



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0091854
(43) 공개일자 2018년08월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01C 21/20 (2006.01) B63C 11/48 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01C 21/203 (2013.01)
B63C 11/48 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-7018158
(22) 출원일자(국제) 2016년12월09일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2018년06월26일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2016/086723
(87) 국제공개번호 WO 2017/099219
국제공개일자 2017년06월15일
(30) 우선권주장
JP-P-2015-240252 2015년12월09일 일본(JP)

(71) 출원인
코쿠리츠켄큐카이하츠호진 카이조 · 코완 · 코쿠기
쥬츠켄큐조
일본국 1810004 도쿄도 미타카시 신카와 6쵸메 3
8반 1고
(72) 발명자
김강수
일본국 도쿄도 181-0004 미타카시 신카와 6쵸메
38반 1고
(74) 대리인
배정일

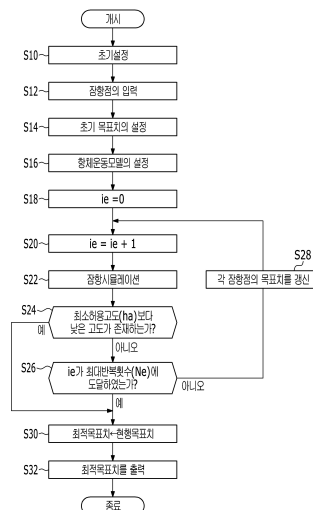
전체 청구항 수 : 총 25 항

(54) 발명의 명칭 수중항주체의 경로설정방법, 이를 이용한 수중항주체의 최적제어방법 및 수중항주체

(57) 요약

수중항주체에 대하여 기준에 대한 최적의 잠항경로를 설정하여 항행제어하는 것을 가능하게 한다. 수중항주체의 잠항점을 입력하는 잠항점입력단계(S12)와, 잠항점에 있어서의 초기의 목표치를 설정하는 목표치설정단계(S14)와, 수저 지형의 데이터와 목표치를 이용하여 수중항주체의 운동모델에 기초하여 목표치에 대한 수중항주체의 잠항경로를 시뮬레이션하는 잠항시뮬레이션단계(S22)와, 잠항시뮬레이션단계(S22)에 있어서의 시뮬레이션으로 얻어진 잠항경로에 기초하여 산출되는 평가함수에 기초하여 목표치를 갱신하는 목표치갱신단계(S28)를 구비하고, 잠항시뮬레이션단계(S22)와 목표치갱신단계(S28)를 반복함으로써 최적의 목표치를 도출한다.

대표도 - 도3



명세서

청구범위

청구항 1

수중항주체의 잠항점을 입력하는 잠항점입력단계와,
 상기 잠항점에 있어서의 초기의 목표치를 설정하는 목표치설정단계와,
 기준으로서의 수저 지형의 데이터와 상기 목표치를 이용하여 상기 수중항주체의 운동모델에 기초하여 상기 목표치에 대한 상기 수중항주체의 잠항경로를 시뮬레이션하는 잠항시뮬레이션단계와,
 상기 잠항시뮬레이션단계에 있어서의 시뮬레이션으로 얻어진 상기 잠항경로에 기초하여 산출되는 평가함수의 값에 기초하여 상기 목표치를 갱신하는 목표치갱신단계를 구비하고,
 상기 잠항시뮬레이션단계와 상기 목표치갱신단계를 반복함으로써 최적의 상기 목표치를 도출하는 것을 특징으로 하는 수중항주체의 경로설정방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 목표치는 상기 잠항점에 있어서의 목표심도인 것을 특징으로 하는 수중항주체의 경로설정방법.

청구항 3

제2항에 있어서,
 상기 수중항주체의 최소허용고도를 설정하는 최소허용고도설정단계를 구비하고,
 상기 잠항시뮬레이션단계는 상기 수저 지형의 데이터와 상기 목표심도를 이용하여 상기 수중항주체의 운동모델에 기초하여 상기 목표심도에 대한 상기 수중항주체의 계산잠항고도를 시뮬레이션하고,
 상기 계산잠항고도와 상기 최소허용고도를 비교함으로써 최적의 상기 목표심도를 도출하는 것을 특징으로 하는 수중항주체의 경로설정방법.

청구항 4

제3항에 있어서,
 상기 목표치갱신단계는 상기 계산잠항고도의 최소치와 상기 최소허용고도에 차이가 있는 경우에 상기 계산잠항고도의 상기 최소치가 상기 최소허용고도에 가까워지도록 상기 목표심도를 갱신하는 것을 특징으로 하는 수중항주체의 경로설정방법.

청구항 5

제3항 또는 제4항에 있어서,
 상기 평가함수의 값은 복수의 상기 잠항점에 있어서의 상기 계산잠항고도와 상기 최소허용고도의 차의 절댓값의 총합, 또는 차의 제곱의 총합으로 하고,
 상기 목표치갱신단계는 상기 평가함수의 값이 작아지도록 상기 목표심도를 갱신하는 것을 특징으로 하는 수중항주체의 경로설정방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 목표치는 상기 잠항점에 있어서의 목표고도인 것을 특징으로 하는 수중항주체의 경로설정방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 수중항주체의 최소허용고도를 설정하는 최소허용고도설정단계를 구비하고,

상기 잠항시뮬레이션단계는 상기 수저 지형의 데이터와 상기 목표고도를 이용하여 상기 수중항주체의 운동모델에 기초하여 상기 목표고도에 대한 상기 수중항주체의 계산잠항고도를 시뮬레이션하고,

상기 계산잠항고도와 상기 최소허용고도를 비교함으로써 최적의 상기 목표고도를 도출하는 것을 특징으로 하는 수중항주체의 경로설정방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 목표치갱신단계는 상기 계산잠항고도의 최소치와 상기 최소허용고도에 차이가 있는 경우에 상기 계산잠항고도의 상기 최소치가 상기 최소허용고도에 가까워지도록 상기 목표고도를 갱신하는 것을 특징으로 하는 수중항주체의 경로설정방법.

청구항 9

제7항 또는 제8항에 있어서,

상기 평가함수의 값은 복수의 상기 잠항점에 있어서의 상기 계산잠항고도와 상기 최소허용고도의 차의 절댓값의 총합, 또는 차의 제곱의 총합으로 하고,

상기 목표치갱신단계는 상기 평가함수의 값이 작아지도록 상기 목표고도를 갱신하는 것을 특징으로 하는 수중항주체의 경로설정방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 목표치는 상기 잠항점에 있어서의 상기 수중항주체의 목표기준자세인 것을 특징으로 하는 수중항주체의 경로설정방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 수중항주체의 최소허용고도를 설정하는 최소허용고도설정단계를 구비하고, 상기 잠항시뮬레이션단계는 상기 수저 지형의 데이터와 상기 목표기본자세를 이용하여 상기 수중항주체의 운동모델에 기초하여 상기 목표기본자세에 대한 상기 수중항주체의 계산잠항고도를 시뮬레이션하고,

상기 계산잠항고도와 상기 최소허용고도를 비교함으로써 최적의 상기 목표기본자세를 도출하는 것을 특징으로

하는 수중항주체의 경로설정방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 목표치갱신단계는 상기 계산잠항고도의 최소치와 상기 최소허용고도에 차이가 있는 경우에 상기 계산잠항고도의 상기 최소치가 상기 최소허용고도에 가까워지도록 상기 목표기본자세를 갱신하는 것을 특징으로 하는 수중항주체의 경로설정방법.

청구항 13

제11항 또는 제12항에 있어서,

상기 평가함수의 값은 복수의 상기 잠항점에 있어서의 상기 계산잠항고도와 상기 최소허용고도의 차의 절댓값의 총합, 또는 차의 제곱의 총합으로 하고, 상기 목표치갱신단계는 상기 평가함수의 값이 작아지도록 상기 목표기본자세를 갱신하는 것을 특징으로 하는 수중항주체의 경로설정방법.

청구항 14

제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 잠항시물레이션단계와 상기 목표치갱신단계의 반복횟수가 미리 정해져 있는 것을 특징으로 하는 수중항주체의 경로설정방법.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 수저 지형의 데이터 대신에 기준경로를 이용하는 것을 특징으로 하는 수중항주체의 경로설정방법.

청구항 16

제1항에 있어서,

상기 수저 지형의 데이터 대신에 상기 잠항점에 있어서의 상기 수중항주체의 기준각도를 이용하는 것을 특징으로 하는 수중항주체의 경로설정방법.

청구항 17

제1항 내지 제16항 중 어느 한 항에 기재된 수중항주체의 경로설정방법으로 얻어진 최적의 상기 목표치를 이용하여 상기 수중항주체를 제어하는 것을 특징으로 하는 수중항주체의 최적제어방법.

청구항 18

제17항에 있어서,

최적의 상기 목표치와 상기 수중항주체의 위치를 비교하여 비교결과에 따라 상기 수중항주체의 운동제어계를 제어하는 것을 특징으로 하는 수중항주체의 최적제어방법.

청구항 19

제18항에 있어서,

최적의 상기 목표치와 상기 수중항주체의 상기 위치가 소정의 조건을 벗어난 경우에 상기 수중항주체를 긴급부상시키는 것을 특징으로 하는 수중항주체의 최적제어방법.

청구항 20

제17항 내지 제19항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 수저 지형을 관측하는 관측제어를 더 수행하는 것을 특징으로 하는 수중항주체의 최적제어방법.

청구항 21

제1항 내지 제16항 중 어느 한 항에 기재된 수중항주체의 경로설정방법으로 얻어진 최적의 상기 목표치를 취득하는 목표치취득부와,

취득된 상기 목표치를 기억하는 기억부와,

상기 기억부에 기억된 상기 목표치를 이용하여 구동수단을 제어하는 운동제어부를 구비하는 것을 특징으로 하는 수중항주체.

청구항 22

제21항에 있어서,

심도계측수단, 고도계측수단, 및 자세계측수단의 적어도 1개를 구비하고,

상기 운동제어부는 상기 심도계측수단, 고도계측수단, 및 자세계측수단의 적어도 1개의 측정치와 상기 기억부에 기억된 상기 목표치를 비교하여 상기 구동수단을 제어하는 것을 특징으로 하는 수중항주체.

청구항 23

제21항 또는 제22항에 있어서,

장애물 탐지수단을 구비하고,

상기 운동제어부는 상기 장애물 탐지수단에 의한 검출결과에 따라 상기 구동수단을 제어하는 것을 특징으로 하는 수중항주체.

청구항 24

제21항 내지 제23항 중 어느 한 항에 있어서,

관성항법수단을 구비하고,

상기 운동제어부는 상기 관성항법수단의 출력에 기초하여 상기 구동수단을 제어하는 것을 특징으로 하는 수중항주체.

청구항 25

제21항 내지 제24항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 수저 지형을 관측하는 관측수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 수중항주체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 수중항주체의 경로설정방법, 이를 이용한 수중항주체의 최적제어방법 및 수중항주체에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 근년 광물자원을 비롯한 모든 자원의 공급원으로서 해저 등의 수저가 주목을 끌고 있다. 이에 수반하여 수저조사의 필요성도 높아지고 있다. 수저의 조사에는 음파, 레이저, 가시광선, 전자파 등의 신호를 매개로 하는 원격 탐사의 수법이 일반적으로 이용되는데, 이러한 신호에는 전파손실이 발생하기 때문에 가능한 한 수저에 가까운 위치에서 이용함으로써 고해상도 및 고정밀도의 정보가 얻어진다. 그래서 수저 부근을 원하는 궤도나 자세로 수중항주체(예를 들어 잠수정)를 항행(항주)시키는 기술이 필요로 되고 있다.

[0003] 수중항주체의 심도를 설정하는 심도설정수단을 구비하고, 설정된 소정의 심도에 기초하여 선미타를 구동제어하는 기술이 개시되어 있다(특허문헌 1). 여기서 심도설정수단과 심도제어수단의 사이에 리미트회로가 설치되고, 리미트회로에 의해 수중항주체가 수저에 접촉하지 않도록 제어된다.

[0004] 수중항주체의 자동조종을 수행할 때에 운동상태량을 추정하기 위해서 수중항주체의 운동특성에 추종하는 운동모델을 이용하여 운동상태량의 추정 정밀도를 향상시킨 기술이 개시되어 있다(특허문헌 2). 또한, 조류 등의 영향을 고려하여 수중항주체의 조타제어를 수행하는 기술이 개시되어 있다(특허문헌 3).

[0005] 또한, 수중항주체를 항행제어하기 위해서는 수중항주체의 정확한 위치를 취득할 필요가 있는데, 멀티빔 측심기로 심도를 복수의 위치에 대하여 계측함으로써 수중항주체의 위치를 특정하는 측위기술이 개시되어 있다(특허문헌 4). 수중항주체의 속도, 심도, 고도, 자세각 등 상태정보를 취득하고, 상태정보에 기초하여 안전하게 항행할 수 있는 안전구역을 설정하고, 안전구역 내를 항행할 수 있도록 수중항주체를 제어하는 기술이 개시되어 있다(특허문헌 5).

선행기술문헌

특허문헌

- [0006] (특허문헌 0001) 특허문헌 1: 일본 특허공개 소63-273797호 공보
(특허문헌 0002) 특허문헌 2: 일본 특허공개 평05-016878호 공보
(특허문헌 0003) 특허문헌 3: 일본 특허공개 2003-127983호 공보
(특허문헌 0004) 특허문헌 4: 일본 특허공개 2007-292729호 공보
(특허문헌 0005) 특허문헌 5: 일본 특허공개 2015-063181호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 음파 등의 탐사신호의 반사강도는 수저에의 입사각에 반비례하는 성질이 있다. 즉, 수저에 대하여 얇은 입사(큰 입사각)에서는 수직 입사(0도 입사)에 비하여 반사강도가 현격하게 약해진다. 따라서, 기복이 많은 복잡한 수저지형의 경우에는 반사신호의 강도가 지형과 상관하여 평탄한 면인 경우에 비하여 약해진다. 또한, 복잡한 수저지형에서는 평평한 수저면과 비교하여 멀티패스의 문제도 현저해진다. 그 결과, 고도계에 의한 고도계측치의 신뢰성도 저하된다.

[0008] 이러한 사정으로부터 항행 안전을 위해서 평탄한 수저와 같이 고도의 정보가 안정적으로 높은 정밀도로 얻어지는 경우를 제외하고 고도제어방법이 채택되는 일은 드물어 심도제어방법이 많이 이용되고 있다.

[0009] 현재로서는 심도제어항법을 적용할 때에는 항주체가 수저로부터 적절한 거리로 멀어지도록 목표심도를 설정하여 수저에의 충돌을 방지하도록 제어하고 있다. 그런데 심도 설정에서는 수저 지형과 AUV 다이내믹스의 관계가 정량적으로 평가되지 않아 험한 수저 지형 등에서 수저충돌의 우려가 있다. 한편 수저와의 충돌을 피하기 위해서 수저로부터 충분한 거리로 멀어지도록 목표심도를 설정하면 수저로부터 취득할 수 있는 데이터의 질과 해상도는 현저하게 저하된다. 이 때문에 실제로는 경험과 직감에 기초하여 수저로부터 적당한 거리를 두고 목표심도를 설정하는 것이 수행되고 있다. 또한, 수저조사에 이용되는 센서류에 따라 수중항주체를 특정의 자세, 예를 들어 수저에 평행한 자세를 취하는 것이 바람직한 경우도 있다. 이 경우에는 수저와의 충돌을 피하면서 수저의 경사면에 가장 근사한 궤도로 항행하는 것이 바람직하다.

[0010] 상기한 인용문헌 1 내지 5는 모두 잠항점을 결정하여 수중항주체가 수저에 충돌하는 것을 방지하면서 가장 가까워질 수 있는 최적의 잠항경로를 얻는 것은 아니다.

[0011] 본 발명은 상기 과제 중 적어도 하나를 해결하기 위해서 수중항주체에 대하여 기준에 대한 최적의 경로를 설정하여 항행제어하는 것을 가능하게 하는 수중항주체의 경로설정방법, 이를 이용한 수중항주체의 최적제어방법 및 수중항주체를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0012] 청구항 제1항에 대응한 수중항주체의 경로설정방법은 수중항주체의 잠항점을 입력하는 잠항점입력단계와, 상기 잠항점에 있어서의 초기의 목표치를 설정하는 목표치설정단계와, 기준으로서의 수저 지형의 데이터와 상기 목표치를 이용하여 상기 수중항주체의 운동모델에 기초하여 상기 목표치에 대한 상기 수중항주체의 잠항경로를 시뮬레이션하는 잠항시뮬레이션단계와, 상기 잠항시뮬레이션단계에 있어서의 시뮬레이션으로 얻어진 상기 잠항경로에 기초하여 산출되는 평가함수의 값에 기초하여 상기 목표치를 갱신하는 목표치갱신단계를 구비하고, 상기 잠항시뮬레이션단계와 상기 목표치갱신단계를 반복함으로써 최적의 상기 목표치를 도출한다.

[0013] 여기서 상기 목표치는 상기 잠항점에 있어서의 목표심도인 것이 바람직하다.

[0014] 또한, 상기 수중항주체의 최소허용고도를 설정하는 최소허용고도설정단계를 구비하고, 상기 잠항시뮬레이션단계는 상기 수저 지형의 데이터와 상기 목표심도를 이용하여 상기 수중항주체의 운동모델에 기초하여 상기 목표심도에 대한 상기 수중항주체의 계산잠항고도를 시뮬레이션하고, 상기 계산잠항고도와 상기 최소허용고도를 비교함으로써 최적의 상기 목표심도를 도출하는 것이 바람직하다.

[0015] 또한, 상기 목표치갱신단계는 상기 계산잠항고도의 최소치와 상기 최소허용고도에 차이가 있는 경우에 상기 계산잠항고도의 상기 최소치가 상기 최소허용고도에 가까워지도록 상기 목표심도를 갱신하는 것이 바람직하다.

[0016] 또한, 상기 평가함수의 값은 복수의 상기 잠항점에 있어서의 상기 계산잠항고도와 상기 최소허용고도의 차의 절댓값의 총합, 또는 차의 제곱의 총합으로 하고, 상기 목표치갱신단계는 상기 평가함수의 값이 작아지도록 상기 목표심도를 갱신하는 것이 바람직하다.

[0017] 또한, 상기 목표치는 상기 잠항점에 있어서의 목표고도인 것이 바람직하다.

[0018] 또한, 상기 수중항주체의 최소허용고도를 설정하는 최소허용고도설정단계를 구비하고, 상기 잠항시뮬레이션단계는 상기 수저 지형의 데이터와 상기 목표고도를 이용하여 상기 수중항주체의 운동모델에 기초하여 상기 목표고도에 대한 상기 수중항주체의 계산잠항고도를 시뮬레이션하고, 상기 계산잠항고도와 상기 최소허용고도를 비교함으로써 최적의 상기 목표고도를 도출하는 것이 바람직하다.

[0019] 또한, 상기 목표치갱신단계는 상기 계산잠항고도의 최소치와 상기 최소허용고도에 차이가 있는 경우에 상기 계산잠항고도의 상기 최소치가 상기 최소허용고도에 가까워지도록 상기 목표고도를 갱신하는 것이 바람직하다.

[0020] 또한, 상기 평가함수의 값은 복수의 상기 잠항점에 있어서의 상기 계산잠항고도와 상기 최소허용고도의 차의 절댓값의 총합, 또는 차의 제곱의 총합으로 하고, 상기 목표치갱신단계는 상기 평가함수의 값이 작아지도록 상기 목표고도를 갱신하는 것이 바람직하다.

[0021] 여기서 상기 목표치는 상기 잠항점에 있어서의 상기 수중항주체의 목표기준자세인 것이 바람직하다.

[0022] 또한, 상기 수중항주체의 최소허용고도를 설정하는 최소허용고도설정단계를 구비하고, 상기 잠항시뮬레이션단계는 상기 수저 지형의 데이터와 상기 목표기준자세를 이용하여 상기 수중항주체의 운동모델에 기초하여 상기 목표기준자세에 대한 상기 수중항주체의 계산잠항고도를 시뮬레이션하고, 상기 계산잠항고도와 상기 최소허용고도

를 비교함으로써 최적의 상기 목표기본자세를 도출하는 것이 바람직하다.

- [0023] 또한, 상기 목표치갱신단계는 상기 계산잠항고도의 최소치와 상기 최소허용고도에 차이가 있는 경우에 상기 계산잠항고도의 상기 최소치가 상기 최소허용고도에 가까워지도록 상기 목표기본자세를 갱신하는 것이 바람직하다.
- [0024] 또한, 상기 평가함수의 값은 복수의 상기 잠항점에 있어서의 상기 계산잠항고도와 상기 최소허용고도의 차의 절댓값의 총합, 또는 차의 제곱의 총합으로 하고, 상기 목표치갱신단계는 상기 평가함수의 값이 작아지도록 상기 목표기본자세를 갱신하는 것이 바람직하다.
- [0025] 또한, 상기 잠항시물레이션단계와 상기 목표치갱신단계의 반복횟수가 미리 정해져 있는 것이 바람직하다.
- [0026] 또한, 상기 수저 지형의 데이터 대신에 기준경로를 이용하는 것이 바람직하다. 또한, 상기 수저 지형의 데이터 대신에 상기 잠항점에 있어서의 상기 수중항주체의 기준자세를 이용하는 것이 바람직하다. 또한, 상기 수저 지형의 데이터 대신에 상기 잠항점에 있어서의 상기 수중항주체의 기준각도를 이용하는 것이 바람직하다.
- [0027] 청구항 제17항에 기재된 수중항주체의 최적제어방법은 상기 수중항주체의 경로설정방법으로 얻어진 최적의 상기 목표치를 이용하여 상기 수중항주체를 제어한다.
- [0028] 여기서 최적의 상기 목표치와 상기 수중항주체의 위치를 비교하여 비교결과에 따라 상기 수중항주체의 운동제어계를 제어하는 것이 바람직하다.
- [0029] 또한, 최적의 상기 목표치와 상기 수중항주체의 상기 위치가 소정의 조건을 벗어난 경우에 상기 수중항주체를 긴급부상시키는 것이 바람직하다.
- [0030] 또한, 상기 수저 지형을 관측하는 관측제어를 더 수행하는 것이 바람직하다.
- [0031] 청구항 제21항에 기재된 수중항주체는 상기 수중항주체의 경로설정방법으로 얻어진 최적의 상기 목표치를 취득하는 목표치취득부와, 취득된 상기 목표치를 기억하는 기억부와, 상기 기억부에 기억된 상기 목표치를 이용하여 구동수단을 제어하는 운동제어부를 구비한다.
- [0032] 여기서 심도계측수단, 고도계측수단, 및 자세계측수단의 적어도 1개를 구비하고, 상기 운동제어부는 상기 심도계측수단, 고도계측수단, 및 자세계측수단의 적어도 1개의 측정치와 상기 기억부에 기억된 상기 목표치를 비교하여 상기 구동수단을 제어하는 것이 바람직하다.
- [0033] 또한, 장애물 탐지수단을 구비하고, 상기 운동제어부는 상기 장애물 탐지수단에 의한 검출결과에 따라 상기 구동수단을 제어하는 것이 바람직하다.
- [0034] 또한, 관성항법수단을 구비하고, 상기 운동제어부는 상기 관성항법수단의 출력에 기초하여 상기 구동수단을 제어하는 것이 바람직하다.
- [0035] 또한, 상기 수저 지형을 관측하는 관측수단을 구비하는 것이 바람직하다.

발명의 효과

- [0036] 청구항 제1항에 대응한 수중항주체의 경로설정방법에 따르면, 수중항주체의 잠항점을 입력하는 잠항점입력단계와, 상기 잠항점에 있어서의 초기의 목표치를 설정하는 목표치설정단계와, 기준으로서의 수저 지형의 데이터와 상기 목표치를 이용하여 상기 수중항주체의 운동모델에 기초하여 상기 목표치에 대한 상기 수중항주체의 잠항경로를 시물레이션하는 잠항시물레이션단계와, 상기 잠항시물레이션단계에 있어서의 시물레이션으로 얻어진 상기 잠항경로에 기초하여 산출되는 평가함수의 값에 기초하여 상기 목표치를 갱신하는 목표치갱신단계를 구비하고, 상기 잠항시물레이션단계와 상기 목표치갱신단계를 반복하여 최적의 상기 목표치를 도출함으로써, 상기 잠항점에 있어서 수저 지형에 맞춰 최적화된 최적의 목표치를 설정할 수 있다. 이에 의해 상기 잠항점에 있어서 상기 수중항주체를 최적의 목표치로 잠항시킬 수 있고, 목적에 따른 최적의 잠항상태에서의 항행을 실현할 수 있는 경로설정이 가능해진다.
- [0037] 여기서 상기 목표치는 상기 잠항점에 있어서의 목표심도인 것에 의해, 상기 잠항점에 있어서 수저 지형에 맞춰 최적화된 최적목표심도를 설정할 수 있다. 이에 의해 상기 잠항점에 있어서 상기 수중항주체를 최적목표심도가 되도록 잠항시킬 수 있고, 관측 등의 목적에 따른 최적의 잠항심도에서의 항행을 실현할 수 있는 경로설정이 가능해진다.

- [0038] 또한, 상기 수중항주체의 최소허용고도를 설정하는 최소허용고도설정단계를 구비하고, 상기 잠항시물레이션단계는 상기 수저 지형의 데이터와 상기 목표심도를 이용하여 상기 수중항주체의 운동모델에 기초하여 상기 목표심도에 대한 상기 수중항주체의 계산잠항고도를 시뮬레이션하고, 상기 계산잠항고도와 상기 최소허용고도를 비교하여 최적의 상기 목표심도를 도출함으로써, 상기 수중항주체가 상기 최소허용고도보다 수저에 가까워지는 것을 피하면서 상기 잠항점에 있어서 상기 수중항주체를 최적목표심도가 되도록 잠항시킬 수 있는 경로설정이 가능해진다.
- [0039] 또한, 상기 목표치갱신단계는 상기 계산잠항고도와 상기 최소허용고도에 차이가 있는 경우에 상기 계산잠항고도의 최소치가 상기 최소허용고도에 가까워지도록 상기 목표심도를 갱신함으로써, 상기 수중항주체가 상기 최소허용고도보다 수저에 가까워지는 것을 피하면서 상기 잠항점에 있어서 가능한 한 수저에 가까워지도록 최적목표심도를 설정할 수 있다.
- [0040] 또한, 상기 평가함수는 복수의 상기 잠항점에 있어서의 상기 계산잠항고도와 상기 최소허용고도의 차의 절댓값의 총합, 또는 차의 제곱의 총합으로 하고, 상기 목표치갱신단계는 상기 평가함수가 작아지도록 상기 목표심도를 갱신함으로써, 복수의 상기 잠항점에 있어서의 상기 계산잠항고도와 상기 최소허용고도의 차의 절댓값의 총합, 또는 차의 제곱의 총합이 가장 작아지도록 복수의 상기 잠항점에 있어서 최적목표심도를 설정할 수 있다.
- [0041] 또한, 상기 목표치는 상기 잠항점에 있어서의 목표고도인 것에 의해, 상기 잠항점에 있어서 수저 지형에 맞춰 최적화된 최적목표고도를 설정할 수 있다. 이에 의해 상기 잠항점에 있어서 상기 수중항주체를 최적목표고도가 되도록 잠항시킬 수 있고, 관측 등의 목적에 따른 최적의 잠항고도에서의 항행을 실현할 수 있는 경로설정이 가능해진다.
- [0042] 또한, 상기 수중항주체의 최소허용고도를 설정하는 최소허용고도설정단계를 구비하고, 상기 잠항시물레이션단계는 상기 수저 지형의 데이터와 상기 목표고도를 이용하여 상기 수중항주체의 운동모델에 기초하여 상기 목표고도에 대한 상기 수중항주체의 계산잠항고도를 시뮬레이션하고, 상기 계산잠항고도와 상기 최소허용고도를 비교하여 최적의 상기 목표고도를 도출함으로써, 상기 수중항주체가 상기 최소허용고도보다 수저에 가까워지는 것을 피하면서 상기 잠항점에 있어서 상기 수중항주체를 최적목표고도가 되도록 잠항시킬 수 있는 경로설정이 가능해진다.
- [0043] 또한, 상기 목표치갱신단계는 상기 계산잠항고도와 상기 최소허용고도에 차이가 있는 경우에 상기 계산잠항고도의 최소치가 상기 최소허용고도에 가까워지도록 상기 목표고도를 갱신함으로써, 상기 수중항주체가 상기 최소허용고도보다 수저에 가까워지는 것을 피하면서 상기 잠항점에 있어서 가능한 한 수저에 가까워지도록 최적목표고도를 설정할 수 있다.
- [0044] 또한, 상기 평가함수는 복수의 상기 잠항점에 있어서의 상기 계산잠항고도와 상기 최소허용고도의 차의 절댓값의 총합, 또는 차의 제곱의 총합으로 하고, 상기 목표치갱신단계는 상기 평가함수가 작아지도록 상기 목표고도를 갱신함으로써, 복수의 상기 잠항점에 있어서의 상기 계산잠항고도와 상기 최소허용고도의 차의 절댓값의 총합, 또한 차의 제곱의 총합이 가장 작아지도록 복수의 상기 잠항점에 있어서 최적목표고도를 설정할 수 있다.
- [0045] 여기서 상기 목표치는 상기 잠항점에 있어서의 상기 수중항주체의 목표기준자세인 것에 의해, 상기 잠항점에 있어서 수저 지형에 맞춰 최적화된 최적목표기준자세를 설정할 수 있다. 이에 의해 상기 잠항점에 있어서 상기 수중항주체를 최적목표기준자세가 되도록 잠항시킬 수 있고, 관측 등의 목적에 따른 최적의 잠항자세에서의 항행을 실현할 수 있는 경로설정이 가능해진다.
- [0046] 또한, 상기 수중항주체의 최소허용고도를 설정하는 최소허용고도설정단계를 구비하고, 상기 잠항시물레이션단계는 상기 수저 지형의 데이터와 상기 목표기본자세를 이용하여 상기 수중항주체의 운동모델에 기초하여 상기 목표기본자세에 대한 상기 수중항주체의 계산잠항고도를 시뮬레이션하고, 상기 계산잠항고도와 상기 최소허용고도를 비교하여 최적의 상기 목표기본자세를 도출함으로써, 상기 수중항주체가 상기 최소허용고도보다 수저에 가까워지는 것을 피하면서 상기 잠항점에 있어서 상기 수중항주체를 최적목표기준자세가 되도록 잠항시킬 수 있는 경로설정이 가능해진다.
- [0047] 또한, 상기 목표치갱신단계는 상기 계산잠항고도의 최소치와 상기 최소허용고도에 차이가 있는 경우에 상기 계산잠항고도의 상기 최소치가 상기 최소허용고도에 가까워지도록 상기 목표기본자세를 갱신함으로써, 상기 수중항주체가 상기 최소허용고도보다 수저에 가까워지는 것을 피하면서 상기 잠항점에 있어서 가능한 한 수저에 가까워지도록 최적목표기준자세를 설정할 수 있다.

- [0048] 또한, 상기 평가함수의 값은 복수의 상기 잠항점에 있어서의 상기 계산잠항고도와 상기 최소허용고도의 차의 절댓값의 총합, 또는 차의 제곱의 총합으로 하고, 상기 목표치갱신단계는 상기 평가함수의 값이 작아지도록 상기 목표기본자세를 갱신함으로써, 복수의 상기 잠항점에 있어서의 상기 계산잠항고도와 상기 최소허용고도의 차의 절댓값의 총합, 또는 차의 제곱의 총합이 가장 작아지도록 복수의 상기 잠항점에 있어서 최적목표기준자세를 설정할 수 있다.
- [0049] 또한, 상기 잠항시물레이션단계와 상기 목표치갱신단계의 반복횟수가 미리 정해져 있음으로써 잠항시물레이션을 적절한 횟수로 끝맺을 수 있다.
- [0050] 또한, 상기 수저 지형의 데이터 대신에 기준경로를 이용하거나, 또는 상기 수저 지형의 데이터 대신에 상기 잠항점에 있어서의 상기 수중항주체의 기준각도를 이용함으로써, 상기 잠항점에 있어서 상기 수중항주체가 기준경로 또는 기준각도에 가까워지도록 상기 목표치를 최적화할 수 있다.
- [0051] 청구항 제17항에 기재된 수중항주체의 최적제어방법은 상기 수중항주체의 경로설정방법으로 얻어진 최적의 상기 목표치를 이용하여 상기 수중항주체를 제어함으로써, 상기 잠항점에 있어서 수저 지형에 맞춰 최적화된 최적의 목표치로 상기 수중항주체를 잠항시킬 수 있고, 목적에 따른 최적의 잠항상태에서의 항행을 실현할 수 있다.
- [0052] 여기서 최적의 상기 목표치와 상기 수중항주체의 위치를 비교하여 비교결과에 따라 상기 수중항주체의 운동제어계를 제어함으로써 상기 수중항주체의 최적제어방법을 구체적으로 실현할 수 있다.
- [0053] 또한, 최적의 상기 목표치와 상기 수중항주체의 상기 위치가 소정의 조건을 벗어난 경우에 상기 수중항주체를 긴급부상시킴으로써, 상기 수중항주체가 장애물 등에 충돌할 것 같은 경우 등에 있어서 위험을 회피할 수 있다.
- [0054] 또한, 상기 수저 지형을 관측하는 관측제어를 더 수행함으로써, 관측에 적합한 잠항상태로 항행하면서 관측을 수행할 수 있다.
- [0055] 청구항 제21항에 기재된 수중항주체는 상기 수중항주체의 경로설정방법으로 얻어진 최적의 상기 목표치를 취득하는 목표치취득부와, 취득된 상기 목표치를 기억하는 기억부와, 상기 기억부에 기억된 상기 목표치를 이용하여 구동수단을 제어하는 운동제어부를 구비함으로써, 상기 잠항점에 있어서 수저 지형에 맞춰 최적화된 최적의 목표치로 잠항할 수 있고, 목적에 따른 최적의 잠항상태에서의 항행을 실현할 수 있다.
- [0056] 여기서 심도계측수단, 고도계측수단, 및 자세계측수단의 적어도 1개를 구비하고, 상기 운동제어부는 상기 심도계측수단, 고도계측수단, 및 자세계측수단의 적어도 1개의 측정치와 상기 기억부에 기억된 상기 목표치를 비교하여 상기 구동수단을 제어함으로써, 최적의 상기 목표치를 얻는 상기 수중항주체의 최적제어방법을 구체적으로 실현할 수 있다.
- [0057] 또한, 장애물 탐지수단을 구비하고, 상기 운동제어부는 상기 장애물 탐지수단에 의한 검출결과에 따라 상기 구동수단을 제어함으로써, 상기 수중항주체가 장애물 등에 충돌할 것 같은 경우 등에 있어서 위험을 회피할 수 있다.
- [0058] 또한, 관성항법수단을 구비하고, 상기 운동제어부는 상기 관성항법수단의 출력에 기초하여 상기 구동수단을 제어함으로써, 외부로부터 위치정보를 취득하는 일 없이 자기에 의해서만 상기 잠항점에 있어서 수저 지형에 맞춰 최적화된 최적의 목표치로 잠항할 수 있다.
- [0059] 또한, 상기 수저 지형을 관측하는 관측수단을 구비함으로써 관측에 적합한 잠항상태로 항행하면서 관측을 수행할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0060] 도 1은 본 발명의 실시형태에 있어서의 수중항주체의 구성 개념도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시형태에 있어서의 수중항주체의 경로설정장치의 구성을 도시한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 실시형태에 있어서의 수중항주체의 경로설정방법의 플로차트이다.
- 도 4는 본 발명의 실시형태에 있어서의 수중항주체의 경로설정장치의 기능 블록도이다.
- 도 5는 본 발명의 실시형태에 있어서의 수중항주체의 경로설정처리를 설명하는 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 실시형태에 있어서의 수중항주체의 최적항행제어의 플로차트이다.

도 7은 본 발명의 실시형태에 있어서의 수중항주체의 기능 블록도이다.

도 8은 본 발명의 실시형태에 있어서의 수중항주체를 이용한 수저 지형의 관측시스템도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0061] <시스템의 구성>

[0062] 도 8은 본 발명의 실시형태에 있어서의 수중항주체를 이용한 수저 지형의 관측시스템도이다. 관측시스템은 수중에 투입된 수중항주체(100)와 경로설정장치(200)와 이것을 탑재한 수상의 지원선(300)으로 이루어진다. 수중항주체(100)는 잠항점에 있어서의 수저 지형(400)을 관측하기 위해서 수저에의 충돌을 방지하면서 가장 가까워질 수 있는 설정된 최적의 잠항경로를 따라 항행한다.

[0063] 지원선(300)은 인공위성(500)으로부터의 GPS 신호를 수신함으로써 자선의 지리적 위치를 알 수 있기 때문에 수중항주체(100)의 지리적 위치를 알아낼 수 있다. 지원선(300)에는 음향측위장치(310)가 탑재되어 있고, 수중의 수중항주체(100)의 지원선(300)으로부터의 상대적 위치를 파악할 수 있다. 또한, 수중항주체(100)에 탑재된 위치검출수단에 의해 수중항주체(100) 스스로 지원선(300)과의 상대위치를 검출할 수도 있고, 이들의 상대위치는 음향통신장치(320)를 통해 지원선(300)과 수중항주체(100)에서 서로 파악할 수 있다. 따라서, 지원선(300)에서 얻은 지리적 위치와 음향측위장치(310) 또는 수중항주체(100)의 위치검출수단에 의한 상대위치를 조합하여 수중항주체(100)의 지리적 위치를 지원선(300) 및/또는 수중항주체(100)에서 파악할 수 있다.

[0064] <수중항주체의 구성>

[0065] 본 발명의 실시형태에 있어서의 수중항주체(100)는 도 1의 구성 개념도에 도시한 바와 같이 정체(10), 주추진기(12), 주추진기구동모터(14), 수직타(16), 수직타구동모터(18), 수평타(20), 수평타구동모터(22), 심도계(24), 고도계(26), 장애물센서(28), 관측용센서(30), 위치검출수단이기도 한 관성항법장치(32), 제어장치(34), 음향통신장치(36) 및 음향측위장치(38)를 포함하여 구성된다. 수중항주체(100)는 예를 들어 자율형 무인잠수기(AUV)이지만, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0066] 정체(10)는 정실 등의 공간을 구성하는 밀폐 가능한 구조체이다. 정체(10)는 금속이나 강화 플라스틱 등에 의해 구성되고, 수중항주체(100)의 구성요소를 기계적으로 지지하는 역할도 달성한다.

[0067] 주추진기(12)는 수중항주체(100)를 추진시키기 위한 구동력을 발생시키는 구성요소이다. 주추진기(12)는 예를 들어 프로펠러, 회전축 등을 포함하여 구성된다. 주추진기구동모터(14)는 주추진기(12)에 대하여 구동력을 부여하기 위한 모터이다. 주추진기구동모터(14)는 제어장치(34)로부터의 구동제어신호를 받아 전지(14a)로부터의 전력에 의해 구동제어신호에 따른 회전수 및 토크로 주추진기(12)의 회전축을 회전구동시킨다. 이에 의해 구동축에 접속된 프로펠러가 회전되어 수중항주체(100)에 추진력이 부여된다.

[0068] 수직타(16)는 정체(10)를 좌우방향으로 선회(회두)시키기 위한 타이다. 수직타(16)를 정체(10)에 대하여 우측 또는 좌측으로 기울임으로써 정체(10)를 좌측 또는 우측으로 회두시킬 수 있다. 수직타구동모터(18)는 수직타(16)를 회전시키기 위한 구동력을 발생시키는 모터이다. 수직타구동모터(18)는 제어장치(34)로부터의 수직타제어신호를 받아 수직타제어신호에 따른 각도가 되도록 수직타(16)를 회전구동시킨다.

[0069] 또한, 좌우에 각각 개별의 주추진기(12)를 설치해 두고, 수직타(16)에 의하지 않고 좌우의 주추진기(12)의 추진력의 밸런스를 조정함으로써 정체(10)를 좌우방향으로 선회(회두)시키는 구성으로 해도 된다.

[0070] 수평타(20)는 정체(10)를 상승 및 하강시키기 위한 타이다. 수평타(20)를 정체(10)에 대하여 상측 또는 하측으로 기울임으로써 정체(10)의 머리를 내리거나(피치다운) 또는 머리를 들게(피치업) 할 수 있다. 수평타구동모터(22)는 수평타(20)를 회전시키기 위한 구동력을 발생시키는 모터이다. 수평타구동모터(22)는 제어장치(34)로부터의 수평타제어신호를 받아 수평타제어신호에 따른 각도가 되도록 수평타(20)를 회전구동시킨다.

[0071] 심도계(24)는 수중항주체(100)의 수면으로부터의 거리(심도)를 측정하여 출력하는 장치이다. 심도계(24)는 예를 들어 수중항주체(100)의 정체(10)에 가해지는 수압으로부터 심도를 측정한다. 심도계(24)는 측정된 심도를 제어장치(34)에 출력한다. 고도계(26)는 수중항주체(100)의 수저로부터의 거리(고도)를 측정하여 출력하는 장치이다. 고도계(26)는 예를 들어 정체(10)의 하측을 향해 음파를 출력하고, 수저에서 반사한 음파를 수신할 때까지의 시간으로부터 고도를 측정한다. 고도계(26)는 측정된 고도를 제어장치(34)에 출력한다.

[0072] 장애물센서(28)는 수중항주체(100)의 진행방향(전방)에 존재하는 장애물을 검지하기 위한 센서이다. 장애물센서

(28)는 예를 들어 정체(10)의 전방(또는 전방 약간 하측 방향)을 향해 음파를 출력하고, 그 방향에 존재하는 장애물에서 반사한 음파를 수신할 때까지의 시간으로부터 장애물의 존재 및 거기까지의 거리를 측정한다. 장애물 센서(28)는 장애물의 검지결과를 제어장치(34)에 출력한다.

[0073] 관측용센서(30)는 수중항주체(100)에 의해 수행되는 관측을 위한 센서이다. 관측용센서(30)는 관측의 목적에 맞춰 다양한 센서로 할 수 있다. 관측용센서(30)는 예를 들어 음파센서, 전자파센서, 광센서, 압력센서, 열센서 등일 수 있다. 관측용센서(30)는 관측 결과를 제어장치(34)에 출력한다.

[0074] 관성항법장치(32)는 정체(10)의 이동시의 가속도를 측정하는 가속도센서 및 자이로센서를 구비하고, 이들로 측정된 가속도를 시간으로 2회 적분함으로써 정체(10)의 위치정보를 구한다. 제어장치(34)에서 얻어진 수중항주체(100)의 위치정보는 제어장치(34)에 출력된다.

[0075] 제어장치(34)는 심도계(24), 고도계(26), 장애물센서(28), 관측용센서(30) 및 관성항법장치(32)로부터 정보를 받아 이들 정보에 기초하여 수중항주체(100)의 항행제어를 수행한다. 제어장치(34)는 관성항법장치(32)로부터의 위치정보, 심도계(24)로부터의 심도, 고도계(26)로부터의 고도의 정보에 기초하여 미리 설정된 잠항점 및 후술하는 경로설정방법에 의해 설정된 목표치(목표심도, 목표고도, 목표자세, 목표각도 등)에 정체(10)가 가까워지도록 주추진기(12), 수직타구동모터(18) 및 수평타구동모터(22)를 제어한다. 제어장치(34)에 의한 항행제어에 대해서는 후술한다.

[0076] 음향통신장치(36)는 수중항주체(100)의 외부와 음파에 의해 통신하기 위한 장치이다. 음향통신장치(36)는 제어장치(34)로부터 심도계(24), 고도계(26), 장애물센서(28), 관측용센서(30) 및 관성항법장치(32)의 측정결과나 항행에 관한 정보등을 받아 이들 정보를 수중항주체(100)의 외부(예를 들어 해상의 선박 등)에 송신한다. 또한, 외부(예를 들어 해상의 선박 등)에서 GPS 등에 의해 측정된 절대위치를 수신한다.

[0077] 음향측위장치(38)는 수중항주체(100)의 외부의 선박 등과의 상대위치를 수신한다. 음향측위장치(38)는 해상의 선박 등에 설치되었으면 수중항주체(100)의 상대위치의 정보를 취득한다. 이 상대위치정보는 제어장치(34)에 입력된다. 제어장치(34)는 음향통신장치(36)에 의해 취득된 해상의 선박 등의 절대위치의 정보도 취득하고, 선박의 절대위치와 선박으로부터의 수중항주체(100)의 상대위치로부터 수중항주체(100)의 절대위치를 얻을 수 있다. 제어장치(34)는 이와 같이 하여 얻어진 수중항주체(100)의 절대위치정보에 의해 관성항법장치(32)로부터 취득한 위치정보를 보정할 수 있다. 예를 들어 제어장치(34)는 음향측위장치(38)로부터 취득한 상대위치정보로부터 산출된 위치와 관성항법장치(32)로부터 취득한 위치의 차이가 소정치보다 큰 경우에 음향측위장치(38)의 위치에 의해 관성항법장치(32)의 위치를 보정한다. 관성항법장치(32)는 보정된 위치를 새로운 초기치로서 수중항주체(100)의 위치의 추정을 계속한다.

[0078] <수중항주체의 경로설정방법>

[0079] 본 실시형태에 있어서의 수중항주체(100)의 경로설정처리에 대하여 이하에 설명한다. 본 실시형태에서는 수중항주체(100)와는 별도의 경로설정장치(200)로 경로설정을 수행하는 양태에 대하여 설명한다. 단, 이에 한정되는 것이 아니라 수중항주체(100)에 경로설정장치(200)를 탑재해도 된다.

[0080] 경로설정장치(200)는 도 2에 도시하는 바와 같이 처리부(40), 기억부(42), 입력부(44), 출력부(46)를 구비하는 컴퓨터이다. 처리부(40)는 CPU 등으로 구성된다. 처리부(40)는 기억부(42)에 미리 기억되어 있는 경로설정 프로그램을 실행함으로써 후술하는 경로설정처리를 수행한다. 기억부(42)는 경로설정 프로그램, 정체운동 계산모델, 각종 데이터를 기억하기 위한 기억장치이다. 기억부(42)는 예를 들어 반도체메모리, 하드디스크 등일 수 있다. 입력부(44)는 경로설정장치(200)에 경로설정처리에 필요한 정보를 입력하기 위한 장치를 구비한다. 입력부(44)는 키보드, 마우스, 터치패널 등일 수 있다. 또한, 입력부(44)를 네트인터페이스 등으로 하여 다른 장치로부터 정보를 취득하도록 해도 된다. 출력부(46)는 경로설정장치(200)에 의해 얻어진 경로 등의 정보를 출력하기 위한 장치를 구비한다. 출력부(46)는 디스플레이, 프린터 등일 수 있다. 또한, 출력부(46)를 네트인터페이스 등으로 하여 수중항주체(100)의 제어장치(34)에 정보를 출력할 수 있도록 해도 된다.

[0081] 경로설정처리는 도 3의 플로차트를 따라 처리된다. 경로설정처리를 실행함으로써 경로설정장치(200)는 도 4의 기능 블록도에 도시한 각 수단으로서 기능한다.

[0082] 단계 S10에서는 초기설정이 수행된다. 해당 처리에 의해 경로설정장치(200)는 초기설정수단(50)으로서 기능한다. 초기설정에서는 입력부(44)를 이용하여 기준으로서의 수저 지형(400)의 정보의 입력, 최대반복횟수(Ne)의 설정 및 최소허용고도(ha)의 설정이 수행된다. 수저 지형(400)의 정보는 도 5의 굵은 실선으로 나타내는 바와 같이 수중항주체(100)의 항행 대상이 되는 영역의 수저의 좌표마다 지형의 높낮이를 나타내는 정보이다.

최대반복횟수(Ne)는 경로설정처리에 있어서의 반복의 횟수의 최대치이다. 최소허용고도(ha)는 수중항주체(100)가 수저에 접촉하지 않도록 하는 경로를 설정하기 위한 수저로부터의 최소의 허용고도이다.

- [0083] 단계 S12에서는 잠항점의 입력처리가 수행된다. 해당 처리에 의해 경로설정장치(200)는 잠항점설정수단(52)으로서 기능한다. 잠항점은 평면 내(수면, 해면에 대하여 평행한 면)에서 수중항주체(100)가 항행하는 경로 상을 이산적인 좌표점으로서 나타낸 정보이다. 즉, 잠항점을 차례로 연결함으로써 수중항주체(100)의 이차원의 항행경로가 얻어진다. 잠항점은 미리 관측계획 등에 기초한 전체 잠항경로 계획에 의해 설정된다.
- [0084] 단계 S14에서는 각 잠항점에 있어서의 초기의 목표치가 설정된다. 해당 처리에 의해 경로설정장치(200)는 목표치설정수단(54)으로서 기능한다. 본 실시형태에서는 목표치는 수중항주체(100)의 목표심도로 한다. 즉, 도 5에 나타내는 바와 같이 단계 S12에서 입력된 잠항점마다 수중항주체(100)가 항행하는 수중의 경로의 목표가 되는 심도의 초기치(도면 중 흰색 삼각형으로 나타냄)가 설정된다.
- [0085] 단계 S16에서는 정체운동모델이 설정된다. 해당 처리에 의해 경로설정장치(200)는 정체운동모델설정수단(56)으로서 기능한다. 정체운동모델은 AUV 다이내믹스라고도 불리고, 수중에 있어서의 정체(10)(또는 수중항주체(100))의 운동을 계산 베이스로 구하는 것으로, 시간 영역에 있어서의 미분방정식으로서 표시되는 운동방정식(equations of motion)이 그 대표예이다. 운동방정식에서는 미지수로서의 속도, 각속도 성분을 대상으로 부여되는 힘이나 모멘트성분을 입력으로 하여 그 해를 구하는 것이 일반적인 해법으로, 대부분의 경우 일반해가 구해지지 않는 해석적 수법보다 초기조건을 부여하여 시간의 경과에 수반하는 속도, 각속도의 시계열을 구하는 수치적 수법이 이용된다. 구체적으로는 주추진기(12), 수직타(16), 수평타(20) 등의 응답특성이나 정체(10)의 이동특성 등에 기초하여 결정된다.
- [0086] 본 발명에서 최적의 목표치(심도나 고도)를 구할 때에는 도 3에 나타내는 바와 같이 축차적 방법으로 목표치를 갱신해 가는 수법이 이용되지만, 정체운동모델은 이 과정에서의 잠항시물레이션으로 정체(10)(AUV)의 거동을 수치적으로 구하는 도구로서 사용된다.
- [0087] 운동방정식에 있어서의 계수항은 정체(10)에 작용하는 유체력의 함수이며, 주로 동유체력계수(hydrodynamic coefficient)라고 불린다. 이 동유체력계수는 정체의 축소모델을 이용한 수조시험이나 전산유체역학(Computational Fluid Dynamics)의 수법에 의한 수치계산으로 구할 수 있다. 운동방정식에서 동유체력계수 이외에는 변수나 외력항이 되기 때문에 동유체력계수를 구함으로써 운동방정식은 완성된다.
- [0088] 단계 S18 내지 단계 S32에 있어서 수저 지형(400)의 데이터와 목표심도를 이용하여 수중항주체(100)의 운동모델에 기초하여 목표치에 대한 수중항주체(100)의 잠항경로를 시물레이션하는 잠항시물레이션과, 잠항시물레이션으로 얻어진 잠항경로에 기초하여 산출되는 평가함수에 기초하여 목표심도를 갱신하는 목표치갱신처리를 반복하여 각 잠항점에 있어서의 목표치(목표심도)의 최적화 해석이 수행된다.
- [0089] 단계 S18에서는 카운터(ie)가 초기치 0으로 설정된다. 카운터(ie)는 시물레이션의 반복 횟수를 세기 위해 이용된다. 단계 S20에서는 카운터(ie)에 1이 가산된다.
- [0090] 단계 S22에서는 잠항시물레이션이 수행된다. 해당 처리에 의해 경로설정장치(200)는 목표치추종시물레이션실시부(58)로서 기능한다. 처리부(40)는 단계 S10에서 입력된 수저 지형(400)의 정보, 단계 S12에서 입력된 잠항점 및 현재의 각 잠항점의 목표심도를 이용하여 단계 S16에서 설정된 정체운동모델을 기초로 정체(10)가 각 잠항점에 있어서 수저 지형(400)에 가까워지도록 수중항주체(100)의 잠항경로를 시물레이션한다. 또한, 정체(10)가 최소허용고도(ha)에 보다 가까워지도록 수중항주체(100)의 잠항경로를 시물레이션해도 된다. 시물레이션에 의해 수중항주체(100)의 새로운 잠항경로, 즉 각 잠항점에 있어서의 잠항심도(수면으로부터 정체(10)까지의 거리: 이하, 계산잠항심도라고 함) 및 잠항고도(수저로부터 정체(10)까지의 거리: 이하, 계산잠항고도라고 함)가 얻어진다.
- [0091] 단계 S24에서는 단계 S22에 있어서의 시물레이션으로 얻어진 새로운 잠항경로에서의 각 잠항점에 있어서의 수저로부터의 거리(계산잠항고도)가 최소허용고도(ha)보다 큰 지의 여부가 판정된다. 해당 처리에 의해 경로설정장치(200)는 잠항고도확인수단(60)으로서 기능한다. 최소허용고도(ha)보다 계산잠항고도가 낮은 잠항점이 존재하는 경우, 시물레이션을 종료하여 단계 S30으로 처리를 이행시킨다. 최소허용고도(ha)보다 계산잠항고도가 낮은 잠항점이 존재하지 않는 경우, 단계 S26으로 처리를 이행시킨다.
- [0092] 단계 S26에서는 카운터(ie)가 최대반복횟수(Ne) 이하인지의 여부가 판정된다. 해당 처리에 의해 경로설정장치(200)는 반복횟수확인수단(62)으로서 기능한다. 카운터(ie)가 최대반복횟수(Ne) 이하이면 단계 S28로 처리를 이

행시키고, 그렇지 않으면 단계 S30으로 처리를 이행시킨다.

- [0093] 단계 S28에서는 평가함수에 기초한 최적화 수법을 적용하고, 각 잠항점의 목표심도를 갱신한다. 해당 처리에 의해 경로설정장치(200)는 목표치갱신수단(64)으로서 기능한다. 평가함수는 수중항주체(100)의 항행에 있어서의 구체적인 목표에 대하여 설정된다. 예를 들어 정체(10)를 가능한 한 수면으로부터 깊게 잠수시키고자 하는 경우에는 전체 잠항경로에 있어서의 정체(10)의 계산잠항심도의 총합을 평가함수로 한다. 그리고 처리부(40)는 평가함수의 값이 가능한 한 커지도록 각 잠항점에 있어서의 목표치를 갱신한다. 그 후, 단계 S20으로 처리를 되돌리고, 새로운 목표치를 이용하여 다시 잠항경로의 시뮬레이션을 반복한다.
- [0094] 단계 S30으로 이행한 경우, 최적목표치(최적목표심도)를 설정한다. 해당 처리에 의해 경로설정장치(200)는 최적목표치설정수단(66)으로서 기능한다. 단계 S32에서는 처리부(40)는 도 5에 나타내는 바와 같이 현재 설정되어 있는 목표심도를 최적목표심도(도면 중 검은색 동그라미로 나타냄)로서 설정하여 출력한다. 해당 처리에 의해 경로설정장치(200)는 최적목표치출력수단(68)으로서 기능한다. 최적목표심도는 수중항주체(100)가 잠항할 때에 수저에 접촉하지 않도록 최소허용고도(ha)를 유지하면서 가능한 한 수면으로부터 깊은 잠항경로를 취하기 위한 각 잠항점에 있어서의 목표가 되는 심도이다.
- [0095] 이상의 처리에 의해 수중항주체(100)의 항행제어를 수행할 때의 각 잠항점에 있어서의 목표가 되는 심도(목표심도)가 최적화된다. 따라서, 각 잠항점에 있어서 해당 최적목표심도가 되도록 수중항주체(100)의 운동제어계를 제어함으로써 수중항주체(100)를 적절한 잠항경로로 잠항시킬 수 있다.
- [0096] 또한, 정체(10)를 가능한 한 수저에 접근시키고자 하는 경우에는 단계 S28에 있어서 전체 잠항경로에 있어서의 정체(10)의 계산잠항고도의 총합을 평가함수로 하면 된다. 그리고 처리부(40)는 해당 평가함수의 값이 가능한 한 작아지도록 각 잠항점에 있어서의 목표치를 갱신한다. 그 후, 단계 S20으로 처리를 되돌리고, 새로운 목표치를 이용하여 다시 잠항경로의 시뮬레이션을 반복한다. 그리고 단계 S30으로 이행한 경우, 최적목표치(최적목표고도)를 설정한다.
- [0097] 이상의 처리에 의해 수중항주체(100)의 항행제어를 수행할 때의 각 잠항점에 있어서의 목표가 되는 심도(목표고도)가 최적화된다. 따라서, 각 잠항점에 있어서 해당 최적목표고도가 되도록 수중항주체(100)의 운동제어계를 제어함으로써 수중항주체(100)를 적절한 잠항경로로 잠항시킬 수 있다.
- [0098] 또한, 수중항주체(100)의 속도를 느리게 하면 관성의 영향이 적어지기 때문에 수저와의 충돌을 피하면서 수면으로부터 보다 깊은 잠항경로를 취할 수 있을 것처럼 생각된다. 그러나 속도가 느려지면 수직타(16) 및 수평타(20)의 효능이 나빠지고, 또한 수저조사의 효율도 떨어지게 되므로 한계가 있다. 또한, 속도가 너무 빨라지면 제어계의 한계나 관측시의 해상도나 정밀도의 문제가 있기 때문에 수중항주체(100)마다 적절한 속도범위가 존재한다.
- [0099] 또한, 본 실시형태에서는 평가함수를 전체 잠항경로에 있어서의 정체(10)의 심도나 고도의 총합으로 했지만 이에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어 수저 지형(400)에 기초하여 정체(10)를 수저에 가깝게 하는 대신에 미리 정해진 기준으로서의 기준경로(기준심도나 기준고도)에 가깝게 하고자 하는 경우, 전체 잠항경로에 있어서의 정체(10)의 심도와 기준경로(기준심도나 기준고도)의 차의 절댓값의 총합, 또는 차의 제곱의 총합을 평가함수로 하고, 해당 평가함수에 기초하여 목표치(목표심도나 목표고도)를 최적화하면 된다.
- [0100] 또한, 정체(10)의 자세를 제어하고자 하는 경우, 기준으로서 각 잠항점에 있어서의 자세(예를 들어 수저의 경사 각도에 대하여 정체(10)를 평행하게 하는 정체각도)를 기준자세로서 미리 설정해 두고, 단계 S28에 있어서 전체 잠항경로에 있어서의 정체(10)의 자세(정체각도)와 기준자세의 차의 절댓값의 총합, 또는 차의 제곱의 총합을 평가함수로 하면 된다. 그리고, 처리부(40)는 해당 평가함수의 값이 가능한 한 작아지도록 각 잠항점에 있어서의 목표치를 갱신한다. 그리고 단계 S30으로 이행한 경우, 최적목표치를 설정한다.
- [0101] <수중항주체의 최적항행제어>
- [0102] 이하, 상기 수중항주체(100)의 경로설정처리로 설정된 최적목표치에 기초한 수중항주체(100)의 항행제어에 대하여 설명한다.
- [0103] 항행제어처리는 도 6의 플로차트를 따라 처리된다. 수중항주체(100)의 각부는 도 7의 기능 블록도에 도시한 각 수단으로서 기능하여 항행제어가 실현된다.
- [0104] 단계 S40에서는 최적목표치(최적목표심도)가 입력 설정된다. 해당 처리에 의해 수중항주체(100)의 제어장치(34)는 최적목표치입력부(70)로서 기능한다. 제어장치(34)의 입력수단(도시 생략)에 의해 상기 수중항주체(100)의

경로설정방법에 의해 설정된 최적목표치(최적목표심도)가 제어장치(34)에 입력되고, 제어장치(34)의 기억부(72)에 기억된다. 여기서 수중항주체(100)에 입력은 제어장치(34)에 부설한 입력장치를 이용해도 되고, 음향통신장치(36) 등의 외부 인터페이스를 이용해도 된다. 또한, 도 3에 따른 최적의 목표치의 도출은 통상 지원선(300)상 또는 지원선(300)의 출항 전에 관측계획에 따라 실시되어 최적의 목표치가 제어장치(34)에 입력되지만, 수중항주체(100)의 제어장치(34)로 잠항할 때에 경로설정방법을 실행하는 것도 가능하다.

[0105] 수중항주체(100)로서 자율형 무인잠수기(AUV)에 적용하는 경우, 미리 구한 최적목표치(최적목표심도)나 조건을 해상의 선박 등에서 수중항주체(100)에 입력하고, 바다 속에 투입하여 자율항주시킬 수도 있다. 미리 구한 최적목표치(최적목표심도)를 입력하여 수중항주체(100)의 제어를 수행하는 이점은 잠항경로를 시뮬레이션을 반복하여 수행하는 시간의 지연에 좌우되지 않고 수중항주체(100)를 정확하게 제어할 수 있는 점이다.

[0106] 단계 S42에서는 관성항법장치(32) 및 음향통신장치(36)에 의한 수중항주체(100)의 측위가 수행된다. 제어장치(34)는 관성항법장치(32)에 의해 구해진 수중항주체(100)의 위치정보를 취득한다. 해당 처리에 의해 수중항주체(100)는 자기운동검지부(76)로서 기능한다. 제어장치(34)는 상기와 같이 음향통신장치(36)로부터 얻어진 위치정보에 의해 관성항법장치(32)에 의해 구해진 수중항주체(100)의 위치정보를 보정하여 이용하도록 해도 된다. 해당 처리에 의해 수중항주체(100)는 자기위치계산부(78)로서 기능한다.

[0107] 단계 S44에서는 수중항주체(100)의 수중항행의 제어가 수행된다. 제어장치(34)는 단계 S42에서 취득한 위치정보를 이용하여 현재의 수중항주체(100)의 위치로부터 각 잠항점에 있어서의 최적목표치(최적목표심도)를 순서대로 추종하도록 수중항주체(100)를 항행제어한다. 제어장치(34)는 주추진기구동모터(14), 수직타구동모터(18), 수평타구동모터(22)에 대하여 구동제어신호, 수직타제어신호 및 수평타제어신호를 각각 출력하여 구동제어하고, 주추진기(12), 수직타(16) 및 수평타(20)를 움직여서 정체(10)의 거동을 제어한다. 또한, 관성항법장치(32)의 가속도센서나 자이로센서에 의해 정체(10)의 운동을 검지하여 정체(10)의 거동으로부터 위치정보가 구해지도록 한다. 이러한 처리에 의해 제어장치(34)는 정체(10)를 각 잠항점에 있어서 최적목표치(최적목표심도)가 되도록 수중항주체(100)의 운동을 제어한다. 해당 처리에 의해 수중항주체(100)는 정체운동제어부(74)로서 기능한다.

[0108] 단계 S46에서는 관측용센서(30)에 의해 필요한 관측이 수행된다. 즉, 수중항주체(100)의 잠항의 목적인 예를 들어 수저 지형(400)의 관측이 실시된다. 제어장치(34)는 음향통신장치(36)를 개제시켜 관측결과를 정체(10)의 외부로 송신하도록 해도 된다. 해당 처리에 의해 수중항주체(100)는 관측행동실시부(80)로서 기능한다.

[0109] 단계 S48에서는 긴급부상이 필요한지의 여부가 판정된다. 제어장치(34)는 장애물센서(28)에 의해 수중항주체(100)의 항행의 장애가 되는 장애물이 검지된 경우, 단계 S50으로 처리를 이행시켜 정체(10)를 긴급부상시켜 잠항을 종료시킨다. 한편, 장애물이 검지되지 않은 경우, 처리를 단계 S52로 이행시킨다. 해당 처리에 의해 수중항주체(100)는 긴급부상판단부(82)로서 기능한다. 또한, 긴급부상은 음향통신장치(36)를 개제시켜 해상의 선박 등으로부터의 지령에 의해 수행할 수도 있다.

[0110] 단계 S52에서는 최종 잠항점에 도달했는지의 여부가 판정된다. 제어장치(34)는 미리 설정된 잠항점 중 잠항경로의 최종지점이 되는 잠항점까지 정체(10)가 도달했는지의 여부를 판정하고, 도달하였으면 단계 S54로 처리를 이행시키고, 수중항주체(100)를 통상부상시켜 잠항을 종료시킨다. 한가운데 지점이 되는 잠항점까지 정체(10)가 도달하지 않았으면 단계 S44로 처리를 되돌려 다음 잠항점을 향한 항행제어를 계속한다.

[0111] 이상과 같이 본 실시형태에 있어서의 수중항주체의 경로설정방법에 의해 설정된 잠항경로(각 잠항점에 있어서의 목표치)를 실현하도록 수중항주체(100)의 항행제어를 수행함으로써, 수중항주체(100)를 목적에 적합한 잠항경로나 잠항자세로 항행시킬 수 있다. 이에 의해 수중항주체(100)에 의한 관측 등을 최적의 상태로 실현할 수 있다.

[0112] 또한, 도 5로서 나타낸 본 발명의 실시형태에 있어서의 수중항주체의 경로설정처리를 설명하는 도면은 본 실시형태의 경로설정방법이나 수중항주체(100)를 실제해역에 적용한 예이다.

[0113] 수중항주체(100)로서 해양연구개발기구(Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology)의 항행형 무인잠수기 「우라시마」를 사용하여 2015년 6월에 일본의 이즈제도 해역에 위치하는 묘진해구 칼데라에서 해저자원조사의 실험을 수행한 예이다. 이 잠항으로 「우라시마」는 전체 잠항구간을 평균고도 67m, 최소고도 39m(설정 최소고도 40m)로 항행하고 있다. 「우라시마」가 전체길이 8m의 대형 잠수기(AUV)이고, 묘진해구 칼데라가 최대 53도의 급사면을 갖는 매우 험한 지형의 해저인 것을 고려하면, 이 결과가 대단히 높은 난이도를 클리어한 것임을 알 수 있다. 최적 항로점의 도출시, 각 항로점의 초기심도는 해당 좌표(위도·경도)의 해저심도로부터 120m 위쪽에 설정되고, 본 경로설정방법을 이용하여 각 항로점의 최적심도(최적의 목표치)를 도출했다. 이와 같이 본 실시형태의 수중항주체(100)의 경로설정방법에 따르면, 초기의 목표치 120m에 대하여 평균 67m, 최소 39m

까지 고도를 작게(목표심도를 깊게) 할 수 있으므로 실제해역 잠항에 있어서도 정해진 잠항경로를 따른 항행이 가능한 것을 실증할 수 있었다.

[0114] <산업상의 이용가능성>

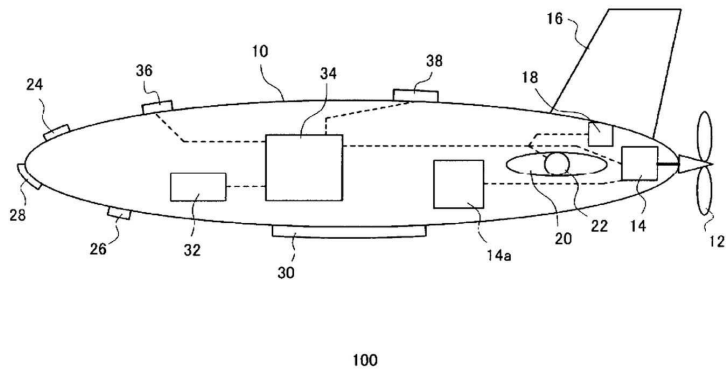
[0115] 본 발명은 수중항주체의 경로설정 및 항행제어뿐만 아니라 지형의 데이터나 기준자세 등의 미리 설정된 조건에 따른 이동체의 이동경로나 이동제어에 적용할 수 있다. 예를 들어 항공기, 드론의 이동경로의 설정이나 이동제어에 적용할 수 있다.

부호의 설명

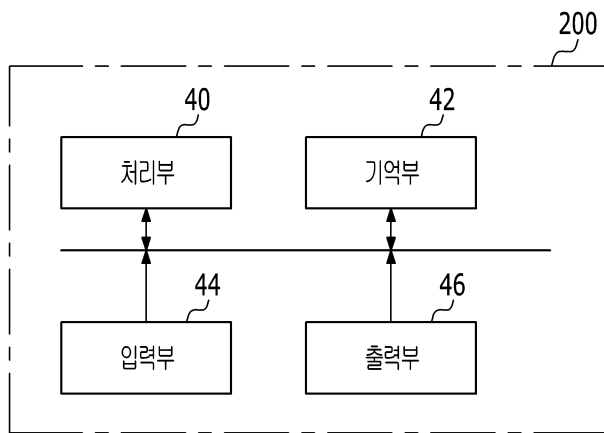
[0116] 10: 정체 12: 주추진기
14: 주추진기구동모터 14a: 전지
16: 수직타 18: 수직타구동모터
20: 수평타 22: 수평타구동모터
24: 심도계 26: 고도계
28: 장애물센서 30: 관측용센서
32: 관성항법장치 34: 제어장치
36: 음향통신장치 38: 음향측위장치
40: 처리부 42: 기억부
44: 입력부 46: 출력부
50: 초기설정수단 52: 잠항점설정수단
54: 목표치설정수단 56: 정체운동모델설정수단
58: 목표치 추종 시뮬레이션 실시부 60: 잠항고도확인수단
62: 반복횟수확인수단 64: 목표치갱신수단
66: 최적목표치설정수단 68: 최적목표치출력수단
70: 최적목표치입력부 72: 기억부
74: 정체운동제어부 76: 자기운동검지부
78: 자기위치계산부 80: 관측행동실시부
82: 긴급부상판단부 100: 수중항주체
200: 경로설정장치 300: 지원선
400: 수저 지형 500: 인공위성

도면

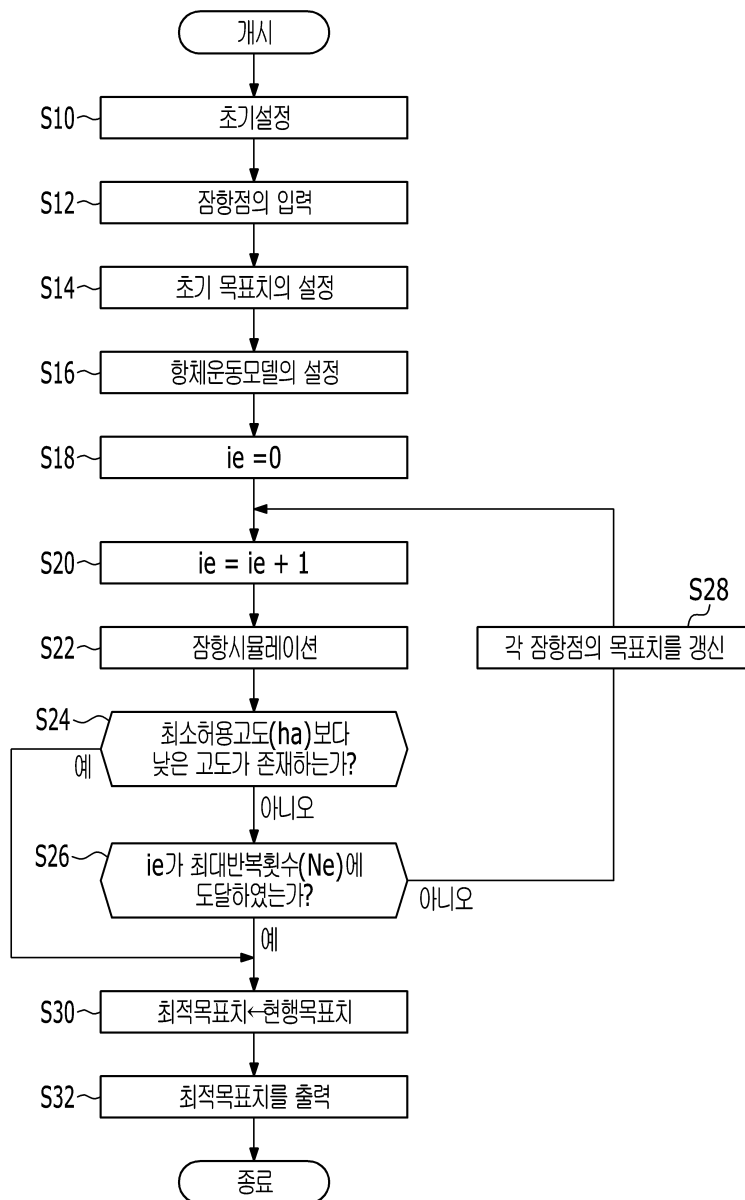
도면1



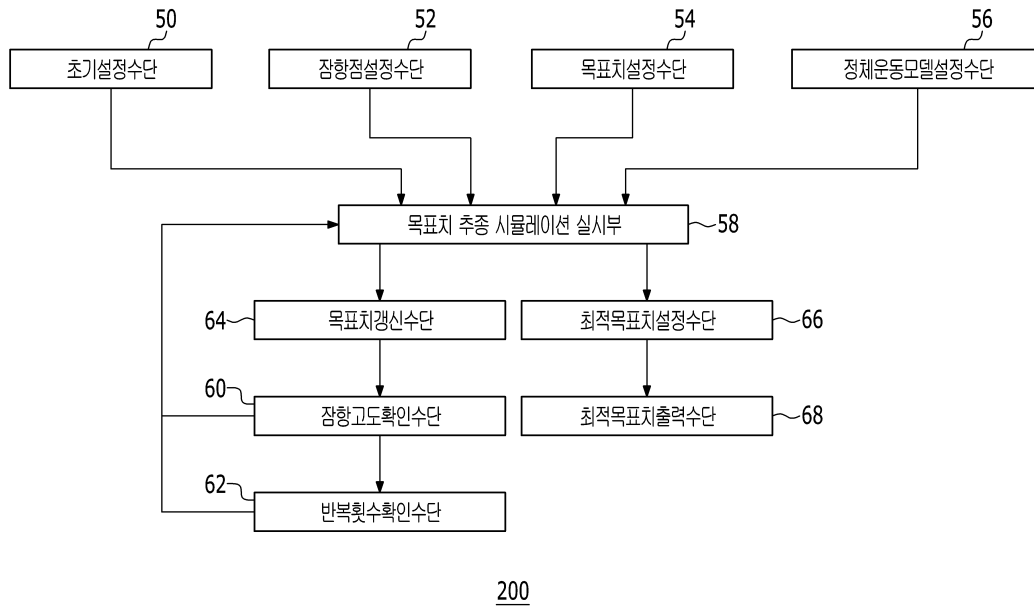
도면2



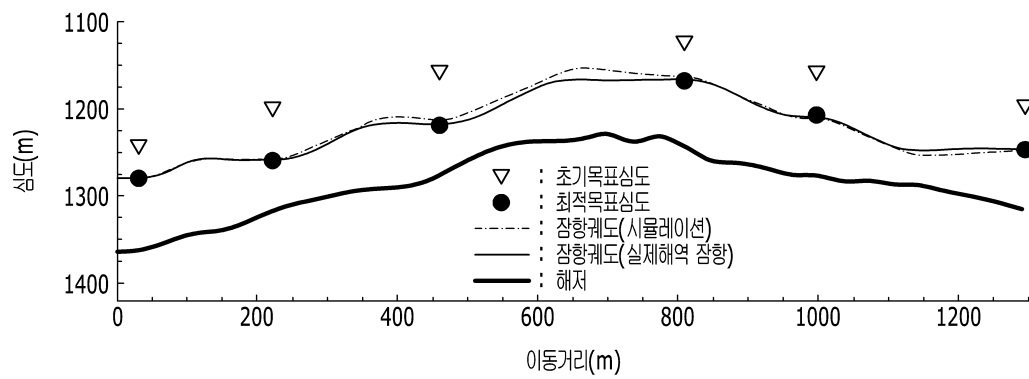
도면3



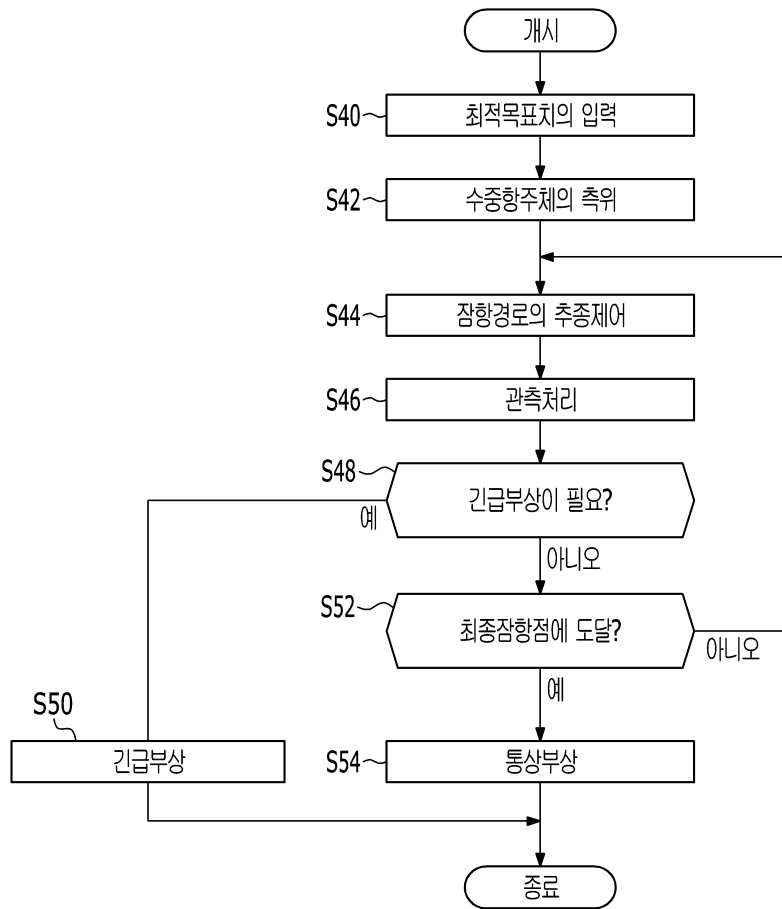
도면4



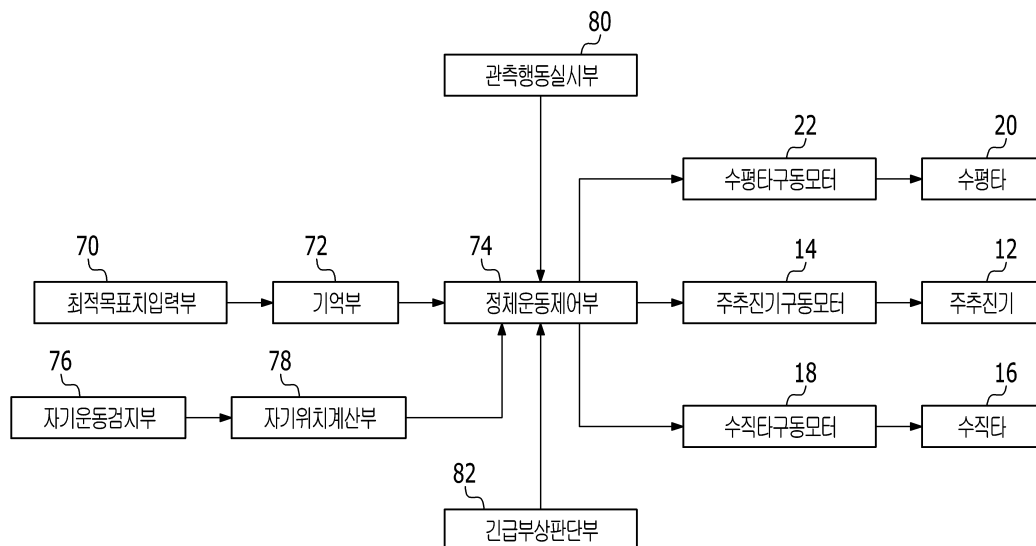
도면5



도면6



도면7



도면8

