

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2023년 5월 11일 (11.05.2023) WIPO | PCT

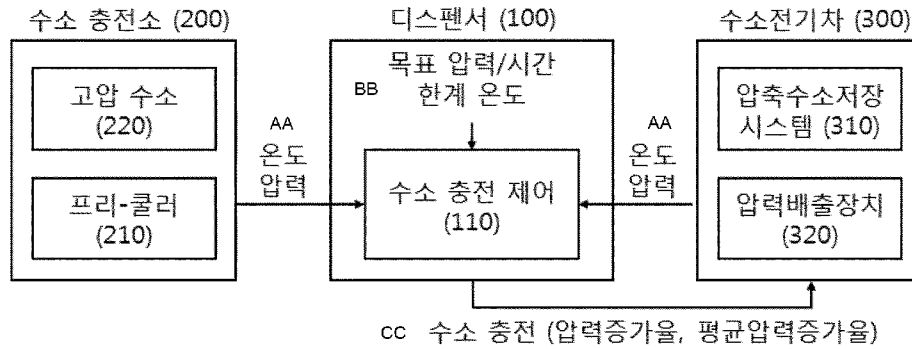


(10) 국제공개번호
WO 2023/080690 A1

- (51) 국제특허분류:
F17C 5/06 (2006.01) G06N 3/08 (2006.01)
F17C 5/00 (2006.01) G01N 3/08 (2006.01)
F17C 13/02 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2022/017177
- (22) 국제출원일: 2022년 11월 3일 (03.11.2022)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2021-0149960 2021년 11월 3일 (03.11.2021) KR
10-2021-0149975 2021년 11월 3일 (03.11.2021) KR
- (71) 출원인: 현대자동차주식회사 (HYUNDAI MOTOR COMPANY) [KR/KR]; 06797 서울특별시 서초구 헌릉로 12, Seoul (KR). 기아 주식회사 (KIA CORPORATION) [KR/KR]; 06797 서울특별시 서초구 헌릉로 12, Seoul (KR). 호서대학교 산학협력단 (INDUSTRIAL ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION OF HOSEO UNIVERSITY) [KR/KR]; 31499 충청남도 아산시 배방읍 호서로79번길 20, Chungcheongnam-do (KR).
- (72) 발명자: 박철우 (PARK, Cheol Woo); 18280 경기도 화성시 남양읍 현대연구소로 150, Gyeonggi-do (KR). 정용호 (CHUNG, Yong Ho); 31471 충청남도 아산시 배방읍 광장로 210, 101동 1503호, Chungcheongnam-do (KR). 김현창 (KIM, Heon Chang); 13554 경기도 성남시 분당구 정자일로 248, 613동 1502호, Gyeonggi-do (KR).
- (74) 대리인: 특허법인이상 (E-SANG PATENT & TRADE-MARK LAW FIRM); 06747 서울특별시 서초구 바우피로 188, 3층, 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,

(54) Title: INTEGRATED CONTROL SYSTEM, METHOD, AND DEVICE, FOR HYDROGEN FUELING BASED ON REAL-TIME CONTROL

(54) 발명의 명칭: 실시간 제어 기반 수소 충전을 위한 통합 제어 시스템, 방법 및 장치



100 ... Dispenser
110 ... Hydrogen fueling control
200 ... Hydrogen fueling station
210 ... Pre-cooler
220 ... High-pressure hydrogen
300 ... Hydrogen fuel cell electric vehicle
310 ... Compressed hydrogen storage system
320 ... Pressure discharge device
AA ... Temperature pressure
BB ... Target pressure/time limit temperature
CC ... Hydrogen fueling (pressure rise rate, average pressure rise rate)

(57) Abstract: A control method for hydrogen fueling for hydrogen fueled mobility, according to one embodiment of the present invention, is an integrated control method for hydrogen fueling, comprising the steps of: acquiring a measurement value of the current state; on the basis of the measurement value of the current state, determining the need, or not, for, other than a first control command executed on a dispenser side, a second control command for at least one among a hydrogen fueling station and hydrogen fueled mobility; and, according to the result of determining, generating the second control command for the at least one among the hydrogen fueling station and the hydrogen fueled mobility.

[다음 쪽 계속]

EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, CV, 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, ME, 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).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

(57) 요약서: 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 연료 모빌리티를 위한 수소 충전(hydrogen fueling) 제어 방법은 수소 충전을 위한 통합 제어 방법으로서, 현재 상태의 측정값을 획득하는 단계; 현재 상태의 측정값에 기반하여, 디스펜서 측에서 실행되는 제1 제어 명령 외에 수소 충전소 및 수소 연료 모빌리티 중 적어도 하나 이상을 위한 제2 제어 명령이 필요한 지 여부를 판정하는 단계; 및 판정 결과에 따라 수소 충전소 및 수소 연료 모빌리티 중 적어도 하나 이상을 위한 제2 제어 명령을 생성하는 단계를 포함한다.

명세서

발명의 명칭: 실시간 제어 기반 수소 충전을 위한 통합 제어 시스템, 방법 및 장치

기술분야

- [1] 본 발명은 수소 연료 모빌리티(hydrogen fueled mobility)의 수소 충전(Fueling)/공급을 위한 제어 기술에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 수소 충전/공급의 효율을 높이고 충전/공급의 속도 및 실시간성을 높이는 수소 충전 프로세스, 그 프로세스를 위한 제어 기법, 및 그 제어 기법을 위한 프로토콜에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 수소차, 수소전기차 또는 연료전지차(FCEV, Fuel Cell Electric Vehicle)는 차량에 저장된 고압 수소와 대기 중 공기가 만나 생성된 전기에너지로 움직이는 무공해 자동차를 의미한다.
- [3] 수소전기차는 수소를 에너지원으로 활용해 연료전지 시스템을 이용하여 전기를 생산해 움직인다. 주지하는 바와 같이 수소전기차에서는 전기를 만드는 과정에서 순수한 물(H_2O)만 배출할 뿐 아니라, 운행 중 대기에 있는 초미세먼지를 제거하는 기능이 있어 미래 친환경 모빌리티로 주목받고 있다. 연료인 수소가 지구상에 무한하다는 점과 에너지를 생산하는 과정이 친환경적이라는 점에서 산업 전반에 활용할 수 있는 잠재력을 갖춘 기술로 널리 각광받고 있다.
- [4] 수소 연료 모빌리티(hydrogen fueled mobility)는 수소를 에너지원으로 하거나 수소를 연료로 하여 전기 에너지를 생성하고 이를 이용하여 전동기를 구동하는 방식의 모빌리티를 의미한다.
- [5] 수소 연료 모빌리티에는 앞서 설명한 수소전기차 외에 Aerial Mobility는 물론, 산업용 트럭, 열차, 선박, 항공기 또한 수소를 연료로 하여 전기에너지를 생성하고 이를 이용하여 구동하는 장치가 포함될 수 있다.
- [6] 보다 포괄적으로는 수소를 에너지원으로 하는 건축물, 또는 시설물도 본 발명의 기술적 사상이 적용될 수 있는 응용 분야에 포함될 수 있을 것이다.
- [7] 수소전기차는 수소연료저장탱크에 안전하게 보관된 고압 수소와 공기공급시스템을 통해 유입된 산소를 연료전지스택에 전달하고, 수소와 산소 간 전기화학 반응을 일으켜 전기에너지를 생산한다. 생산된 전기에너지는 구동모터를 통해 운동에너지로 전환되어 수소전기차를 움직이며, 주행 중인 수소전기차는 배기구를 통해 순수한 물 만을 배출하는 장점을 가진다.
- [8] 연료전지시스템은 내연기관 자동차의 엔진을 대신하여 수소전기차의 동력을 부여하는 역할을 수행한다. 연료전지는 구동에 필요한 전기에너지를 만들어내는 장치로, '3차 전지'라고 불리기도 한다. 연료전지는 산소와 수소의

전화학 반응을 이용해 열에너지를 전기에너지로 변환시킨다. 이때 발생한 전기에너지는 순수한 화학 반응의 결과물로 화석 연료와 달리 이산화탄소 같은 배출가스를 발생시키지 않는다. 연료전지시스템은 연료나 재질에 따라 PEMFC, SOFC, MCFC 등의 다양한 종류가 존재하며, 수소전기차에서 연료전지를 이용하여 동력을 생산하는 구성은 구성은 연료전지스택, 수소공급시스템, 공기공급시스템 그리고 열관리시스템을 포함한다.

- [9] 연료전지스택의 효율적인 전기에너지 생성을 위해서는 운전장치의 도움이 필요하다. 이 중 수소공급시스템은 수소연료저장탱크에 안전하게 보관된 수소를 고압 상태에서 저압 상태로 바꿔 연료전지스택으로 이동시키는 역할을 수행하며, 또한 재순환라인을 통해 수소 공급 효율성을 높일 수 있다.
- [10] 열관리시스템은 연료전지스택이 전기화학 반응을 일으킬 때 발생하는 열을 외부로 방출시키고, 냉각수를 순환시켜 연료전지스택의 온도를 일정하게 유지하는 장치를 의미한다. 열관리시스템은 연료전지스택의 출력과 수명에 영향을 줄 수 있다.
- [11] 수소전기차가 아닌 수소연료차(Hydrogen Fueled Car)의 개념 또한 수소를 연료로 사용하는 차량인데, 수소연료차는 수소를 엔진에서 직접 연소하여 발생하는 열로 전동기를 구동하는 방식이다. 수소연료차를 위해서 수소를 충전/공급하는 방식은 수소전기차를 위한 수소 충전/공급 방식과 크게 다르지 않다.
- [12] 수소를 연료로 활용하는 차량에 수소를 충전/공급하기 위한 제어 기법에서는, 최종적으로 연료전지 측의 압축수소저장시스템(CHSS, Compressed Hydrogen Storage System)의 온도(T)와 압력(P)를 안전을 위한 한계 온도/압력 조건 하에서 동작하도록 제어하는 것을 목표로 한다.
- [13] 종래의 수소전기차의 수소 충전/공급 프로세스, 제어 기법, 및 이를 위한 프로토콜은 과거 유/무선 통신 기술이나 제어를 위한 컴퓨팅 기법이 성숙하지 않았을 때 규정된 것이어서 최근 도달한 정보통신 기술(ICT)의 성과를 최대한 반영하지 못하고 있다.
- [14] 따라서 종래의 수소전기차의 수소 충전/공급 기술은 비효율적이고 느리며 대용량 수소 충전에 적합하지 않다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [15] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은 안전하게 수소 연료를 충전/공급하면서도 수소 충전/공급 과정의 효율을 향상시키고, 수소 충전/공급 과정의 속도 및 실시간성을 개선하는 것이다.
- [16] 본 발명의 목적은 안전 한계 이하의 조건을 만족하는 최적화된 최고의 충전 속도로 운영하여 가용 범위 내에서 충전 시간을 감축하는 것이다.
- [17] 본 발명의 목적은 예내 필요량과 제공량을 능동적으로 조절하여 충전소의 냉각

부하를 최적화하여 수소 충전소의 운영 효율성을 증대시키는 것이다.

[18] 본 발명의 목적은 신규 기기 적용 시 일정한 학습 및 훈련 과정을 거쳐 로직 자체를 업데이트하는 방식으로 다양한 다양한 모빌리티 영역에 폭넓게 확대 적용할 수 있는 제어 기법을 제공하는 것이다.

[19] 본 발명의 목적은 저장탱크 자체에 냉각시스템을 설치하여 충전속도를 증대시키는 동시에, 저장탱크 과열에 능동적으로 대처할 수 있어 수소 연료 모빌리티의 안전성을 향상시키는 것이다.

과제 해결 수단

[20] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 연료 모빌리티를 위한 수소 충전(hydrogen fueling) 제어 방법은 수소 충전을 위한 통합 제어 방법으로서, 현재 상태의 측정값을 획득하는 단계; 현재 상태의 측정값에 기반하여, 디스펜서 측에서 실행되는 제1 제어 명령 외에 수소 충전소 및 수소 연료 모빌리티 중 적어도 하나 이상을 위한 제2 제어 명령이 필요한 지 여부를 판정하는 단계; 및 판정 결과에 따라 수소 충전소 및 수소 연료 모빌리티 중 적어도 하나 이상을 위한 제2 제어 명령을 생성하는 단계를 포함한다.

[21] 수소 충전소를 위한 제2 제어 명령은 수소 충전소의 예냉 온도의 목표값을 조정하는 명령을 포함할 수 있다.

[22] 수소 연료 모빌리티를 위한 제2 제어 명령은 수소 연료 모빌리티 측의 압축수소저장시스템(CHSS)의 냉각 명령을 포함할 수 있다.

[23] 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 충전을 위한 통합 제어 방법은, 현재 상태의 측정값이 제약 조건을 충족하는 지 평가하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[24] 제약 조건은 수소 연료 모빌리티 측의 압축수소저장시스템(CHSS)의 온도 및 압력 각각이 한계 온도 및 한계 압력을 초과하지 않는 것일 수 있다.

[25] 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 충전을 위한 통합 제어 방법은, 현재 상태의 측정값에 기반하여, 디스펜서 측에서 실행되는 제1 제어 명령을 생성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[26] 제1 제어 명령은 수소 충전을 위한 압력 증가율(PRR, Pressure ramp rate)에 대한 제어 명령을 포함할 수 있다.

[27] 제1 제어 명령을 생성하는 단계는, 현재 상태의 측정값에 대한 시뮬레이션 결과 및 실제 현장 데이터에 기반하여 제1 제어 명령을 생성할 수 있다.

[28] 제1 제어 명령을 생성하는 단계는, 현재 상태의 측정값에 기반한 모델 예측 제어 기법을 이용하여 제1 제어 명령을 생성할 수 있다.

[29] 제1 제어 명령을 생성하는 단계는, 현재 상태의 측정값을 입력으로 하는 인공 신경망의 출력에 기반하여 제1 제어 명령을 생성할 수 있다.

[30] 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 연료 모빌리티를 위한 수소 충전(hydrogen fueling) 제어 장치는 수소 충전을 위한 통합 제어 장치로서, 프로세서(processor); 및 적어도 하나 이상의 명령을 저장하는 메모리(memory)를 포함한다.

프로세서는 적어도 하나 이상의 명령을 실행함으로써 현재 상태의 측정값을 획득하고, 현재 상태의 측정값에 기반하여, 디스펜서 측에서 실행되는 제1 제어 명령 외에 수소 충전소 및 수소 연료 모빌리티 중 적어도 하나 이상을 위한 제2 제어 명령이 필요한 지 여부를 판정하고, 판정 결과에 따라 수소 충전소 및 수소 연료 모빌리티 중 적어도 하나 이상을 위한 제2 제어 명령을 생성한다.

[31] 프로세서는, 현재 상태의 측정값이 제약 조건을 충족하는 지 평가할 수 있다.

[32] 프로세서는, 현재 상태의 측정값에 기반하여, 디스펜서 측에서 실행되는 제1 제어 명령을 생성할 수 있다.

[33] 프로세서는, 현재 상태의 측정값에 대한 시뮬레이션 결과 및 실제 현장 데이터에 기반하여 제1 제어 명령을 생성할 수 있다.

[34] 프로세서는, 현재 상태의 측정값에 기반한 모델 예측 제어 기법을 이용하여 제1 제어 명령을 생성할 수 있다.

[35] 프로세서는, 현재 상태의 측정값을 입력으로 하는 인공 신경망의 출력에 기반하여 제1 제어 명령을 생성할 수 있다.

발명의 효과

[36] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 저장탱크의 실시간 온도 데이터를 활용하여 실시간으로 충전 속도를 제어하는 방식으로, 안전 한계 이하의 조건을 만족하는 최고의 충전 속도로 운영되도록 설계되어 있어, 가용범위 안에서 충전 시간을 감축할 수 있다.

[37] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 예냉 필요량과 제공량을 능동적으로 조절하여 충전소의 냉각 부하를 최적화하여 수소 충전소의 운영 효율성을 증대시킬 수 있다.

[38] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 인공 신경망 기반의 학습 가능한 충전 로직으로 신규 기기 적용 시 일정한 학습 및 훈련 과정을 거쳐 로직 자체를 업데이트하는 방식의 제어 기법으로 다양한 모빌리티 영역에 폭넓게 확대 적용할 수 있다.

[39] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 저장탱크 자체에 냉각시스템을 설치하여 충전속도를 증대시키는 동시에, 저장탱크 과열에 능동적으로 대처할 수 있어 수소 연료 모빌리티의 안전성을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[40] 도 1은 본 발명의 일 실시예가 적용되는 수소전기차(FCEV)를 위한 수소 충전 과정의 일 예를 도시하는 개념도이다.

[41] 도 2는 본 발명의 일 실시예가 적용되는 수소전기차(FCEV)를 위한 수소 충전을 위한 논리적 프로세스의 일 예를 도시하는 개념도이다.

[42] 도 3은 본 발명의 일 실시예가 적용되는 수소전기차(FCEV)를 위한 수소 충전 과정에서 나타나는 상태 변화의 일 예를 도시하는 개념도이다.

[43] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 수소전기차(FCEV)를 위한 수소 충전 제어를 위한 모델 예측 제어의 개념을 도시하는 개념도이다.

- [44] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 모델 예측 제어 기반 수소 충전 제어 방법을 도시하는 동작 흐름도이다.
- [45] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 수소전기차(FCEV)를 위한 수소 충전 제어를 위한 인공 신경망의 개념을 도시하는 개념도이다.
- [46] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 인공 신경망과 지능형 메타 시스템(IMS, Integrated Meta System)을 이용하는 수소전기차(FCEV)를 위한 수소 충전 제어 과정을 도시하는 개념도이다.
- [47] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 인공 신경망 기반 수소 충전 제어 방법을 도시하는 동작 흐름도이다.
- [48] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 인공 신경망-모델 예측 제어 기반 수소 충전 제어를 위한 인공 신경망의 훈련 과정을 도시하는 동작 흐름도이다.
- [49] 도 10은 도 9의 과정의 일부를 상세하게 도시하는 개념도이다.
- [50] 도 11은 도 9의 과정의 일부를 상세하게 도시하는 개념도이다.
- [51] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 인공 신경망-모델 예측 제어 기반 수소 충전 제어 과정을 도시하는 개념도이다.
- [52] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 충전 과정을 제어하기 위한 인공 신경망 기반 통합 제어 모델을 도시하는 개념도이다.
- [53] 도 14는 도 13의 통합 제어 모델을 위한 이벤트 기반 제어 과정을 도시하는 도면이다.
- [54] 도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 충전을 위한 통합 제어 방법을 도시하는 동작 흐름도이다.
- [55] 도 16은 도 1 내지 도 15의 과정의 적어도 일부를 수행할 수 있는 일반화된 수소 충전 제어 장치, 수소 충전 제어 시스템 또는 컴퓨팅 시스템의 예시를 도시하는 개념도이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [56] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.
- [57] 제1, 제2, A, B 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는 데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. "및/또는"이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합

또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.

- [58] 본 출원의 실시예들에서, "A 및 B 중에서 적어도 하나"는 "A 또는 B 중에서 적어도 하나" 또는 "A 및 B 중 하나 이상의 조합들 중에서 적어도 하나"를 의미할 수 있다. 또한, 본 출원의 실시예들에서, "A 및 B 중에서 하나 이상"은 "A 또는 B 중에서 하나 이상" 또는 "A 및 B 중 하나 이상의 조합들 중에서 하나 이상"을 의미할 수 있다.
- [59] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.
- [60] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [61] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [62] 본 명세서에 사용되는 일부 용어를 정의하면 다음과 같다.
- [63] 수소차(Hydrogen Vehicle), 수소전기차 또는 연료전지차(FCEV, Fuel Cell Electric Vehicle)은 차량에 저장된 고압 수소와 대기 중 공기가 만나 생성된 전기에너지로 움직이는 무공해 자동차를 의미한다.
- [64] 압축수소저장시스템(CHSS, Compressed Hydrogen Storage System)은 차량 측의 연료전지의 일부로서 수소를 압축하여 저장하는 장치를 의미한다.
- [65] 압력 배출 장치(PRD, Pressure Relief Device)는 CHSS에 배치되며 저장된 수소를 나머지 연료 시스템 및 환경으로부터 고립시킬(isolate) 수 있고, 반대로 수소를 외부로 배출시킬 수 있는 장치를 의미한다.
- [66] 수소 충전(Fueling) 과정은 수소 충전소(Station)로부터 고압 수소를 전달하여 연료 전지에 축적하는 과정을 의미한다.
- [67] 압력 증가율(PRR, Pressure Ramp Rate)은 MPa/min 으로 나타내어지며 CHSS의 압력의 증가율을 의미한다.

- [68] 평균 압력 증가율(APRR, Average Pressure Ramp Rate)은 수소 충전(fueling)의 시작부터 끝까지 압력 증가율의 평균값을 의미한다.
- [69] 예냉(pre-cooling)은 수소 충전소의 수소를 충전 전에 미리 냉각시키는 과정을 의미한다.
- [70] 디스펜서(dispenser)는 예냉된 수소를 CHSS로 전달하는 컴포넌트이다.
- [71] 노즐(nozzle)은 수소 충전소의 수소 dispensing 시스템에 연결되며 수소전기차의 리셉터클(receptacle)에 결합하고 수소 연료의 전달을 허용하는 장치를 의미한다.
- [72] 한편 본 출원일 전에 공지된 기술이라 하더라도 필요 시 본 출원 발명의 구성의 일부로서 포함될 수 있으며, 이에 대해서는 본 발명의 취지를 흐리지 않는 범위 내에서 본 명세서에서 설명한다. 다만 본 출원 발명의 구성을 설명함에 있어, 본 출원일 전에 공지된 기술로서 당업자가 자명하게 이해할 수 있는 사항에 대한 자세한 설명은 본 발명의 취지를 흐릴 수 있으므로, 공지 기술에 대한 지나치게 자세한 사항의 설명은 생략한다. 예를 들어, 수소 충전 제어를 위하여 열역학적 모델(thermodynamic model)을 이용하는 기술, 일반화된 동역학적 제어를 위한 모델 예측 제어 기법을 적용하는 기술, 인공 신경망의 훈련 및 추론을 위하여 인공 신경망을 구성하고 제어하는 기술 등은 본 발명의 출원 전 공지 기술을 이용할 수 있으며, 이들 공지 기술들 중 적어도 일부는 본 발명을 실시하는 데에 필요한 요소 기술로서 적용될 수 있다.
- [73] 그러나 본 발명의 취지는 이들 공지 기술에 대한 권리를 주장하고자 하는 것이 아니며 공지 기술의 내용은 본 발명의 취지에 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명의 일부로서 포함될 수 있다.
- [74] 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [75] 도 1은 본 발명의 일 실시예가 적용되는 수소전기차(FCEV)를 위한 수소 충전 과정의 일 예를 도시하는 개념도이다.
- [76] 도 1을 참조하면 수소 충전소(Station, 200)로부터 예냉된 수소 가스가 디스펜서(100)를 거쳐 수소전기차(FCEV, 300)로 공급된다. 이때 수소 충전 과정은 압력 증가율(PRR) 및/또는 평균 압력 증가율(APRR)을 포함하는 파라미터에 의하여 기술될 수 있다.
- [77] 도 1에는 수소전기차(FCEV)와 관련된 실시예가 도시되지만 본 발명의 사상은 다양한 종류의 수소 연료 모빌리티(hydrogen fueled mobility)에 적용될 수 있을 것임은 당업자에게 자명하다.
- [78] 수소 연료 모빌리티는 수소를 에너지원으로 하거나 수소를 연료로 하여 전기 에너지를 생성하고 이를 이용하여 전동기를 구동하는 방식의 모빌리티를 의미한다.
- [79] 수소 연료 모빌리티에는 수소전기차 외에 Aerial Mobility는 물론, 산업용 트럭, 열차, 선박, 항공기 또한 수소를 연료로 하여 전기에너지를 생성하고 이를

- 이용하여 구동하는 장치가 포함될 수 있다.
- [80] 본 발명의 수소 충전 프로세스는 수소 연료 모빌리티 뿐만 아니라 수소를 에너지원으로 하는 건축물, 또는 시설물에도 적용될 수 있을 것이다.
- [81] 또한 도 1의 실시예에서는 수소 가스가 관련된 실시예가 도시되지만 본 발명의 사상은 액화 수소에 대해서도 적용될 수 있을 것이다.
- [82] 이하에서는 설명의 편의상 수소전기차(FCEV) 및 수소 가스를 주요 실시예로 하여 본 발명의 내용을 설명하지만 이러한 실시예로 인하여 본 출원의 권리 범위가 제한적으로 해석되어서는 아니 된다.
- [83] 일반적으로 차량에 부착된 수소저장시스템은 크게 고압수소저장탱크, 압력제어기구 고압배관 및 외부 프레임으로 구분될 수 있다. 고압수소저장탱크의 경우 수십 수백 리터의 용량으로 개발되어 상용화되어 있으며, 차량용의 경우 고용량을 위해서는 소형 및 경량 저장탱크를 병렬로 연결하여 활용하고 있다.
- [84] 고압수소저장탱크는 압축수소저장시스템(CHSS)(310)로 널리 알려져 있으며, 본 명세서에서는 설명의 편의상 "저장탱크"라는 표현은 CHSS(310)를 의미한다.
- [85] 전형적인 수소저장시스템에서는 저장탱크(310)로 수소가스가 입출입할 수 있는 보스부(boss unit)를 활용하여 수소저장을 제어하고 있으며, 수소의 주입과 이용이 동시에 진행될 수 없는 특성상, 1곳의 보스부에 밸브 및 감압기구 및 각종 측정을 위한 센서들을 부착해서 수소저장을 제어하고 있다.
- [86] 수소충전소(200)와 차량(300)의 인터페이스는 디스펜서(100)에서 담당하며, 이곳에서 차량(300)의 저장탱크(310)의 정보와 충전소(200)의 연료공급 정보를 종합해서 타겟 압력과 주입속도 등을 제어하게 되며, 현재 사용되는 제어로직은 SAE J2601(2020-05) 표준을 따르고 있다.
- [87] 종래 기술에서 차량(300)에서 디스펜서(100)로 정보를 전달하는 방식은 Communication 방식과 비통신 방식인 Non-communication 방식이 있다. 통신을 이용하는 경우에도 종래 기술에서는 차량(300)의 저장탱크(310)의 온도 및 압력값들이 단순히 단방향으로 디스펜서(100)로 전달될 뿐이며, 디스펜서(100)에서도 해당 정보를 적극적으로 활용하지 않으며, 단지 한계 온도 압력에서의 비상 정지와 같은 안전기준으로 활용하고 있다.
- [88] 안전하고 신속한 충전을 위한 충전로직은 모두 디스펜서(100)에서 관리되고 있으며, 저장탱크(310)는 능동적인 안전관리 방식 없이, 압력 배출 장치(PRD)(320)를 통해 과열 등의 조건에서 자동으로 수소를 방출하는 최소한의 안전관리 장치만을 가지고 있다.
- [89] 도 3에서 후술될 수소 충전이 진행되는 동안 수소 가스의 온도가 상승하는 현상에 대응하기 위해, 충전소(200)는 고압 수소 저장부(220) 및 프리-쿨러(210)를 포함한다. 프리-쿨러(210)는 예냉(pre-cooling)을 통해 수소 가스의 온도를 낮춘 상태로 디스펜서(100)를 경유하여 수소전기차(300)에 수소 가스를 공급한다.

- [90] 본 발명의 일 실시예에서는 종래 기술과 유사한 기본 구성을 이용하지만, 디스펜서(100) 내부의 충전 제어 로직(110)이 능동적으로 차량(300) 및 충전소(200)로부터 수신되는 온도, 압력 등의 상태 정보, CHSS(310)의 충전율(SOC, State of Charge) 등의 충전 상태 정보를 활용하여 수소 충전(hydrogen fueling) 과정을 제어한다.
- [91] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 저장탱크(310)의 실시간 온도 데이터를 활용하여 실시간으로 충전 속도를 제어하는 방식으로, 안전 한계 이하의 조건을 만족하는 최고의 충전 속도로 운영되도록 설계되어 있어, 가용범위 안에서 충전 시간을 감축할 수 있다.
- [92] 종래 기술의 충전 프로토콜은 안전을 위한 경계조건이 과도하게 설정되어 있어 충전 완료 시점에 대부분의 저장탱크(310) 온도가 40~50°C 전후로 측정되는 등 과도하게 예냉하여 공급하는 문제점이 있다.
- [93] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 예냉 필요량과 제공량을 능동적으로 조절하여 충전소(200)의 냉각 부하를 최적화하여 수소 충전소(200)의 운영 효율성을 증대시킬 수 있다.
- [94] 경량 수소전기차 중심으로 설정된 종래 기술의 프로토콜은 신규 모빌리티 충전 시에는 모든 변수를 다시 설정하여 표준에 반영해야 하는 문제점을 가지고 있다.
- [95] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 인공 신경망 기반의 학습 가능한 충전 로직으로 신규 기기 적용 시 일정한 학습 및 훈련 과정을 거쳐 로직 자체를 업데이트하는 방식의 제어 기법으로 다양한 모빌리티 영역에 폭넓게 확대 적용할 수 있다.
- [96] 종래 기술의 수소전기차(300)의 저장탱크(310) 과열방지 대책은 일정 온도 이상으로 과열 시 PRD(320)를 통한 가스 방출이 유일하다.
- [97] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 저장탱크(310) 자체에 냉각시스템을 설치하여 충전속도를 증대시키는 동시에, 저장탱크(310) 과열에 능동적으로 대처할 수 있어 수소전기차(300)의 안전성을 향상시킬 수 있다.
- [98] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 안전하게 수소 연료를 충전/공급하면서도 수소 충전/공급 과정의 효율을 향상시킬 수 있고, 수소 충전/공급 과정의 속도 및 실시간성을 개선할 수 있다.
- [99] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 모델 예측 제어 기반의 실시간성이 확보된 수소 충전 제어 기법을 제공할 수 있다.
- [100] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 인공 신경망 모델 기반의 수소 충전 결과 예측 정확도가 향상된 제어 기법을 제공할 수 있다. 이론적 시뮬레이션 결과와 함께 실제 충전 데이터를 활용한 인공 신경망 모델에 실시간 측정값이 반영됨으로써 예측 결과의 정확도가 향상될 수 있다.
- [101] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 지능형 메타 시스템(IMS)을 이용하여 실제 측정되는 데이터와 모델로부터 예측되는 상태 정보를 통합 관리함으로써 수소 충전 제어의 효율을 향상시킬 수 있다.
- [102] 도 2는 본 발명의 일 실시예가 적용되는 수소전기차(FCEV)를 위한 수소 충전을

- 위한 논리적 프로세스의 일 예를 도시하는 개념도이다.
- [103] 전술한 바와 같이 종래 기술의 수소충전 프로세스는 차량(300)과 수소충전소(200) 간의 제어를 디스펜서(100)가 담당하고 있으며, 디스펜서(100)에는 정해진 규약에 따라서 수소를 차량(300)에 주입하는 방법인 프로토콜이 탑재되어 제어를 총괄하고 있다.
- [104] 디스펜서(100)에 탑재되는 프로토콜은 국제 표준인 SAE-J2601(2020-05)를 기반으로 하고 있으며 이는 본 발명의 목적에 부합하는 범위 내에서 본 발명의 실시예에 있어서도 동일하게 적용된다.
- [105] 안전을 위한 최소요구사항/요건(requirements)에 대해서, 다양한 상황에 대해서 열역학적인 모델링을 통한 시뮬레이션을 진행하고, 이를 통해 도출한 매개변수 등을 활용하여 Table-based 단일 주입 방식(single method), 및 MC-formula 기반 부분적인 실시간 보정 방식(Partial Real-Time Correction)이 이용된다.
- [106] 안전을 위한 최소요구사항/요건은 CHSS(310)의 온도 및 압력 조건의 상한선과, 충전율(SOC)에 대한 가이드라인을 포함한다.
- [107] 시뮬레이션은 Best ~ Worst Case를 포함하는 경계 조건(boundary condition)을 이용한 열역학적인 모델링을 통하여 수행될 수 있다.
- [108] 이 같은 구성은 본 발명의 목적에 부합하는 범위 내에서 본 발명의 실시예의 구성에도 적용될 수 있다.
- [109] 도 1과 도 2의 구성을 따르더라도 디스펜서(100)에서 상태 값을 능동적으로 제어하지 않는 종래 기술에서는 다음의 문제점이 발견된다. 아래의 문제점은 단순한 열역학적 모델을 이용한 시뮬레이션에 의존하는 종래 기술에서도 마찬가지로 드러나고 있다.
- [110] 예상되는 최악의 경계 조건(과도한 경계 조건)을 가정해 주입속도가 미리 결정되어 있어 불필요한 예냉이 이루어지고 전체 충전 속도가 떨어지는 문제가 있다. 이때 종래 기술에서 주입속도는 평균 압력 증가율/평균 압력 증가속도(APRR, Average Pressure Ramp Rate)에 의하여 단순하게 결정되며, 이는 상황에 따른 능동적인 대응을 저해하는 요인이 될 수 있다. 불필요한 예냉은 과도한 에너지 비용, 및 운영 비용을 초래하는 요인이 될 수 있다.
- [111] 시뮬레이션 기반 결과에 의존하므로 적용 가능한 저장탱크(310)의 용량이나 형태에 제한이 있으며, 신규 시스템의 경우 신규 개발 및 적용에 별도의 리소스를 필요로 하는 등, 적용 대상이 제한되는 문제가 있다.
- [112] 열역학 모델은 수학적 계산 결과 도출에 많은 시간이 소요되어 모델을 통해 도출된 변수 등을 간접적으로 활용하는 방식으로 미리 계산된 변수가 없는 경우에는 적용이 제한되며, 방식 자체의 세부조절 등 유연성이 부족한 문제가 있다.
- [113] 종래 기술의 Table-based 방식은 충전소(200)에서 제공되는 예냉수소의 온도나, 차량(300)에서 측정되는 저장탱크(310)의 온도 등이 활용되지 않아 효율성이 매우 낮으며 주변 상황 변화에 유연하게 대처하기 어려운 문제가 있다.

- [114] 종래 기술의 MC-Formula 기반 방식은 예냉 온도를 실시간으로 보정하지만 계산 및 적용 방식이 복잡하고 적용 대상에 한계가 있어 확장이 어려운 문제가 있다.
- [115] 프로토콜이 안전한 충전 완료를 주요 목표로 개발되어 과도한 예냉이나 저장탱크(310)의 과열 등 돌발적 상황에 대해 적극적으로 제어할 수 있는 대안이 없고, 이로 인하여 과냉각에 의한 운영 비용 상승, 과열에 의한 충전 지연 등의 문제가 발생하고 있다.
- [116] 본 발명의 특징은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 도출된 것으로, 시뮬레이션에 대한 의존도를 낮추고 실시간 측정 데이터를 반영하여 능동적으로 상태 변수의 제어를 시도하는 점에서 특징이 있다.
- [117] 도 3은 본 발명의 일 실시예가 적용되는 수소전기차(FCEV)를 위한 수소 충전 과정에서 나타나는 상태 변화의 일 예를 도시하는 개념도이다.
- [118] 도 3을 참조하면, 저장탱크(310)에 수소가 주입될 경우 압축열에 의해 내부온도가 상승하며, 이로 인해 저장탱크(310) 내부의 수소 가스의 온도가 상승한다.
- [119] 수소 충전 과정의 온도 제어는 예냉 수소 가스를 공급받아 최종 충전완료 시점에서, 저장탱크(310)의 내부 온도가 85°C 이하가 되도록 제어됨으로써 이루어진다.
- [120] 저장탱크(310)는 주행 중에는 외부 대기와 내부 저장된 수소 가스 간의 열교환을 차단하기 위하여, 저장탱크(310)의 돔과 바디를 감싸는 탄소섬유의 열전달 효율이 낮도록 구성되어 있다.
- [121] 충전 과정에서 저장탱크(310) 내부의 수소 가스의 온도가 상승할 때에는 이러한 저장탱크(310)의 낮은 열전달 특성으로 인하여 충전이 완료되는 시점까지 내부의 온도 상승에 비해 저장탱크(310) 표면에 드러나는 온도상승은 미약하다.
- [122] 이러한 특성은 충전 시 발생하는 저장탱크(310) 내부의 급속한 온도 상승을 완화시킬 수 있는 외기와 열교환이 거의 진행되지 않도록 차단하므로, 별도의 온도 관리 대책이 필요하다.
- [123] 그러나 종래 기술은 충전소(200)로부터 미리 냉각시킨(예냉, pre-cooled) 수소 가스를 공급받는 것 외에는 별도의 냉각 수단을 포함하고 있지 않다.
- [124] 수소완충시간은 저장탱크의 온도관리 상한선인 85°C 이하 관리를 위해 수소 충전소(200)에서 예냉 및 수소주입속도를 제어함으로써 관리하고 있으나, 차량(300)의 저장탱크(310)에 대한 온도관리 대책은 별도로 존재하지 않는 상황이다.
- [125] 이로 인해 특히 외기 온도가 높은 여름철의 경우 충전소(200)에서 저장탱크(310) 온도제어가 어려워 충전 지연과 같은 문제점이 발생하고 있다.
- [126] 본 발명의 실시예에서는, 도 3의 특성 곡선을 기본 모델로서 탑재하되, 종래 기술과는 달리 주변의 실제 환경에서 나타나는 변수(외기 온도, 기압, 기상 조건

등)에 따른 실시간 데이터를 고려하여 Phase I. 예냉 단계의 충전소(200)의 동작 부하 및 Phase II ~ Phase IV의 충전 과정에서 발생하는 충전 속도 (압력 증가율, PRR) 제어를 최적화하고, 실제 환경에 적합한 최적의 제어 조건을 도출할 수 있다.

- [127] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 수소전기차(FCEV)를 위한 수소 충전 제어를 위한 모델 예측 제어의 개념을 도시하는 개념도이다.
- [128] 본 발명의 실시예에서는 수소 충전 모델의 정확도가 상당한 수준으로 확보된 상태에서 수소 충전 모델과 현재의 측정값으로부터 미래의 충전 결과를 예측하고, 예측값과 충전 값을 기반으로 CHSS(310)의 수소 가스의 온도 T_{gas} 또는 수소 가스의 압력 P_{gas} 와 같은 특정 변수가 제약 조건(constraints)을 위반하지 않으면서 최적의 충전 목표에 도달하도록 압력 증가속도/증가율(PRR)을 실시간으로 제어할 수 있다.
- [129] 본 발명의 실시예에서 모델 예측 제어를 이용하여 현재의 측정값과 모델의 예측값을 기반으로 미래의 출력값을 계산하여, 예측된 미래 응답이 최적의 방식으로 설정점(setpoint 또는 target)으로 이동하도록 조작 변수(operation parameter/variable)를 조절할 수 있다.
- [130] 도 4를 참조하면 현재 시간 i 에서 n 개의 모델 예측을 도출할 수 있다. 이러한 n 개의 모델 기반 예측값은 프리딕션 호라이즌을 형성한다.
- [131] 각각의 모델 기반 예측값, 즉, 프리딕션 호라이즌은 컨트롤 호라이즌과 대응한다. 즉, n 개의 모델 예측이 이루어지기 위해서 필요한 n 개의 제어 지령/제어 액션이 컨트롤 호라이즌을 형성할 수 있다.
- [132] 실제로는 현재 시간 i 에서 도출된 n 개의 모델 예측 및 제어 액션 중 첫번째인 $i+1$ 제어 액션이 시스템에 전달될 수 있다. 시간이 경과하여 현재 시간 $i+1$ 에서는 다시 새로운 n 개의 모델 예측 및 제어 액션이 도출되고 이는 각각 새로운 프리딕션 호라이즌과 컨트롤 호라이즌을 형성한다.
- [133] 이처럼 호라이즌을 확장/이동하면서 시스템을 제어하는 기법을 모델 예측 제어라 하며, 본 발명의 실시예에서는 CHSS(310)의 수소 가스의 온도, 및 압력을 포함하는 상태 정보(상태 값)에 대한 측정값과 예측값을 이용하여 모델 예측 제어 기반 제어가 실행될 수 있다.
- [134] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 모델 예측 제어 기반 수소 충전 제어 방법을 도시하는 동작 흐름도이다.
- [135] 본 발명의 일 실시예에 따른 수소전기차(FCEV)를 위한 수소 충전(hydrogen fueling) 방법은 모델 예측 제어 기반의 수소 충전 방법으로서, 현재 상태의 측정값을 획득하는 단계(S510); 현재 상태의 측정값에 기반한 인공 신경망 모델(인공 신경망-모델 예측 제어 기법)을 이용하여 다음 상태 값을 예측하거나 획득하는 단계(S530); 및 현재 상태의 측정값 및 다음 상태 값 간의 비교 결과에 기반하여 수소 충전을 위한 제어 명령을 생성하는 단계(S520)를 포함한다.
- [136] 현재 상태의 측정값은 CHSS(310) 내부의 수소 가스의 온도, 및 압력의

측정값을 포함할 수 있다.

- [137] 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 충전 방법은, 현재 상태의 측정값 및 다음 상태 값이 제약 조건(constraints)을 충족하는 지 평가하는 단계(S540)를 더 포함할 수 있다.
- [138] 제약 조건은 수소전기차(FCEV)의 압축수소저장시스템(CHSS)의 온도 및 압력 각각이 한계 온도 및 한계 압력을 초과하지 않는 것일 수 있다.
- [139] 제어 명령을 생성하는 단계(S520)는, 수소 충전을 위한 압력 증가율(PRR, Pressure ramp rate)에 대한 제어 명령을 생성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [140] 다음 상태 값을 예측하거나 획득하는 단계(S530)는, 모델에 의하여 프리딕션 호라이즌을 형성하는 복수 개의 다음 상태 값을 예측하는 단계를 포함할 수 있다.
- [141] 제어 명령을 생성하는 단계(S520)는, 복수 개의 다음 상태 값과 설정점(Set Point) 간의 비교 결과에 기반하여 미래 응답이 설정점에 도달하는 과정이 최적화되도록 프리딕션 호라이즌에 대응하는 컨트롤 호라이즌을 형성하는 복수 개의 제어 명령들을 생성할 수 있다.
- [142] 다음 상태 값을 예측하거나 획득하는 단계(S530) 및 제어 명령을 생성하는 단계(S520)에서, 모델 예측 제어 기법에 의하여 인공 신경망 모델이 예측한 미래 응답이 설정점(Set Point)에 도달하는 과정이 최적화되도록 복수 개의 다음 상태를 포함하는 프리딕션 호라이즌에 대응하는 컨트롤 호라이즌을 형성하는 복수 개의 제어 명령들이 획득될 수 있다.
- [143] 현재 상태 및 다음 상태 값에 기반하여 비용 함수(cost function) 및 충전 제어를 위한 변수/파라미터를 업데이트하는 단계(S550)가 더 포함될 수 있다.
- [144] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 수소전기차(FCEV)를 위한 수소 충전 제어를 위한 인공 신경망의 개념을 도시하는 개념도이다.
- [145] 도 6을 참조하면, 입력 레이어에는 현재 상태의 측정값들이 입력된다.
- [146] 이때 외기 온도 T_{amb} (ambient temperature), 예냉 온도 T_{pre} (pre-cooled gas temperature), 예냉 압력 P_{pre} (pre-cooled gas pressure)는 디스펜서(100) 또는 충전소(200)의 nozzle에서 측정될 수 있다.
- [147] 수소 가스 온도 T_{gas} , 수소 가스 압력 P_{gas} 는 수소전기차(300)의 CHSS(310) 측에서 측정되는 값이며, 실제 측정값은 입력 레이어에 입력될 수 있다.
- [148] 인공 신경망의 훈련 과정에서는 실제로 측정된 현재 측정값이 입력 레이어에, 다음 측정값이 출력 레이어에 전달되어 인공 신경망의 학습 과정에 활용될 수 있다. 이때 인공 신경망의 학습 과정은 입력된 측정값들의 조합에 기반하여 출력 레이어의 다음 측정값을 예측할 수 있는 기능(function)을 학습하는 과정일 수 있다. 입력 레이어에 입력되는 데이터와 출력 레이어에 주어지는 데이터 간의 correlation이 학습되며, 이를 통하여 이론적 결과와 함께 실제 동적 충전 과정의 데이터(Real Dynamic Fueling Data)를 이용한 예측이 가능하다.
- [149] 인공 신경망을 이용한 추론 또는 출력 과정에서는 실제로 측정된 현장(on-site)

- 측정값이 입력 레이어에 전달되고, 인공 신경망의 동작에 의한 출력으로 다음 측정값에 대한 예측값이 얻어질 수 있다.
- [150] 본 발명의 실시예에서 이용되는 인공 신경망의 학습 과정은 shallow learning 및 deep learning 중 어느 것이어도 무방하며, 인공 신경망은 공지의 신경망들 중에서 본 발명의 목적에 부합하는 종류의 신경망이 채택될 수 있다.
- [151] 입력 레이어를 통하여 입력된 값들은 은닉 레이어의 가중치 기반 연산을 거치면서 출력 레이어로 전달된다.
- [152] 출력 레이어에 의하여 출력된 상태 값(다음 상태에 대한 예측 값)은 열역학적 모델의 적어도 일부를 이용하여 충전 상태 변수, 예를 들어 충전율(SOC)을 산출하는 데에 이용될 수 있다.
- [153] 본 발명의 실시예에서는 이론적 시뮬레이션 모델과 인공 신경망이 결합된 하이브리드 제어 또한 가능하므로, 적은 데이터를 이용한 학습을 통해서도 소정의 성과를 달성할 수 있으며, 경량화된 인공 신경망을 통해서도 본 발명의 목적에 부합하는 성능을 도출할 수 있다.
- [154] 피드백 제어 과정에서 도출되는 실시간 압력 증가율(PRR) 또는 압축 수소의 질량 유량(mass flow rate of compressed hydrogen, kg/s) m 은 인공 신경망의 은닉 레이어의 가중치 또는 파라미터에 영향을 미칠 수 있다.
- [155] 본 발명의 인공 신경망 기반 수소 충전 기법은, 모델을 통한 충전 결과 예측의 정확도를 향상시킬 수 있다. 이론적 시뮬레이션 결과와 함께 실제 충전 데이터를 활용할 수 있어 실시간 측정값이 반영되며, 예측 결과의 정확도를 더욱 향상시킬 수 있다.
- [156] 종래 기술의 제어 프로토콜이 개별 상황에 맞는 시뮬레이션을 통해 결과를 계산하여 예측하는 반면, 본 발명의 실시예에서는 다양한 상황에 대한 훈련 반복을 통해 정확도를 향상시키는 과정을 이용하는 차이가 있다.
- [157] 이러한 차이로 인하여 본 발명의 실시예에서는 다양한 이론값 및 실증 결과가 추가될수록 업데이트를 통하여 정확도가 점차 향상되며, 새로운 저장탱크(310) 구성이나 유량의 변화 등이 사용되는 신규 충전 프로세스가 도입되더라도 실제 데이터를 추가하여 훈련함으로써 그 기능을 모델에 업데이트할 수 있어, 다양한 모빌리티 분야에 폭넓게 적용할 수 있다.
- [158] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 인공 신경망과 지능형 메타 시스템(IMS, Integrated Meta System)을 이용하는 수소전기차(FCEV)를 위한 수소 충전 제어 과정을 도시하는 개념도이다.
- [159] 도 7을 참조하면, 지능형 메타시스템(Intelligent Meta System, IMS) (400)을 통하여 인공 신경망과 모델 예측 제어 각각 필요 정보(CHSS(310)에서 측정되거나 모델로부터 예측되는 가스 온도와 압력 등) 상호 제공, 실시간 환경변화에 따른 예냉온도 조정 등 분산된 역할을 통합 관리함으로써 효율적인 충전속도 제어를 구현할 수 있다.
- [160] 충전소(200)는 예냉 가스의 측정값(조건)을 IMS(400)에 전달할 수 있다.

- [161] 수소전기차(300)는 CHSS(310)의 측정값(조건)을 IMS(400)에 전달할 수 있다.
- [162] 본 발명의 실시예에 따라서는 IMS(400)는 디스펜서(100) 측에 배치될 수도 있고, 독립적인 제어 장치로서 구현될 수도 있다. IMS(400)는 충전소(200) 및 수소전기차(300) 측에 충전 제어를 위한 제어 명령을 전달할 수도 있는데, 이러한 구성은 도 13 내지 도 16의 실시예를 통하여 후술될 것이다.
- [163] IMS(400)는 인공 신경망(120)과 통신하고 필요에 따라 인공 신경망(120)을 제어하여 최적의 충전 결과를 도출하도록 제어 변수를 설정할 수 있다.
- [164] 인공 신경망(120)으로부터 예측된 SOC에서 다음 목표 압력 P_{target} 이 도출되고 이를 위한 제어 파라미터(PRR 또는 m)가 설정될 수 있다.
- [165] 이때 비용 함수(cost function)를 이용하여 모든 상황에서 상태 값이 제약 조건(constraints)을 충족하도록 제어 파라미터가 조절될 수 있다.
- [166] 목표 압력 P_{target} 은 예를 들어 15 °C, NWP(Normal Working Pressure) 조건에서 SOC가 95%인 경우를 기준으로 다음 제어 목표를 달성하기 위하여 도출될 수 있다.
- [167] 비용 함수에서 다루어지는 제약 조건은 예를 들면, $T_{gas} < 85\text{ °C}$, $P_{gas} < 87.5\text{ MPa}$, $SOC < 100\%$ 일 조건을 포함할 수 있다.
- [168] 지능형 메타 시스템(400)은 디스펜서(100) 측에 종속될 수도 있고, 디스펜서(100)와 독립적으로 배치될 수도 있다.
- [169] 지능형 메타 시스템(400)은 하나의 장치에 집중될 수도 있고, 디스펜서(100), 및/또는 충전소(200)를 포함하는 복수개의 하드웨어에 분산 배치될 수도 있다.
- [170] 지능형 메타 시스템(400)은 클라우드 서버의 형태로 구현될 수도 있다.
- [171] 인공 신경망(120)은 디스펜서(100) 측에 종속되는 실시예가 도시되었으나, 본 발명의 다른 실시예에 따라서는 디스펜서(100)와 독립적인 위치에 배치되어 구현될 수도 있다. 예를 들어 클라우드 시스템에 인공 신경망(120)이 배치되어 훈련되고, 유무선 통신을 통하여 디스펜서(100)를 경유한 수소 충전 제어에 활용될 수도 있다.
- [172] 또는 클라우드 시스템에 별도의 인공 신경망이 배치되어 훈련되고, 학습된 인공 신경망의 전부 또는 일부의 파라미터가 디스펜서(100)에 배치된 로컬 인공 신경망(120)에 전이되어 수소 충전 제어에 활용될 수도 있다. 이때 클라우드에서 학습된 인공 신경망과 로컬 인공 신경망(120) 사이에서는 전이 학습(transfer learning) 또는 연합 학습(federated learning)이 이용되어 파라미터가 공유될 수 있다.
- [173] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 인공 신경망 기반 수소 충전 제어 방법을 도시하는 동작 흐름도이다.
- [174] 본 발명의 일 실시예에 따른 수소전기차(FCEV)를 위한 수소 충전(hydrogen fueling) 방법은 인공 신경망 기반 수소 충전 방법으로서, 현재 상태의 측정값을 획득하는 단계(S610); 현재 상태의 측정값을 입력으로 하는 인공 신경망의 출력에 기반하여 수소 충전을 위한 충전 제어 명령을 생성하는 단계(S620); 충전

- 제어 명령에 기반하여 다음 상태 값을 획득하는 단계(S630); 및 충전 제어 명령의 실행에 따른 응답이 제약 조건을 충족하는 지 평가하는 단계(S650)를 포함한다.
- [175] 충전 제어 명령을 생성하는 단계(S620)에서는, 현재 상태의 측정값 이후의 미래 응답 각각이 모두 제약 조건을 충족하면서 설정점(Set Point)에 도달하기 위한 충전 제어 명령을 생성하는 기능을 학습한 인공 신경망의 출력에 기반하여 충전 제어 명령이 생성될 수 있다.
- [176] 충전 제어 명령을 생성하는 단계(S620)에서는, 충전 상태에 대한 비용 함수를 최소화하는 복수 개의 다음 상태 값을 예측하는 기능을 학습한 인공 신경망의 출력에 기반하여 복수 개의 다음 상태 값에 대응하는 복수 개의 제어 명령들이 생성될 수 있다.
- [177] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 인공 신경망-모델 예측 제어 기반 수소 충전 제어를 위한 인공 신경망의 훈련 과정을 도시하는 동작 흐름도이다.
- [178] 도 9에서는 인공 신경망-모델 예측 제어 기반 프리딕션 호라이즌, 및 컨트롤 호라이즌을 획득하는 기능을 학습한 인공 신경망, 특히 모델 예측 제어에 의하여 미래 응답이 설정점(Set Point)에 도달하는 과정이 최적화되도록 인공 신경망 모델(120)로부터 획득한 n 개의 미래 예측과 그에 대응하는 제어 명령들을 가정한다.
- [179] 본 발명의 실시예에서는 인공 신경망 모델(120)을 기반으로 제어시스템을 구성할 수 있으며 해당 인공 신경망 모델(120)의 정확도를 담보하여 모델 예측 제어 기반의 실시간 제어시스템을 구성할 수 있다.
- [180] 실시간 제어시스템은 미래의 충전결과를 예측하고 실제 측정값과 비교함으로써 충전 속도/압력 증가율/압력 증가 속도를 제어하는 방식으로, 시스템 로직 안에 제한사항이나 제어시간 간격, 민감도 등을 별도로 설정하여 최적값 이내에서 제어할 수 있다.
- [181] 1차적으로는 충전소(200)와 차량(300)의 실시간 데이터를 토대로 최적 제어를 진행하나 해당 시스템 운영에서 특정 이벤트 상황이 발생할 경우, 프리쿨러(210)의 예냉온도와 차량(300)의 냉각시스템을 직접 제어할 수 있는 기능을 부여하여, 수소충전 프로세스의 전체적인 효율성을 증가시킬 수 있다.
- [182] 도 9를 참조하면, 고객으로부터 특정된 SOCsp를 입력받아 제어 과정을 시작한다($t=0$, S710). 예를 들어 현재 SOC가 50%이고 SOCsp는 85%일 수 있다.
- [183] 고객이 특정된 SOCsp를 설정하지 않으면, SOCsp가 미리 설정된 디폴트 값으로 설정될 수 있다. 예를 들어 디폴트 값은 100%일 수 있다.
- [184] SOC(t)는 Tgas(t), 및 Pgas(t)의 함수로 주어지는데, 이 과정은 일반적인 동역학적 모델에 기반하여 수행될 수 있다.
- [185] 만일 현재의 SOC(t)가 SOCsp 이상이면(S720) 고객이 특정된 충전 조건이 충족되었으므로 충전 완료된 것으로 가정하고 수소 충전을 중지할 수 있다. 현재의 SOC(t)가 SOCsp보다 작으면(S720) $i=t$ 로 설정하고, 인공 신경망을 동반한 무빙(Moving) 호라이즌 프리딕션을 수행한다(S730).

- [186] 단계 S730은 인공 신경망(120) 등을 이용하여 도 4에서 도시된 모델 예측 제어에 기반한 예측을 생성함으로써 수행될 수 있다. 단계 S740에서는 얻어진 n 개의 예측이 최적화된, 의도된 목적에 부합하는 예측/제어 명령인 지를 판정할 수 있다.
- [187] 얻어진 n 개의 예측이 최적화된 예측이면 n 개의 예측 및 제어 명령에 기반하여 제어 지령 $PRR(t)$ 가 얻어지고, $PRR(t)$ 가 디스펜서(100)-저장 탱크(310)에 적용될 수 있다(S750).
- [188] 이후 시간 t 를 증가시키고 새로운 측정값 $T_{gas}(t)$, 및 $P_{gas}(t)$ 를 얻어 단계 S720의 입력으로 전달한다.
- [189] 단계 S730에서 얻어진 n 개의 예측이 최적화된 예측이 아니면 단계 S730을 다시 수행하여 새로운 n 개의 예측 및 제어 명령을 획득할 수 있다.
- [190] 도 10은 도 9의 과정의 일부를 상세하게 도시하는 개념도이다.
- [191] 도 10을 참조하면, 도 9의 단계 S730에서는 모든 임의의 i, k 에 대하여 온도 제한, 압력 제한을 충족하는 상태 예측값(T, P)이 생성될 수 있다. 이때 i 는 현재 시간을 나타내는 인덱스이고, k 는 무빙 호라이즌을 형성하는 각 예측/제어 지령들에 대응하는 인덱스이다.
- [192] 현재 시간 $i(=t)$ 를 기준으로 n 개의 상태 예측값과, 그에 따르는 제어 지령이 도출될 수 있다.
- [193] 도 11은 도 9의 과정의 일부를 상세하게 도시하는 개념도이다.
- [194] 도 11을 참조하면, 도 9의 단계 S740은 최종 제어 목표인 SOC_{sp} 에 도달하였는지와 제어민감도 Θ 를 나타내는 비용 함수를 최소화하는 n 개의 예측의 집합을 탐색하는 과정으로 이해될 수 있다. 제어민감도 Θ 는 PRR 또는 m 의 변화율 등을 포함할 수 있다.
- [195] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 인공 신경망-모델 예측 제어 기반 수소 충전 제어 과정을 도시하는 개념도이다.
- [196] 도 12를 참조하면 디스펜서(100)에는 수소 충전 제어(fueling control) 로직(110)과 인공 신경망 모델(120)이 포함될 수 있다.
- [197] 수소전기차(300)의 출력으로 $CHSS(310)$ 의 온도, 압력을 포함하는 상태 측정값이 인공 신경망 모델(120)에 피드백 입력으로 주어질 수 있다.
- [198] 수소 충전소(200)의 출력으로 예냉 수소 가스의 온도, 압력을 포함하는 상태 측정값이 인공 신경망 모델(120)에 피드백 입력으로 주어질 수 있다.
- [199] 도 9 내지 도 11의 과정을 도 12와 함께 참조하면, 인공 신경망 모델(120)은 예측된 출력(predicted output)을 수소 충전 제어 로직(110)에 전달하고, 수소 충전 제어 로직(110)은 미래 입력을 인공 신경망 모델(120)에 입력할 수 있다.
- [200] 인공 신경망-모델 예측 제어 기반 제어 과정은 시뮬레이션과 실제 측정 데이터를 함께 활용하는 제어 기법이고 인공 신경망 모델(120)을 이용하여 적어도 부분적으로 시뮬레이션을 수행하고 그 예측 결과를 제어 과정에 이용하는 제어 기법이다.

- [201] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 충전 과정을 제어하기 위한 인공 신경망 기반 통합 제어 모델을 도시하는 개념도이다.
- [202] 본 발명의 실시예는 실시간 데이터 기반의 수소충전 통합제어 프로토콜 구성을 목표하며, 해당 시스템은 다양한 요소기술들이 활용되어 구현된다.
- [203] 디스펜서(100)에 탑재되는 프로토콜은 충전소(200)에서 제공되는 예냉 수소가스의 데이터와 차량(300)에서 제공되는 저장탱크(310)의 데이터를 실시간 입력값으로 활용하여, 탑재된 모델에 의해 충전속도/압력 증가율/압력 증가속도(PRR 또는 m)를 아웃풋으로 제어할 수 있다.
- [204] 외부 환경변화 등의 이벤트 상황이 발생할 경우, 충전소(200)의 예냉 온도와 차량(300)의 냉각시스템을 직접 제어하여 충전속도/압력 증가율/압력 증가속도(PRR 또는 m)와 공정 효율성 등을 전반적으로 제어할 수 있다.
- [205] 제어 프로토콜을 보완하기 위해서, 수소충전소(200)의 예냉시스템/프리-쿨러(210)에는 자체 냉각 안정화 시스템이 독립적으로 설치될 수 있다.
- [206] 온도 안정화 측면에서 프리-쿨러(210)의 냉각 안정화 시스템은 독자적으로 제어될 수 있고, 제어의 목표값은 디스펜서(100)의 프로토콜에서 통합적으로 변경될 수 있다.
- [207] 충전소(200)의 경제성 향상 및 통합제어 프로토콜의 기능을 보완하기 위해 프리-쿨러(210)에 온도 안정화와 관련된 추가적인 기능이 부여될 수 있다.
- [208] 프리-쿨러(210)에 공급되는 수소가스의 초기 온도와 유량에 따라 예냉온도가 편차를 보이게 되고, 이를 보완하기 위해서 온도를 안정화하기 위한 신규 프리-쿨러 구조가 본 발명의 일 실시예로서 제안된다.
- [209] 본 발명의 일 실시예에 따른 프리-쿨러(210)는 자체적인 온도 제어와 프로토콜과의 연계를 위한 제어로직을 포함할 수 있다.
- [210] 차량(300)의 저장탱크(310)에는 강제냉각 시스템이 설치될 수 있고, 수소충전 시 발생하는 압축열을 일부 냉각하여 충전 속도를 향상시킬 수 있으며, 저장탱크(310)의 강제냉각 시스템의 가동/제어 역시 프로토콜에서 관여할 수 있다.
- [211] 본 발명의 일 실시예에서는 수소 충전속도 향상 및 통합제어 프로토콜의 기능을 보완하기 위해서 차량(300)의 저장탱크(310)에 온도관리 기능이 부여될 수 있다.
- [212] 본 발명의 일 실시예에서는 저장탱크(310)는 전체 충전속도 증대와 차량(300)의 안전성 향상을 위해 자체 냉각을 위한 시스템을 구성하며, 해당 시스템의 자체구동 및 프로토콜과의 연계를 위한 제어로직을 포함할 수 있다.
- [213] 본 발명의 일 실시예에서는 이러한 통합 제어를 통하여 현재의 충전 효율을 향상시킬 수 있을 뿐 아니라, 다음의 충전을 위한 준비를 원활하게 지원할 수 있다.
- [214] 도 14는 도 13의 통합 제어 모델을 위한 이벤트 기반 제어 과정을 도시하는

도면이다.

- [215] 도 14를 참조하면, 통상의 운전으로도 수소 충전이 관리 기준 이내에서 원활하게 진행되는 경우에는 디스펜서(100) 기반의 제어만으로도 목표를 달성할 수 있다.
- [216] 프리-쿨러(210)의 예냉온도가 -40°C로 설정되는 T40 경우에, 예냉온도는 목표치를 달성했지만 외기 온도가 설정치 이상으로 높고 저장탱크(310) 측의 온도 상승이 예상보다 큰 경우에 차량(300) / 저장탱크(310) 측으로 제어 신호 또는 현재 상태의 정보를 전송하여 저장탱크(310)의 자체 냉각 시스템이 구동될 수 있도록 할 수 있다.
- [217] 반대로 프리-쿨러(210)의 예냉온도가 -40°C로 설정되었지만 외부 환경과 실제 데이터를 고려할 때 과도한 냉각으로 판정되는 경우, 예냉온도의 목표값을 조절할 수 있다(예를 들어, -35°C).
- [218] 예냉 목표 온도 및 저장탱크(310) 측의 온도 제어가 추가로 필요한 경우에는 디스펜서(100)로부터 차량(300)과 충전소(200) 양쪽에 제어 정보 또는 제어 명령이 전달될 수 있다.
- [219] 본 발명의 실시예에 따르면, 차량(300)과 충전소(200)의 자체 냉각 시스템은 독립적으로 제어될 수도 있고, 디스펜서(100)에서 신호를 전송하여 제어할 수도 있다.
- [220] 도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 충전을 위한 통합 제어 방법을 도시하는 동작 흐름도이다.
- [221] 본 발명의 일 실시예에 따른 수소전기차(FCEV)를 위한 수소 충전(hydrogen fueling) 제어 방법은 수소 충전을 위한 통합 제어 방법으로서, 현재 상태의 측정값을 획득하는 단계(S810); 현재 상태의 측정값에 기반하여, 디스펜서 측에서 실행되는 제1 제어 명령 외에 수소 충전소 및 수소전기차 중 적어도 하나 이상을 위한 제2 제어 명령이 필요한 지 여부를 판정하는 단계(S830); 및 판정 결과에 따라 수소 충전소 및 수소전기차 중 적어도 하나 이상을 위한 제2 제어 명령을 생성하는 단계(S840)를 포함한다.
- [222] 수소 충전소를 위한 제2 제어 명령은 수소 충전소의 예냉 온도의 목표값을 조정하는 명령을 포함할 수 있다.
- [223] 수소전기차를 위한 제2 제어 명령은 수소전기차 측의 압축수소저장시스템(CHSS)의 냉각 명령을 포함할 수 있다.
- [224] 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 충전을 위한 통합 제어 방법은, 현재 상태의 측정값이 제약 조건을 충족하는 지 평가하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [225] 제약 조건은 수소전기차 측의 압축수소저장시스템(CHSS)(310)의 온도 및 압력 각각이 한계 온도 및 한계 압력을 초과하지 않는 것일 수 있다.
- [226] 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 충전을 위한 통합 제어 방법은, 현재 상태의 측정값에 기반하여, 디스펜서 측에서 실행되는 제1 제어 명령을 생성하는 단계(S850)를 더 포함할 수 있다.

- [227] 단계 S830은 현재 CHSS(310) 상태의 측정값과 예측값 사이의 차이를 계산하는 단계(S820)의 실행 결과에 기반하여 수행될 수 있다.
- [228] 도 16은 도 1 내지 도 15의 과정의 적어도 일부를 수행할 수 있는 일반화된 수소 충전 제어 장치, 수소 충전 제어 시스템, 또는 컴퓨팅 시스템의 예시를 도시하는 개념도이다.
- [229] 수소 충전 제어 장치는 디스펜서(100) 측에 배치될 수 있다. 수소 충전 제어 시스템은 디스펜서(100), 수소 충전소(200), 및 수소전기차(300)에 분산 배치되거나 적어도 일부에 배치되어 디스펜서(100), 수소 충전소(200), 및 수소전기차(300) 중 적어도 일부의 동작을 제어할 수 있다.
- [230] 수소 충전 제어 장치 및/또는 수소 충전 제어 시스템은 메모리(1200)와 전자적으로 연결되는 프로세서(1100)를 포함하는, 컴퓨팅 시스템의 형태로 구현될 수 있다.
- [231] 본 발명의 일 실시예에 따른 모델 예측 제어 기반 수소 충전 제어 방법, 인공지능망 기반 수소 충전 제어 방법, 및 수소 충전을 위한 통합 제어 방법의 적어도 일부의 과정은 도 16의 컴퓨팅 시스템(1000)에 의하여 실행될 수 있다.
- [232] 도 16을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨팅 시스템(1000)은, 프로세서(1100), 메모리(1200), 통신 인터페이스(1300), 저장 장치(1400), 입력 인터페이스(1500), 출력 인터페이스(1600) 및 버스(bus)(1700)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [233] 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨팅 시스템(1000)은, 적어도 하나의 프로세서(processor)(1100) 및 상기 적어도 하나의 프로세서(1100)가 적어도 하나의 단계를 수행하도록 지시하는 명령어들(instructions)을 저장하는 메모리(memory)(1200)를 포함할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따른 방법의 적어도 일부의 단계는 상기 적어도 하나의 프로세서(1100)가 상기 메모리(1200)로부터 명령어들을 로드하여 실행함으로써 수행될 수 있다.
- [234] 프로세서(1100)는 중앙 처리 장치(central processing unit, CPU), 그래픽 처리 장치(graphics processing unit, GPU), 또는 본 발명의 실시예들에 따른 방법들이 수행되는 전용의 프로세서를 의미할 수 있다.
- [235] 메모리(1200) 및 저장 장치(1400) 각각은 휘발성 저장 매체 및 비휘발성 저장 매체 중에서 적어도 하나로 구성될 수 있다. 예를 들어, 메모리(1200)는 읽기 전용 메모리(read only memory, ROM) 및 랜덤 액세스 메모리(random access memory, RAM) 중에서 적어도 하나로 구성될 수 있다.
- [236] 또한, 컴퓨팅 시스템(1000)은, 무선 네트워크를 통해 통신을 수행하는 통신 인터페이스(1300)를 포함할 수 있다.
- [237] 또한, 컴퓨팅 시스템(1000)은, 저장 장치(1400), 입력 인터페이스(1500), 출력 인터페이스(1600) 등을 더 포함할 수 있다.
- [238] 또한, 컴퓨팅 시스템(1000)에 포함된 각각의 구성 요소들은 버스(bus)(1700)에 의해 연결되어 서로 통신을 수행할 수 있다.

- [239] 본 발명의 컴퓨팅 시스템(1000)의 예를 들면, 통신 가능한 데스크탑 컴퓨터(desktop computer), 랩탑 컴퓨터(laptop computer), 노트북(notebook), 스마트폰(smart phone), 태블릿 PC(tablet PC), 모바일폰(mobile phone), 스마트 워치(smart watch), 스마트 글래스(smart glass), e-book 리더기, PMP(portable multimedia player), 휴대용 게임기, 네비게이션(navigation) 장치, 디지털 카메라(digital camera), DMB(digital multimedia broadcasting) 재생기, 디지털 음성 녹음기(digital audio recorder), 디지털 음성 재생기(digital audio player), 디지털 동영상 녹화기(digital video recorder), 디지털 동영상 재생기(digital video player), PDA(Personal Digital Assistant) 등일 수 있다.
- [240] 본 발명의 실시예에 따른 방법의 동작은 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 프로그램 또는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의해 읽힐 수 있는 정보가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 또한 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어 분산 방식으로 컴퓨터로 읽을 수 있는 프로그램 또는 코드가 저장되고 실행될 수 있다.
- [241] 또한, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 롬(rom), 램(ram), 플래시 메모리(flash memory) 등과 같이 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치를 포함할 수 있다. 프로그램 명령은 컴파일러(compiler)에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터(interpreter) 등을 사용해서 컴퓨터에 의해 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함할 수 있다.
- [242] 본 발명의 일부 측면들은 장치의 문맥에서 설명되었으나, 그것은 상응하는 방법에 따른 설명 또한 나타낼 수 있고, 여기서 블록 또는 장치는 방법 단계 또는 방법 단계의 특징에 상응한다. 유사하게, 방법의 문맥에서 설명된 측면들은 또한 상응하는 블록 또는 아이템 또는 상응하는 장치의 특징으로 나타낼 수 있다. 방법 단계들의 몇몇 또는 전부는 예를 들어, 마이크로프로세서, 프로그램 가능한 컴퓨터 또는 전자 회로와 같은 하드웨어 장치에 의해(또는 이용하여) 수행될 수 있다. 몇몇의 실시 예에서, 가장 중요한 방법 단계들의 적어도 하나 이상은 이와 같은 장치에 의해 수행될 수 있다.
- [243] 실시예들에서, 프로그램 가능한 로직 장치(예를 들어, 필드 프로그래머블 게이트 어레이)가 여기서 설명된 방법들의 기능의 일부 또는 전부를 수행하기 위해 사용될 수 있다. 실시예들에서, 필드 프로그래머블 게이트 어레이(field-programmable gate array)는 여기서 설명된 방법들 중 하나를 수행하기 위한 마이크로프로세서(microprocessor)와 함께 작동할 수 있다. 일반적으로, 방법들은 어떤 하드웨어 장치에 의해 수행되는 것이 바람직하다.
- [244] 이상 본 발명의 바람직한 실시 예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

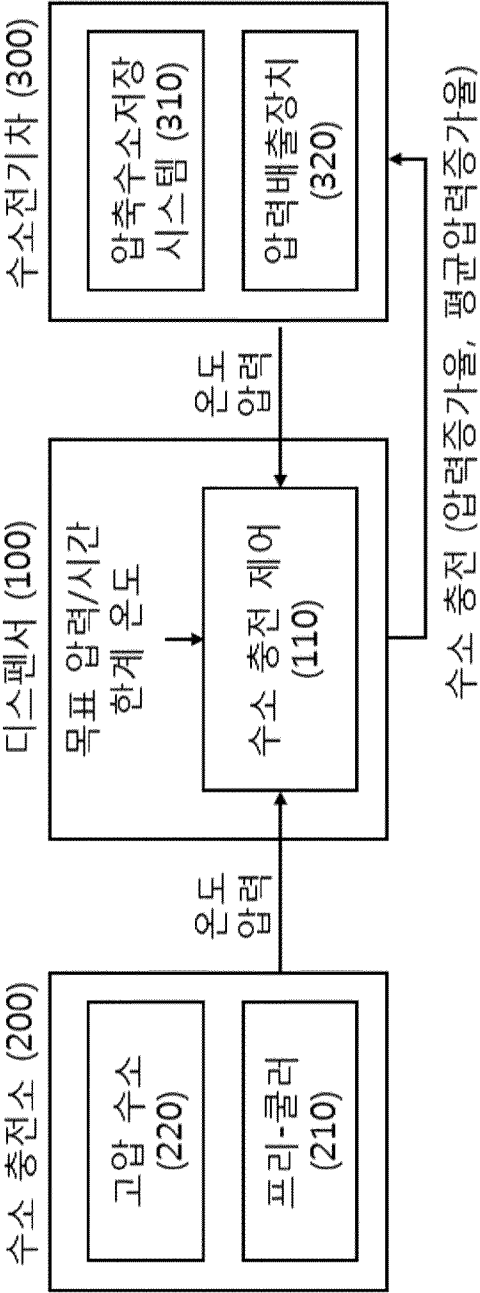
청구범위

- [청구항 1] 수소 연료 모빌리티를 위한 수소 충전(hydrogen fueling) 제어 방법으로서, 현재 상태의 측정값을 획득하는 단계;
상기 현재 상태의 측정값에 기반하여, 디스펜서 측에서 실행되는 제1 제어 명령 외에 수소 충전소 및 수소 연료 모빌리티 중 적어도 하나 이상을 위한 제2 제어 명령이 필요한 지 여부를 판정하는 단계; 및
상기 판정 결과에 따라 상기 수소 충전소 및 상기 수소 연료 모빌리티 중 적어도 하나 이상을 위한 상기 제2 제어 명령을 생성하는 단계;
를 포함하는,
수소 충전을 위한 통합 제어 방법.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 수소 충전소를 위한 상기 제2 제어 명령은
상기 수소 충전소의 예냉 온도의 목표값을 조정하는 명령을 포함하는,
수소 충전을 위한 통합 제어 방법.
- [청구항 3] 제1항에 있어서,
상기 수소 연료 모빌리티를 위한 상기 제2 제어 명령은
상기 수소 연료 모빌리티 측의 압축수소저장시스템(CHSS)의 냉각 명령을 포함하는,
수소 충전을 위한 통합 제어 방법.
- [청구항 4] 제1항에 있어서,
상기 현재 상태의 측정값이 제약 조건을 충족하는 지 평가하는 단계;
를 더 포함하는,
수소 충전을 위한 통합 제어 방법.
- [청구항 5] 제4항에 있어서,
상기 제약 조건은 상기 수소 연료 모빌리티 측의 압축수소저장시스템의 온도 및 압력 각각이 한계 온도 및 한계 압력을 초과하지 않는 것인,
수소 충전을 위한 통합 제어 방법.
- [청구항 6] 제1항에 있어서,
상기 현재 상태의 측정값에 기반하여, 상기 디스펜서 측에서 실행되는 상기 제1 제어 명령을 생성하는 단계;
를 더 포함하는,
수소 충전을 위한 통합 제어 방법.
- [청구항 7] 제6항에 있어서,
상기 제1 제어 명령은
상기 수소 충전을 위한 압력 증가율(PRR, Pressure ramp rate)에 대한 제어 명령을 포함하는,
수소 충전을 위한 통합 제어 방법.

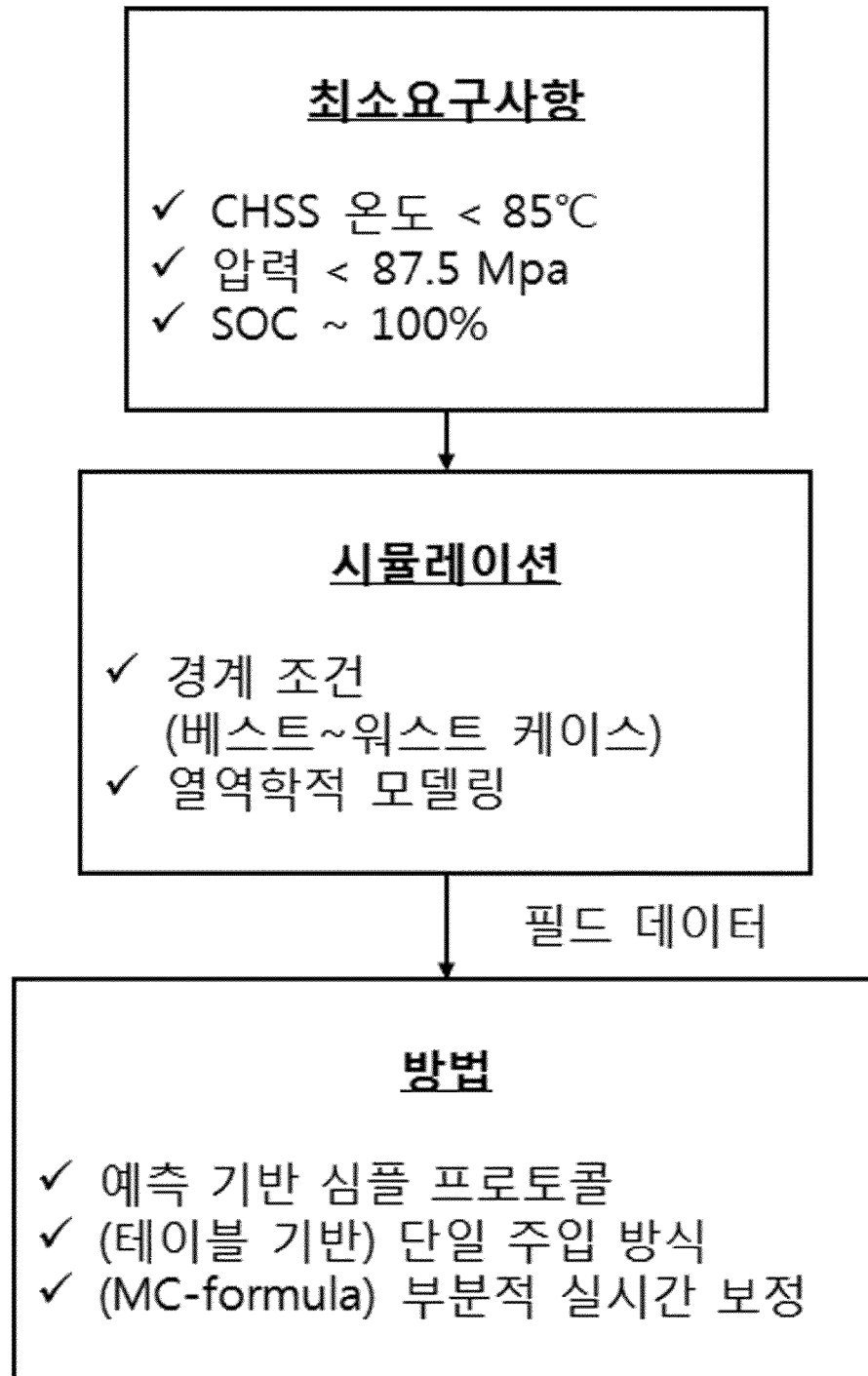
- [청구항 8] 제6항에 있어서,
상기 제1 제어 명령을 생성하는 단계는,
상기 현재 상태의 측정값에 대한 시뮬레이션 결과 및 실제 현장 데이터에
기반하여 상기 제1 제어 명령을 생성하는,
수소 충전을 위한 통합 제어 방법.
- [청구항 9] 제6항에 있어서,
상기 제1 제어 명령을 생성하는 단계는,
상기 현재 상태의 측정값에 기반한 모델 예측 제어 기법을 이용하여 상기
제1 제어 명령을 생성하는,
수소 충전을 위한 통합 제어 방법.
- [청구항 10] 제6항에 있어서,
상기 제1 제어 명령을 생성하는 단계는,
상기 현재 상태의 측정값을 입력으로 하는 인공 신경망의 출력에
기반하여 상기 제1 제어 명령을 생성하는,
수소 충전을 위한 통합 제어 방법.
- [청구항 11] 수소 연료 모빌리티를 위한 수소 충전(hydrogen fueling) 제어 장치로서,
프로세서(processor); 및
적어도 하나 이상의 명령을 저장하는 메모리(memory);
를 포함하고,
상기 프로세서는 상기 적어도 하나 이상의 명령을 실행함으로써:
현재 상태의 측정값을 획득하고,
상기 현재 상태의 측정값에 기반하여, 디스펜서 측에서 실행되는 제1
제어 명령 외에 수소 충전소 및 수소 연료 모빌리티 중 적어도 하나
이상을 위한 제2 제어 명령이 필요한 지 여부를 판정하고,
상기 판정 결과에 따라 상기 수소 충전소 및 상기 수소 연료 모빌리티 중
적어도 하나 이상을 위한 상기 제2 제어 명령을 생성하는,
수소 충전을 위한 통합 제어 장치.
- [청구항 12] 제11항에 있어서,
상기 수소 충전소를 위한 상기 제2 제어 명령은
상기 수소 충전소의 예냉 온도의 목표값을 조정하는 명령을 포함하는,
수소 충전을 위한 통합 제어 장치.
- [청구항 13] 제11항에 있어서,
상기 수소 연료 모빌리티를 위한 상기 제2 제어 명령은
상기 수소 연료 모빌리티 측의 압축수소저장시스템(CHSS)의 냉각
명령을 포함하는,
수소 충전을 위한 통합 제어 장치.
- [청구항 14] 제11항에 있어서,
상기 프로세서는,

- 상기 현재 상태의 측정값이 제약 조건을 충족하는 지 평가하는,
수소 충전을 위한 통합 제어 장치.
- [청구항 15] 제14항에 있어서,
상기 제약 조건은 상기 수소 연료 모빌리티 측의 압축수소저장시스템의
온도 및 압력 각각이 한계 온도 및 한계 압력을 초과하지 않는 것인,
수소 충전을 위한 통합 제어 장치.
- [청구항 16] 제11항에 있어서,
상기 프로세서는, 상기 현재 상태의 측정값에 기반하여, 상기 디스펜서
측에서 실행되는 상기 제1 제어 명령을 생성하는,
수소 충전을 위한 통합 제어 장치.
- [청구항 17] 제16항에 있어서,
상기 제1 제어 명령은
상기 수소 충전을 위한 압력 증가율(PRR, Pressure ramp rate)에 대한 제어
명령을 포함하는,
수소 충전을 위한 통합 제어 장치.
- [청구항 18] 제16항에 있어서,
상기 프로세서는,
상기 현재 상태의 측정값에 대한 시뮬레이션 결과 및 실제 현장 데이터에
기반하여 상기 제1 제어 명령을 생성하는,
수소 충전을 위한 통합 제어 장치.
- [청구항 19] 제16항에 있어서,
상기 프로세서는,
상기 현재 상태의 측정값에 기반한 모델 예측 제어 기법을 이용하여 상기
제1 제어 명령을 생성하는,
수소 충전을 위한 통합 제어 장치.
- [청구항 20] 제16항에 있어서,
상기 프로세서는,
상기 현재 상태의 측정값을 입력으로 하는 인공 신경망의 출력에
기반하여 상기 제1 제어 명령을 생성하는,
수소 충전을 위한 통합 제어 장치.

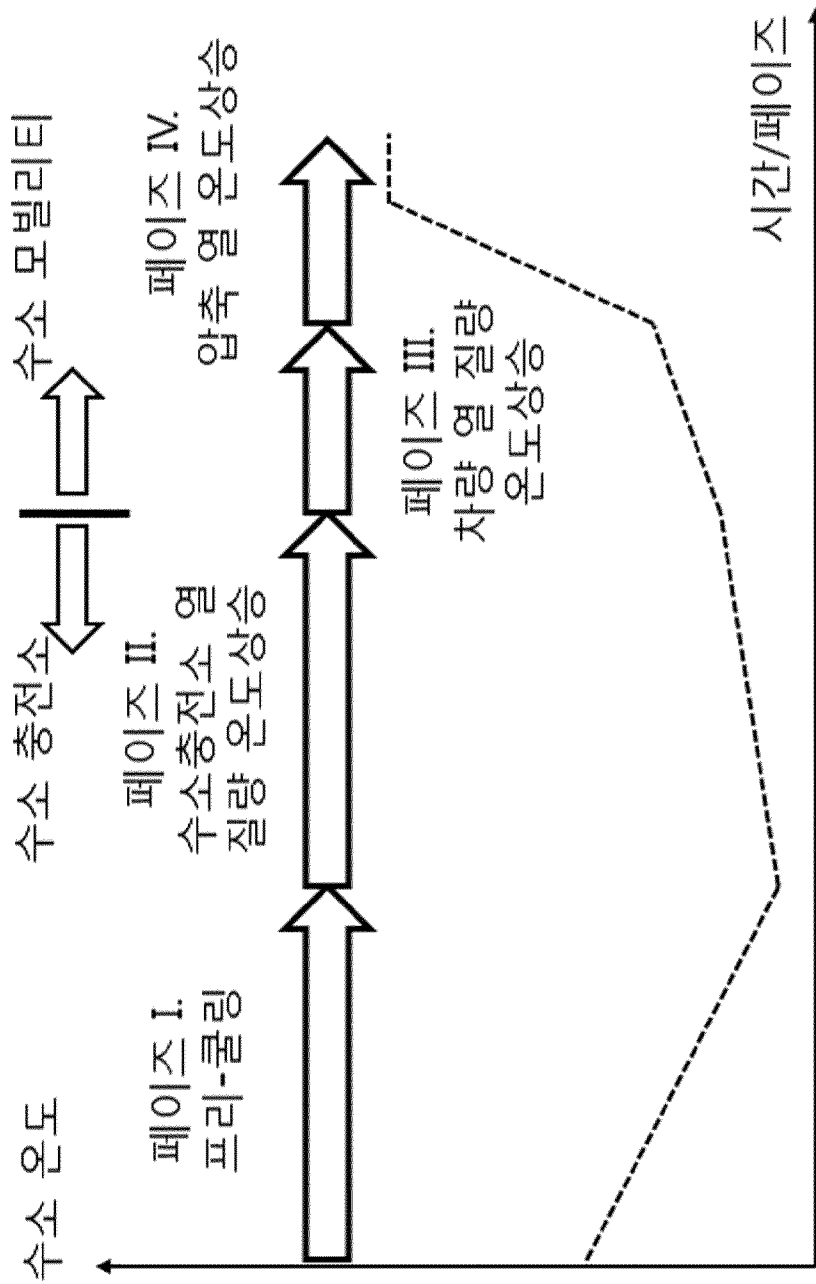
[도 1]



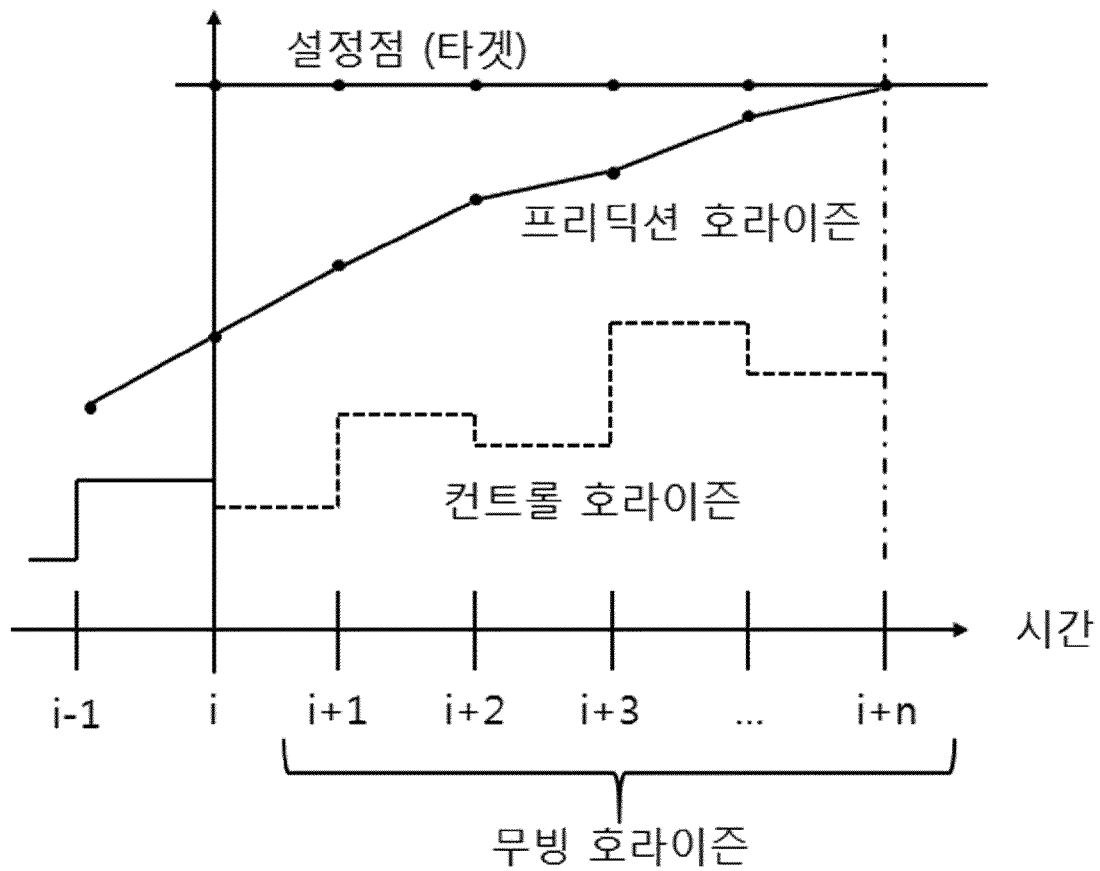
[도2]



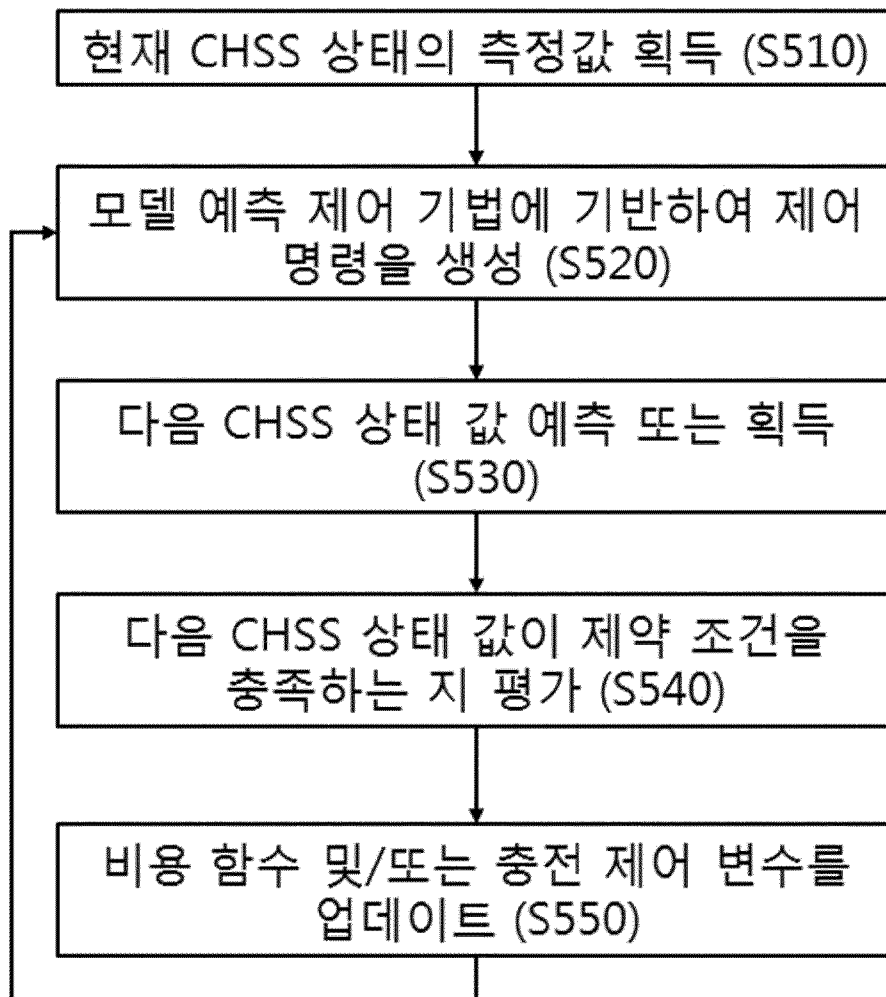
[도3]



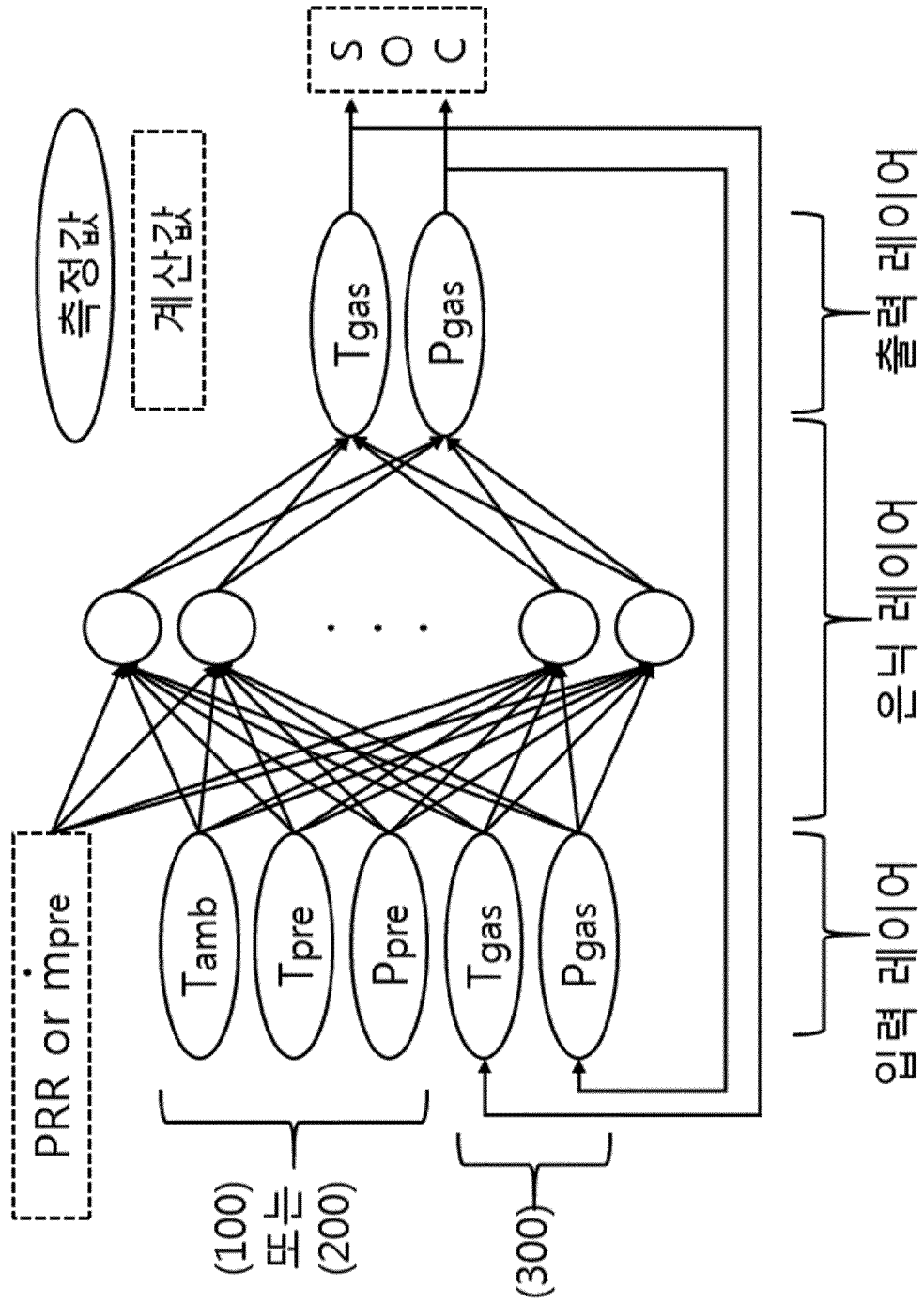
[도4]



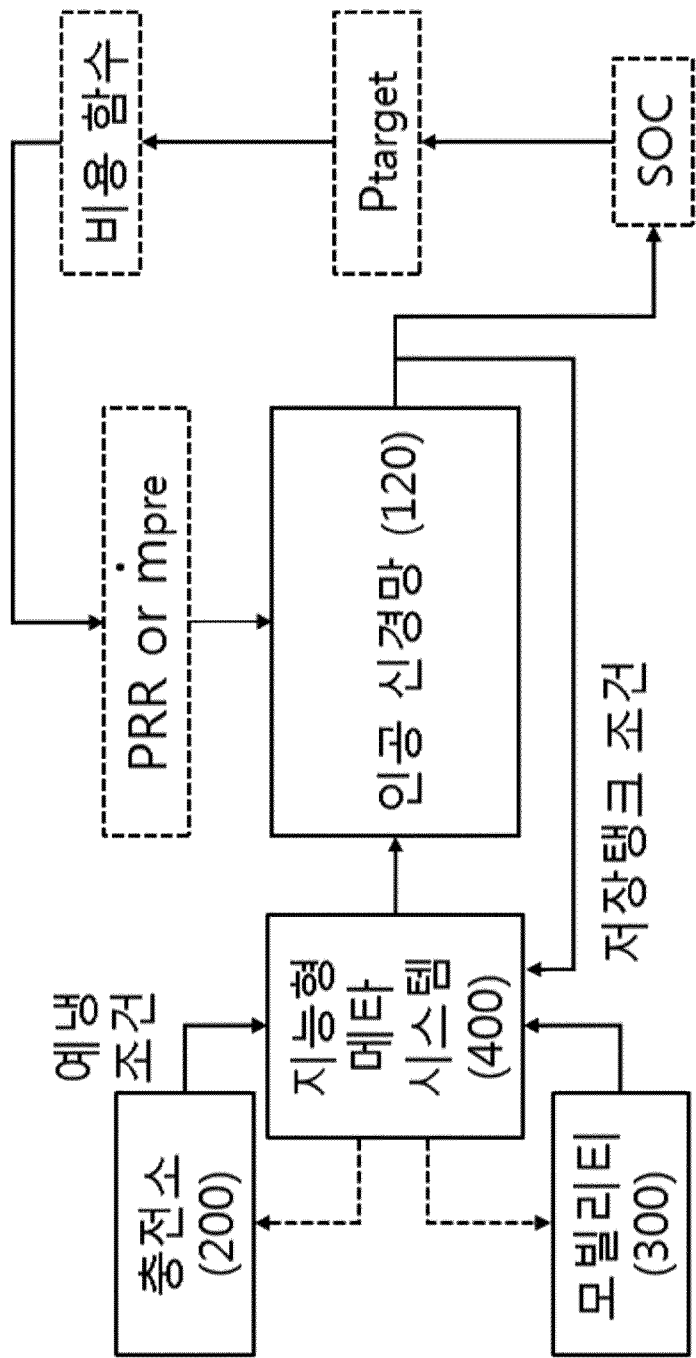
[도5]



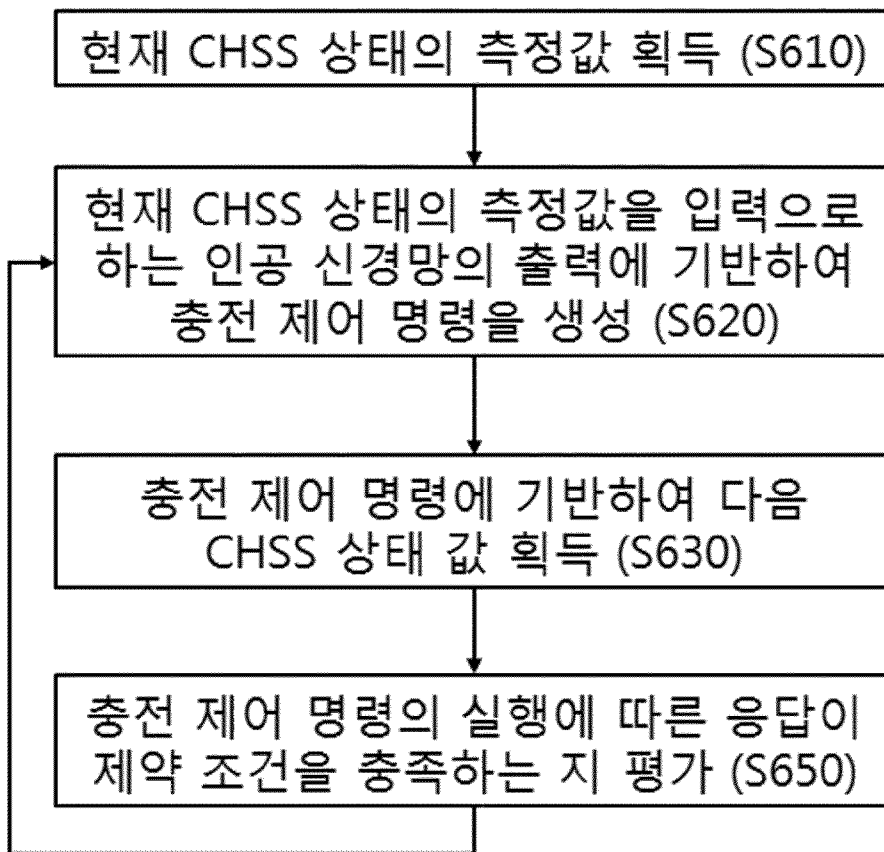
[도6]



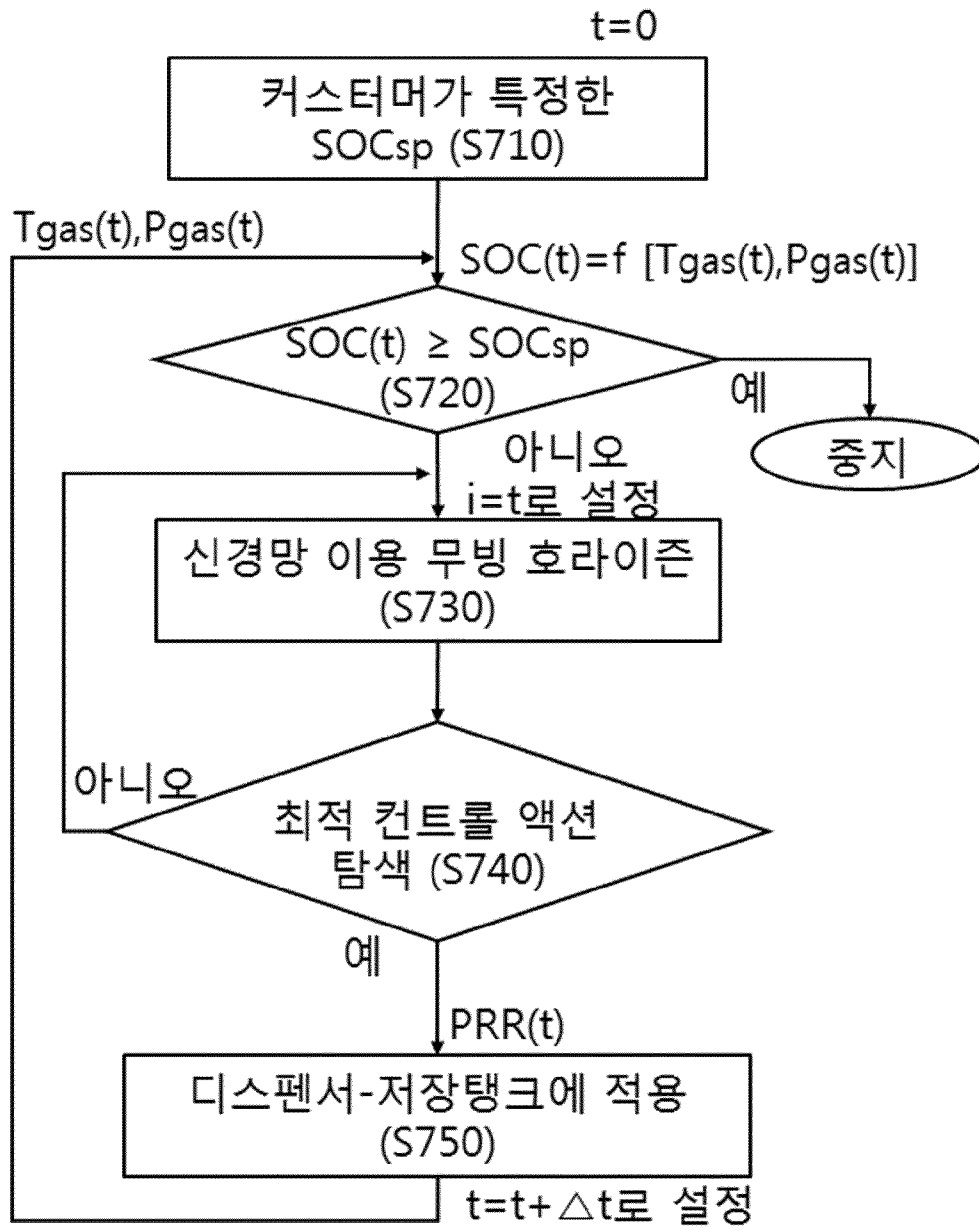
[도7]



[도8]



[도9]



[510]

S730

무엇을 하려고 하십니까?

$$T_{ANN}(i+1) \quad P_{ANN}(i+1)$$
$$SOC(i+1)=f[T_{ANN}(i+1), P_{ANN}(i+1)]$$
$$T_{ANN}(i+2) \quad P_{ANN}(i+2)$$
$$\text{SOC}(i+2)=f[\text{T}_{\text{ANN}}(i+2), \text{P}_{\text{ANN}}(i+2)]$$

● ● ● ● ●

$$T_{ANN}(i+n) \quad P_{ANN}(i+n)$$
$$SOC(i+n)=f[T_{ANN}(i+n), P_{ANN}(i+n)]$$

제약 조건

$$T_{ANN(i+k)} < T_{max}, P_{ANN(i+k)} < P_{max}, \text{ for arbitrary } i, k$$

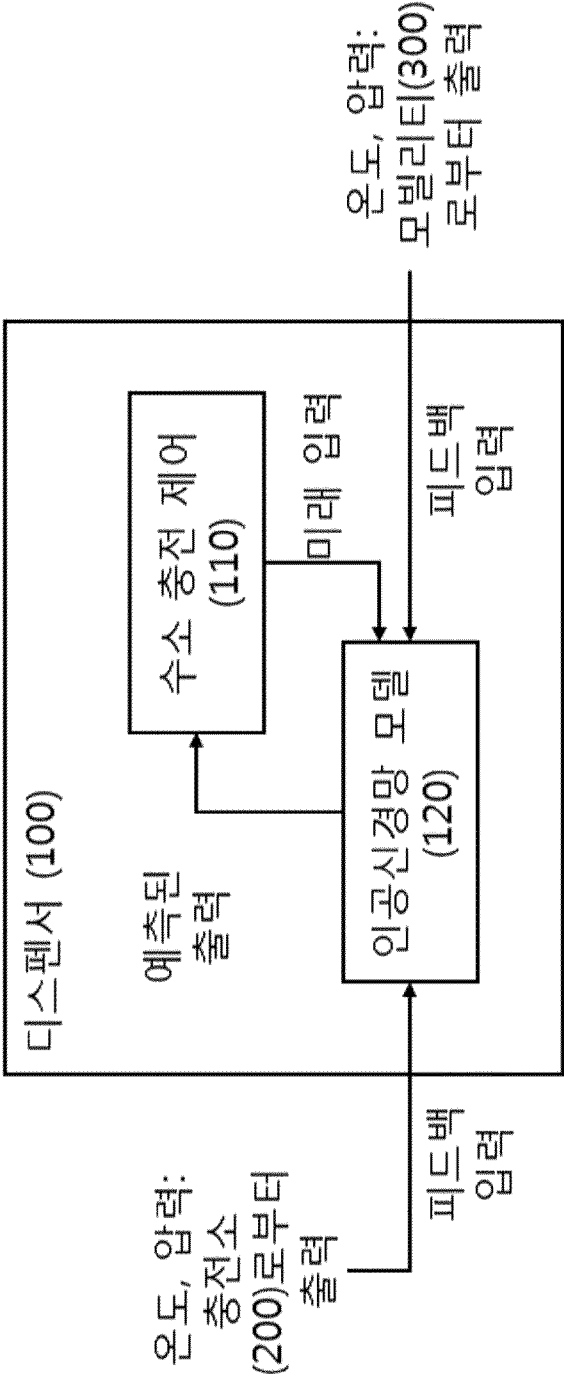
[도11]

S740

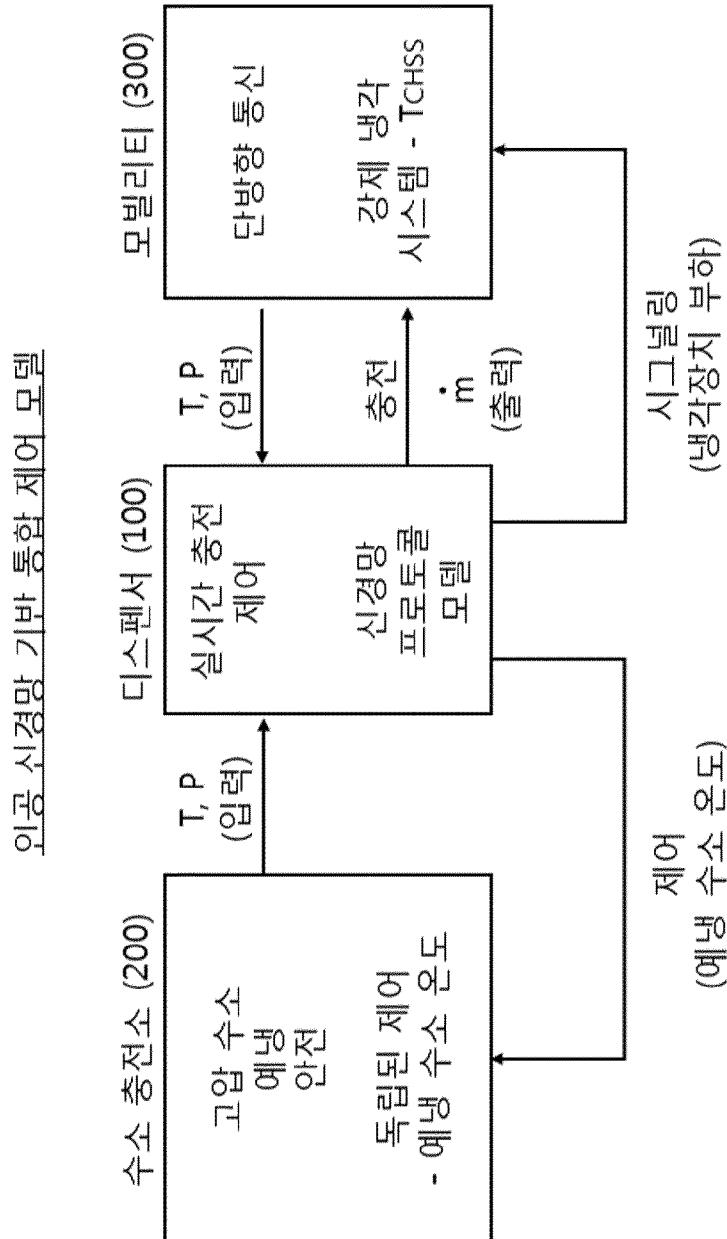
비용 함수를 최소화하는 예측 집합을 탐색:

$$\text{Min} \{ \sum_{k=1}^n (SOC_{sp} - SOC(i+k))^2 + \Theta \}$$

[도12]



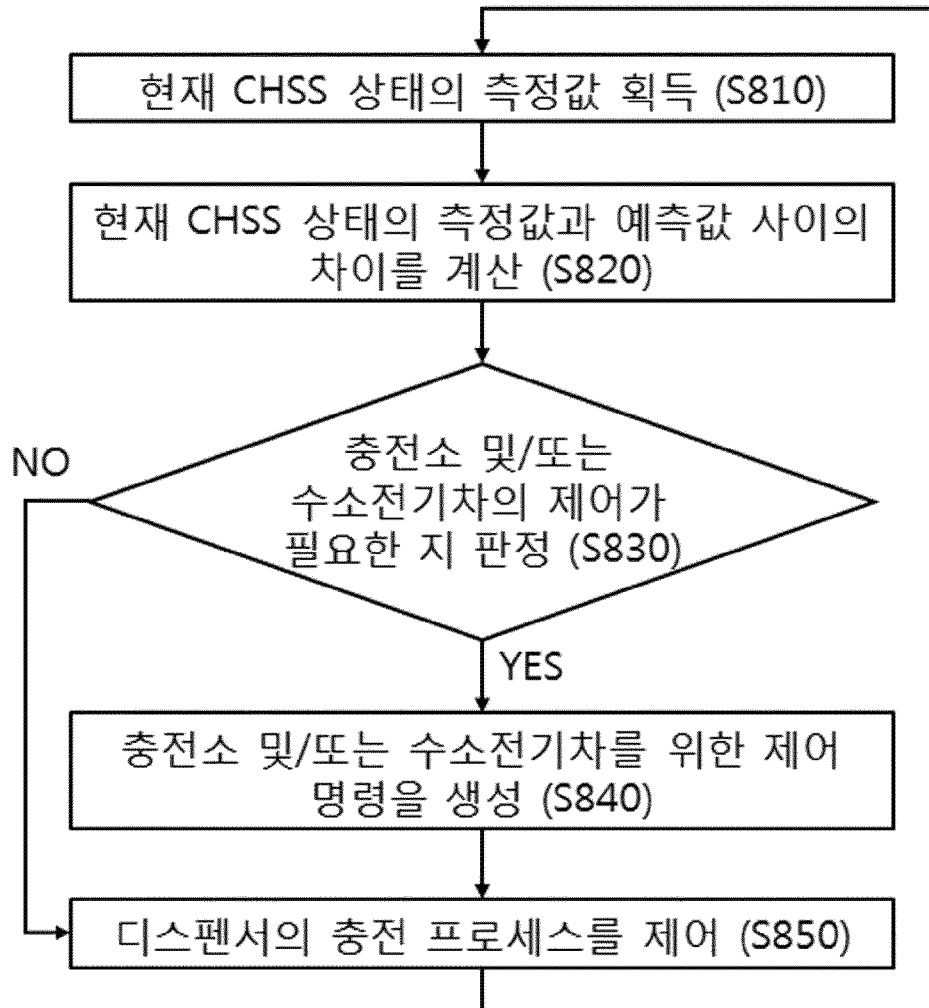
[도13]



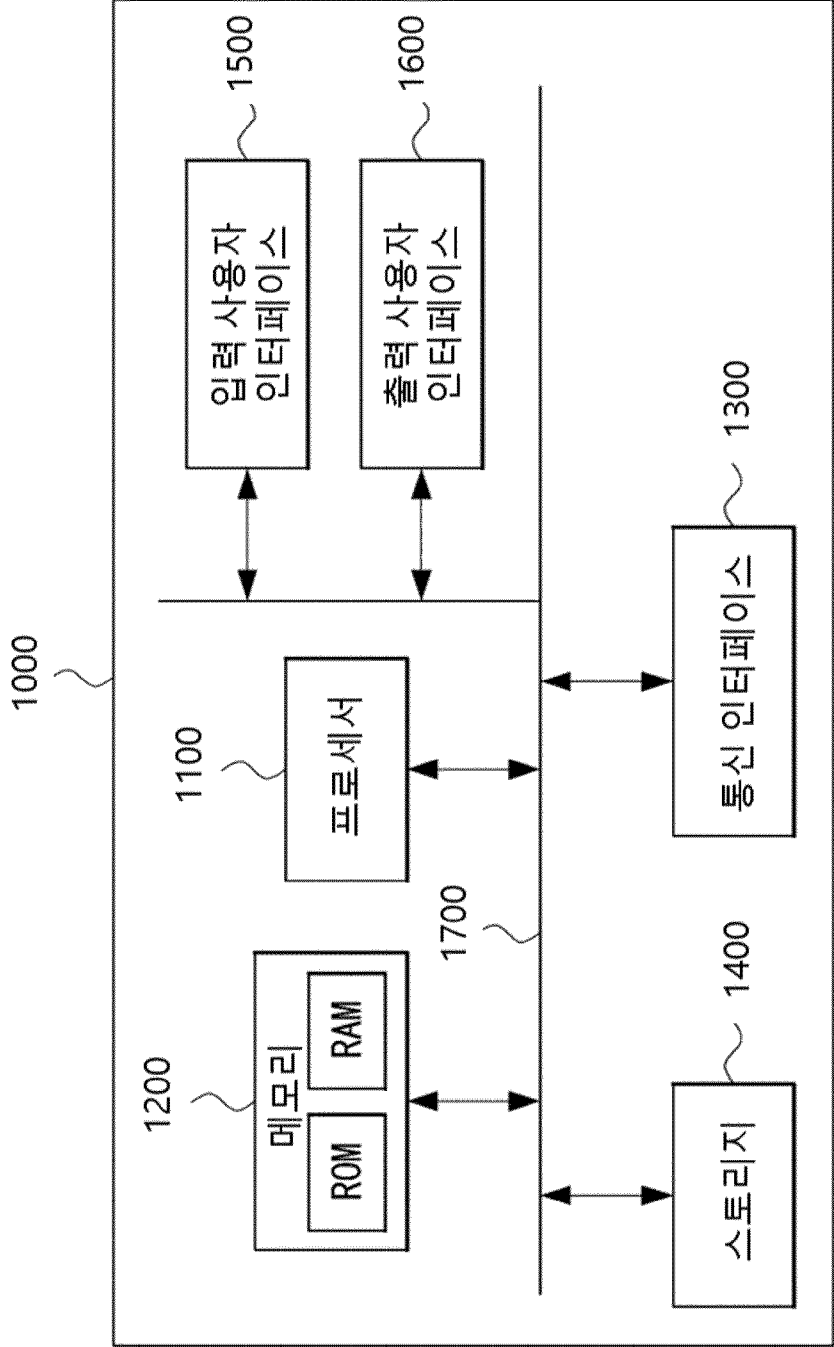
[도14]

No.	(100)-(300)	(100)-(200)	이벤트 (T40 예시)
1	X	X	충전이 관리기준 이내에서 원활하게 진행 (디폴트)
2	O	X	- 예냉온도 설정값이 -40℃일 때, ① 외부기온이 설정치 이상인 경우, ② 탱크온도 상승이 큰 경우
3	X	O	예냉온도가 과도한(과냉각) 경우, 목표값 조절
4	O	O	- No.2의 연계상황이며, - 충전 중 냉각량 조절이 필요하여 예냉 목표온도 조절이 상/하로 진행되는 경우

[도15]



[도16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2022/017177

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER F17C 5/06(2006.01)i; F17C 5/00(2006.01)i; F17C 13/02(2006.01)i; G06N 3/08(2006.01)i; G01N 3/08(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) F17C 5/06(2006.01); F17C 13/02(2006.01); F17C 5/00(2006.01); F17C 5/04(2006.01) 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: 수소(hydrogen), 충전(fueling), 제어(control), 실시간(real-time), 냉각(cooling), 압력(pressure), 온도(temperature)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KR 10-2020-0104441 A (KOREA AUTOMOTIVE TECHNOLOGY INSTITUTE) 04 September 2020 (2020-09-04) See paragraphs [0025]-[0030] and [0033].	1-2,4-5,11-12,14-15
Y		3,6-10,13,16-20
Y	KR 10-2021-0090059 A (HYOSUNG CORPORATION) 19 July 2021 (2021-07-19) See claim 8.	3,13
Y	KR 10-2021-0122622 A (MIRAE EHS-CODE RESEARCH INSTITUTE) 12 October 2021 (2021-10-12) See paragraphs [0028] and [0049] and claim 5.	6-10,16-20
A	JP 2016-169869 A (TATSUNO CORP.) 23 September 2016 (2016-09-23) See paragraphs [0019]-[0020] and figure 2.	1-20
☒ 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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 08 February 2023		Date of mailing of the international search report 09 February 2023
Name and mailing address of the ISA/KR Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208 Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2022/017177

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 211289563 U (CHONGQING NAIDE ENERGY EQUIPMENT INTEGRATION CO., LTD.) 18 August 2020 (2020-08-18) See paragraphs [0035]-[0037] and figure 1.	1-20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2022/017177

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
KR	10-2020-0104441	A	04 September 2020	KR	10-2458987	B1	27 October 2022
KR	10-2021-0090059	A	19 July 2021	KR	10-2310949	B1	08 October 2021
KR	10-2021-0122622	A	12 October 2021	CN	115210495	A	18 October 2022
				EP	3889489	A1	06 October 2021
				JP	2021-162148	A	11 October 2021
				JP	7093125	B2	29 June 2022
				KR	10-2368236	B1	03 March 2022
				US	11293595	B2	05 April 2022
				US	2021-0310616	A1	07 October 2021
				WO	2021-201519	A1	07 October 2021
JP	2016-169869	A	23 September 2016	JP	6332705	B2	30 May 2018
CN	211289563	U	18 August 2020	None			

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) F17C 5/06(2006.01)i; F17C 5/00(2006.01)i; F17C 13/02(2006.01)i; G06N 3/08(2006.01)i; G01N 3/08(2006.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) F17C 5/06(2006.01); F17C 13/02(2006.01); F17C 5/00(2006.01); F17C 5/04(2006.01) 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: 수소(hydrogen), 충전(fueling), 제어(control), 실시간(real-time), 냉각(cooling), 압력(pressure), 온도(temperature)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	KR 10-2020-0104441 A (한국자동차연구원) 2020.09.04 단락 [0025]-[0030], [0033]	1-2,4-5,11-12,14-15
Y		3,6-10,13,16-20
Y	KR 10-2021-0090059 A (주식회사 효성) 2021.07.19 청구항 8	3,13
Y	KR 10-2021-0122622 A ((주)미래기준연구소) 2021.10.12 단락 [0028], [0049] 및 청구항 5	6-10,16-20
A	JP 2016-169869 A (TATSUNO CORP.) 2016.09.23 단락 [0019]-[0020] 및 도면 2	1-20
A	CN 211289563 U (CHONGQING NAIDE ENERGY EQUIPMENT INTEGRATION CO., LTD.) 2020.08.18 단락 [0035]-[0037] 및 도면 1	1-20
☐ 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 이후에 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 2023년02월08일(08.02.2023)		국제조사보고서 발송일 2023년02월09일(09.02.2023)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578		심사관 박태욱 전화번호 +82-42-481-3405

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2020-0104441 A	2020/09/04	KR 10-2458987 B1	2022/10/27
KR 10-2021-0090059 A	2021/07/19	KR 10-2310949 B1	2021/10/08
KR 10-2021-0122622 A	2021/10/12	CN 115210495 A	2022/10/18
		EP 3889489 A1	2021/10/06
		JP 2021-162148 A	2021/10/11
		JP 7093125 B2	2022/06/29
		KR 10-2368236 B1	2022/03/03
		US 11293595 B2	2022/04/05
		US 2021-0310616 A1	2021/10/07
		WO 2021-201519 A1	2021/10/07
JP 2016-169869 A	2016/09/23	JP 6332705 B2	2018/05/30
CN 211289563 U	2020/08/18	없음	