각도 검출부 |

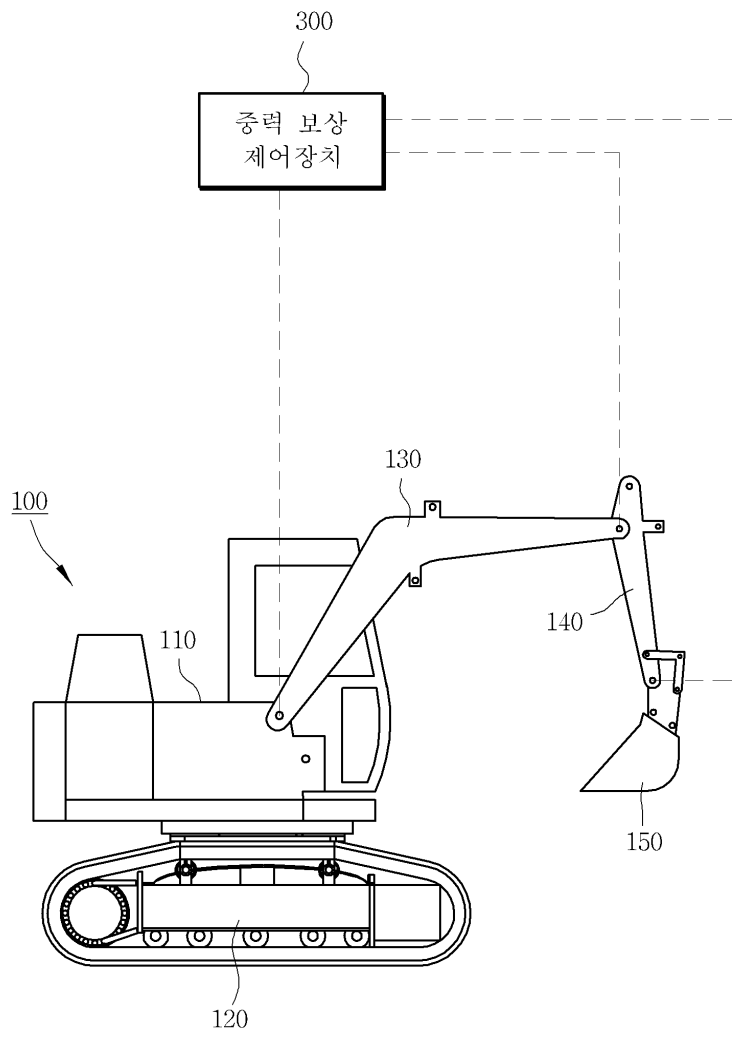
- |                 |                |
|-----------------|----------------|
| 311 : 붐 제어부     | 312 : 붐 구동부    |
| 313 : 보상값 결정부   | 320 : 암 각도 검출부 |
| 321 : 암 제어부     | 322 : 암 구동부    |
| 330 : 버킷 각도 검출부 | 331 : 버킷 제어부   |
| 332 : 버킷 구동부    | 314 : 메인 제어부   |

## 도면

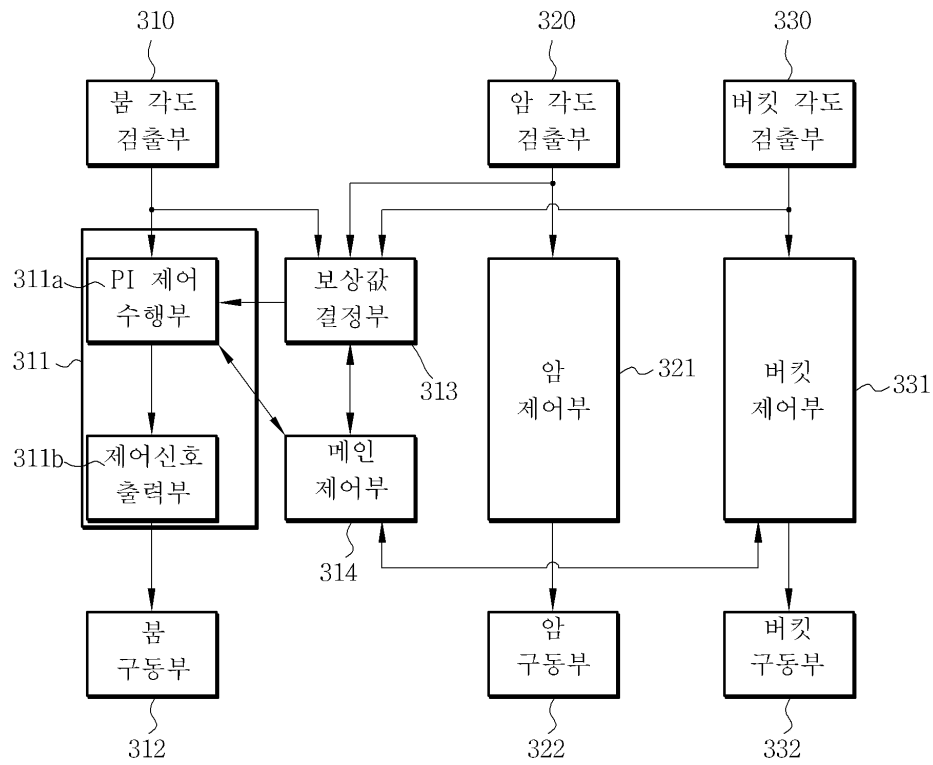
### 도면1



도면2



도면3



도면4

