



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0009672
(43) 공개일자 2021년01월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06Q 50/06 (2012.01) G06F 17/10 (2006.01)
G06F 30/00 (2020.01)
(52) CPC특허분류
G06Q 50/06 (2013.01)
G06F 17/10 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0086505
(22) 출원일자 2019년07월17일
심사청구일자 2019년07월17일

(71) 출원인
인천대학교 산학협력단
인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)
(72) 발명자
김지용
인천광역시 연수구 아트센터대로97번길 15, 더샵
그린워크2차 1106동 501호
한슬기
인천광역시 부평구 부개로 58 푸른마을삼부한신아
파트 102동 1402호
(74) 대리인
차준용

전체 청구항 수 : 총 10 항

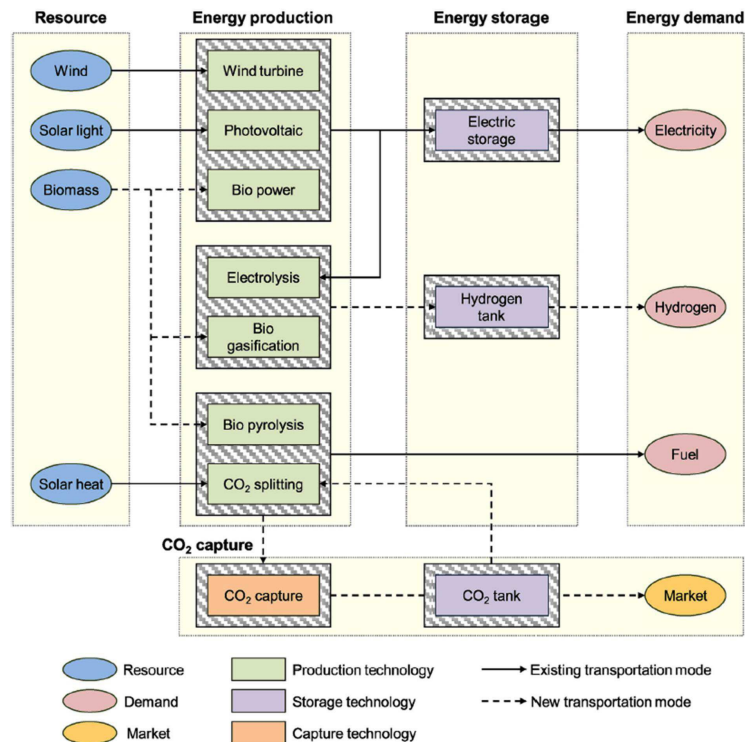
(54) 발명의 명칭 국가 단위의 복합 재생 에너지 공급 시스템 내에서 혼합 정수 선형 프로그래밍을 통해 투자 및 디자인 계획을 도출하는 방법 및 이를 수행하는 서버

(57) 요약

컴퓨팅 시스템 상에서 복합 재생 에너지 공급 시스템의 동작과 관련된 시뮬레이션을 수행하는 방법이 도시된다. 복합 재생 에너지 공급 시스템에 대한 시뮬레이션 수행 방법은, 분석 대상으로 선정된 특정 지역을 복수의 세부 지역으로 분류하고, 분석 기간으로 설정된 기간을 임의의 시간 간격으로 나누어 분류하는 단계; 에너지원과 관련

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



된 세율, 할인율, 금리, 자본 비용 계수 중 적어도 하나를 포함하는 경제 요소 정보를 수집하는 단계; 상기 분석 기간으로 설정된 기간에 대한 에너지 수요 정보를 수집하는 단계; 상기 복수의 세부 지역에 대해서, 자원 보유 현황, 토지 비용, 세부 지역 간의 거리 중 적어도 하나를 포함하는 지역 정보를 수집하는 단계; 에너지 전환 효율성, 에너지 저장 용량, 시설의 수명, 투자 비용, 운영 비용 중 적어도 하나를 포함하는 기술경제 요소 정보를 수집하는 단계; 및 수집된 경제 요소 정보, 에너지 수요 정보, 지역 정보 및 기술경제 요소 정보를 기초로 하여, NPV(Net Present Value: 현재 순가치)가 최대가 되도록 하는 TNF(Total Net Flow: 순 현금 흐름)를 계산하는 단계를 포함하여 구성될 수 있다.

(52) CPC특허분류

G06F 30/00 (2020.01)

Y04S 10/50 (2020.08)

Y04S 40/20 (2020.08)

명세서

청구범위

청구항 1

컴퓨팅 시스템 상에서, 복합 재생 에너지 공급 시스템의 동작과 관련된 시뮬레이션을 수행하는 방법에 있어서, 분석 대상으로 선정된 특정 지역을 복수의 세부 지역으로 분류하고, 분석 기간으로 설정된 기간을 임의의 시간 간격으로 나누어 분류하는 단계;

에너지원과 관련된 세율, 할인율, 금리, 자본 비용 계수 중 적어도 하나를 포함하는 경제 요소 정보를 수집하는 단계;

상기 분석 기간으로 설정된 기간에 대한 에너지 수요 정보를 수집하는 단계;

상기 복수의 세부 지역에 대해서, 자원 보유 현황, 토지 비용, 세부 지역 간의 거리 중 적어도 하나를 포함하는 지역 정보를 수집하는 단계;

에너지 전환 효율성, 에너지 저장 용량, 시설의 수명, 투자 비용, 운영 비용 중 적어도 하나를 포함하는 기술경제 요소 정보를 수집하는 단계; 및

수집된 경제 요소 정보, 에너지 수요 정보, 지역 정보 및 기술경제 요소 정보를 기초로 하여, NPV(Net Present Value: 현재 순가치)가 최대가 되도록 하는 TNF(Total Net Flow: 순 현금 흐름)를 계산하는 단계를 포함하는, 복합 재생 에너지 공급 시스템에 대한 시뮬레이션 수행 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 에너지 수요 정보는,

전기, 수소 및 액체 연료 각각에 대한 에너지 수요 정보를 포함하는 것인, 복합 재생 에너지 공급 시스템에 대한 시뮬레이션 수행 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 NPV가 최대가 되도록 하는 TNF를 계산하는 단계는,

혼합 정수 선형 프로그래밍(MILP: Mixed Integer Linear Programming)을 통해 수행되는 것을 특징으로 하는, 복합 재생 에너지 공급 시스템에 대한 시뮬레이션 수행 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 NPV가 최대가 되도록 하는 TNF를 계산하는 단계는,

다음과 같은 수학적식을 활용하는 것을 특징으로 하는, 복합 재생 에너지 공급 시스템에 대한 시뮬레이션 수행 방법.

$$\max NPV = \sum_{t \in T} \frac{TNF_t(1 - \Omega) + \Lambda}{(1 + r)^{t-1}}$$

(Ω = 세율, Λ = 감가상각률, r = 금리)

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 TNF는 다음과 같은 수학적식들을 통해 계산되는 것을 특징으로 하는, 복합 재생 에너지 공급 시스템에 대한 시뮬레이션 수행 방법.

$$TNF_t = TB_t - TC_t$$

$$TB_t = TSP_t + TSC_t + TBC_t$$

$$TC_t = FIC_t + TIC_t + FOC_t + TOC_t + TFC_t + TLC_t$$

(TB = 총 이익, TC = 총 비용, TSP = 에너지 판매 이익, TSC = 시설의 잔존가액, TBC = CO₂ 판매 이익, FIC = 시설 투자 비용, TIC = 운송 투자 비용, FOC = 시설 운영 비용, TOC = 운송 운영 비용, TFC = 공급 원료 비용, TLC = 토지 비용)

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 TSP의 계산은 다음과 같은 수학적식을 통해 계산되는 것을 특징으로 하는, 복합 재생 에너지 공급 시스템에 대한 시뮬레이션 수행 방법.

$$TSP_t = \sum_{i \in I^E \cup I^H \cup I^F} \sum_{j \in J^{EP} \cup J^{HP} \cup J^{FP}} \sum_{g \in G} \phi_i P_{ijgt}$$

(I^E = 전기, I^H = 수소, I^F = 액체 연료, J^{EP} = 전기 생산 시설, J^{HP} = 수소 생산 시설, J^{FP} = 액체 연료 생산 시설, G = 지역, Φ = 판매 가격, P_{ijgt} = t 기간 동안 g 지역의 j 시설로부터 생산된 i의 양)

청구항 7

제6항에 있어서,

풍력을 통한 전력 생산에 관한 P_{ijgt} 계산은 다음과 같은 수학적식을 통해 계산되는 것을 특징으로 하는, 복합 재생 에너지 공급 시스템에 대한 시뮬레이션 수행 방법.

$$P_{ijgt} = \frac{1}{2} Cp(v_t) \rho_h \beta_j v_{gt}^3 \eta_j N_{ijgt}$$

($Cp(v_t)$ = 전력 계수, ρ_h = h 높이에서의 공기 밀도, β_j = 블레이드가 스윙하는 영역, v_{gt} = t 시각에 g 지역의 풍속, η_j = 전력 생산 효율, N_{ijgt} = t 기간 동안 g 지역에 설치된 풍력 터빈의 개수)

청구항 8

제6항에 있어서,

바이오매스를 통한 전력 생산에 관한 P_{ijgt} 계산은 다음과 같은 수학적식을 통해 계산되는 것을 특징으로 하는, 복합 재생 에너지 공급 시스템에 대한 시뮬레이션 수행 방법.

$$P_{ijgt} = \sum_{i \in I^B} \sum_{l \in L^B} \sum_{g' \in G} \left\{ \mu_i - \xi_i \left(\frac{\gamma_i - o_i}{1 - o_i} \right) \right\} \eta_j (1 - \theta_j) Q_{ijlg'gt} N_{ijgt}$$

(μ_i = 바이오매스의 HHV(High heating value: 고위발열량, ξ_i = 바이오매스 건조에 필요한 에너지량, γ_i = 바이오매스의 수분 함량, o_i = 바이오매스를 건조시킬 타겟 수분 함량, θ_j = 기생 인자, $Q_{ijlg'gt} = t$ 기간 동안 1 운송 모드를 통해 g' 지역에서 g 지역의 j 생산 시설로 운송되는 바이오매스의 운송 속도)

청구항 9

제5항에 있어서,

상기 TIC의 계산은 다음과 같은 수학적식들을 통해 계산되는 것을 특징으로 하는, 복합 재생 에너지 공급 시스템에 대한 시뮬레이션 수행 방법.

$$TIC_t = \sum_{l \in L} \alpha_j \psi_j N_{lt}$$

$$N_{lt} = \sum_{i \in I^B} \sum_{U \in U^B} \sum_{U' \in U^C} \sum_{j \in J} \sum_{g \in G} \sum_{g' \in G} \frac{Q_{i(j)lg'gt}}{\zeta_t \delta_l \chi_l} \left(\frac{2\kappa_{gg'}}{\phi_l} + \lambda_l \right)$$

($\zeta_t = t$ 기간 내의 날짜수, $\delta_l = 1$ 운송 모드의 이용가능률, $\chi_l = 1$ 운송 모드의 용량, $\kappa_{gg'} = g$ 와 g' 간의 운송 거리, $\phi_l = 1$ 운송 모드의 평균 속도, $\lambda_l = 1$ 운송모드에서 적재 / 하역에 대한 소요 시간, $Q_{i(j)lg'gt} = t$ 시간 동안 1 운송 모드를 통해 g' 지역에서 g 지역의 j 시설로 에너지 또는 바이오매스가 운송되는 속도)

청구항 10

복합 재생 에너지 공급 시스템의 동작과 관련된 시뮬레이션을 수행하는 관리 서버에 있어서,

분석 대상으로 선정된 특정 지역을 복수의 세부 지역으로 분류하고, 분석 기간으로 설정된 기간을 임의의 시간 간격으로 나누어 분류하는 분석 준비 수행부;

에너지원과 관련된 세율, 할인율, 금리, 자본 비용 계수 중 적어도 하나를 포함하는 경제 요소 정보를 수집하는 경제 요소 관리부;

상기 분석 기간으로 설정된 기간에 대한 에너지 수요 정보를 수집하는 에너지 수요 관리부;

상기 복수의 세부 지역에 대해서, 자원 보유 현황, 토지 비용, 세부 지역 간의 거리 중 적어도 하나를 포함하는 지역 정보를 수집하는 지역 정보 관리부;

에너지 전환 효율성, 에너지 저장 용량, 시설의 수명, 투자 비용, 운영 비용 중 적어도 하나를 포함하는 기술경제 요소 정보를 수집하는 기술경제 요소 관리부; 및

수집된 경제 요소 정보, 에너지 수요 정보, 지역 정보 및 기술경제 요소 정보를 기초로 하여, NPV(Net Present Value: 현재 순가치)가 최대가 되도록 하는 TNF(Total Net Flow: 순 현금 흐름)를 계산하는 시뮬레이션 수행부를 포함하는, 관리 서버.

발명의 설명

기술 분야

본 발명의 다양한 실시예는 국가 단위의 복합 재생 에너지 공급 시스템 내에서 혼합 정수 선형 프로그래밍을 통해 투자 및 디자인 계획을 도출하는 기술에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 화석 연료의 고갈과 화석 연료의 사용이 환경에 미치는 영향에 대한 우려로 인해 재생 에너지원의 사용에 의존하는 지속 가능한 에너지 시스템에 대한 연구가 점차 각광받고 있다.
- [0003] 재생 에너지 생산 시설과 시스템과 관련된 시장 규모는 계속하여 성장하고 있으며, 이와 관련한 대규모 투자들 또한 계속해서 이루어지고 있다.
- [0004] 재생 에너지를 주된 에너지원으로 하는 에너지 공급 시스템은 화석 연료를 메인으로 하는 에너지 공급 시스템과 비교하였을 때에, 환경적인 부분과 에너지 안보의 측면에서 이점이 존재한다.
- [0005] 다만, 재생 에너지를 기반으로 한 공급 시스템을 성공적으로 구현하기에는 우선적으로 해결되어야 할 장애물들이 존재하였다. 기존에 존재하던 기반 시설과의 통합뿐 아니라, 에너지를 생산하고 저장하고 운송할 새로운 기반 시설의 확충도 필요하였을뿐 아니라, 재생 에너지가 간헐적으로만 이용 가능하다는 점도 문제가 될 수 있었다.
- [0006] 따라서, 이와 같은 문제점들을 분석하고자, 신재생 에너지원과 관련된 다양한 연구가 진행되었다. 다만, 연구들은 풍력 발전, 태양력 발전 또는 바이오매스와 같이 각각의 에너지원에 대한 분석에 초점을 맞추거나, 이를 통해 발생하는 에너지의 종류인 전기, 수소 또는 액체 연료 중 하나에 대한 분석에 초점을 맞춘 경우가 대부분이었다. 따라서, 이와 같은 연구들은 투자 시기 결정, 에너지 생산 계획 최적화 또는 설비의 건설 위치 결정 등과 같은 세부적인 주제를 개별적으로 다루어왔다.
- [0007] 이와 같은 환경에서, 어떤 기술을 선택할 것인지, 시설의 설치 장소는 어디가 적합할 것인지, 투자는 어떤 타이밍에 진행되는 것이 최적인지 등을 종합적으로 결정할 수 있는 종합적인 의사 결정 접근 방식이 필요하였다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1993421호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명의 다양한 실시예는 복합 재생 에너지 공급 시스템의 동작과 관련된 시뮬레이션을 수행하는 것을 그 목적으로 한다.
- [0010] 본 발명의 다양한 실시예는 수집된 정보들을 기초로 하여 경제적 효율이 최대인 형태로 결과가 도출되기 위한 에너지 관련 시설에 대한 투자 타이밍, 설치 위치 등에 대한 정보를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.
- [0011] 본 발명이 해결하고자 하는 과제들은 이상에서 언급된 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0012] 상술한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 다양한 실시예에 중 하나에 따르면, 컴퓨팅 시스템 상에서 수행되는 복합 재생 에너지 공급 시스템에 대한 시뮬레이션 수행 방법은, 분석 대상으로 선정된 특정 지역을 복수의 세부 지역으로 분류하고, 분석 기간으로 설정된 기간을 임의의 시간 간격으로 나누어 분류하는 단계; 에너지원과 관련된 세율, 할인율, 금리, 자본 비용 계수 중 적어도 하나를 포함하는 경제 요소 정보를 수집하는 단계; 상기 분석 기간으로 설정된 기간에 대한 에너지 수요 정보를 수집하는 단계; 상기 복수의 세부 지역에 대해서, 자원 보유 현황, 토지 비용, 세부 지역 간의 거리 중 적어도 하나를 포함하는 지역 정보를 수집하는 단계; 에너지 전환 효율성, 에너지 저장 용량, 시설의 수명, 투자 비용, 운영 비용 중 적어도 하나를 포함하는 기술경제 요소 정보를 수집하는 단계; 및 수집된 경제 요소 정보, 에너지 수요 정보, 지역 정보 및 기술경제 요소 정보를 기초로 하여, NPV(Net Present Value: 현재 순가치)가 최대가 되도록 하는 TNF(Total Net Flow: 순 현금 흐름)를 계산하는 단계를 포함하여 구성될 수 있다.

[0013] 상기 에너지 수요 정보는, 전기, 수소 및 액체 연료 각각에 대한 에너지 수요 정보를 포함할 수 있다.

[0014] 상기 NPV가 최대가 되도록 하는 TNF를 계산하는 단계는, 혼합 정수 선형 프로그래밍(MILP: Mixed Integer Linear Programming)을 통해 수행되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0015] 상기 NPV가 최대가 되도록 하는 TNF를 계산하는 단계는, 다음과 같은 수학적식을 활용하는 것을 특징으로 할 수 있다.

$$\text{maxNPV} = \sum_{t \in T} \frac{TNF_t(1 - \Omega) + \Lambda}{(1 + r)^{t-1}}$$

[0016] (Ω = 세율, Λ = 감가상각률, r = 금리)

[0018] 상기 TNF는 다음과 같은 수학적식들을 통해 계산되는 것을 특징으로 할 수 있다.

$$TNF_t = TB_t - TC_t$$

$$TB_t = TSP_t + TSC_t + TBC_t$$

$$TC_t = FIC_t + TIC_t + FOC_t + TOC_t + TFC_t + TLC_t$$

[0022] (TB = 총 이익, TC = 총 비용, TSP = 에너지 판매 이익, TSC = 시설의 잔존가액, TBC = CO₂ 판매 이익, FIC = 시설 투자 비용, TIC = 운송 투자 비용, FOC = 시설 운영 비용, TOC = 운송 운영 비용, TFC = 공급 원료 비용, TLC = 토지 비용)

[0023] 상기 TSP의 계산은 다음과 같은 수학적식을 통해 계산되는 것을 특징으로 할 수 있다.

$$TSP_t = \sum_{i \in I^E \cup I^H \cup I^F} \sum_{j \in J^{EP} \cup J^{HP} \cup J^{FP}} \sum_{g \in G} \phi_i P_{ijgt}$$

[0025] (I^E = 전기, I^H = 수소, I^F = 액체 연료, J^{EP} = 전기 생산 시설, J^{HP} = 수소 생산 시설, J^{FP} = 액체 연료 생산 시설, G = 지역, Φ = 판매 가격, P_{ijgt} = t 기간 동안 g 지역의 j 시설로부터 생산된 i의 양)

[0026] 풍력을 통한 전력 생산에 관한 P_{ijgt} 계산은 다음과 같은 수학적식을 통해 계산되는 것을 특징으로 할 수 있다.

$$P_{ijgt} = \frac{1}{2} Cp(v_t) \rho_h \beta_j v_{gt}^3 \eta_j N_{ijgt}$$

[0028] ($Cp(v_t)$ = 전력 계수, ρ_h = h 높이에서의 공기 밀도, β_j = 블레이드가 스윙하는 영역, v_{gt} = t 시각에 g 지역의 풍속, η_j = 전력 생산 효율, N_{ijgt} = t 기간 동안 g 지역에 설치된 풍력 터빈의 개수)

[0029] 바이오매스를 통한 전력 생산에 관한 P_{ijgt} 계산은 다음과 같은 수학적식을 통해 계산되는 것을 특징으로 할 수 있다.

$$P_{ijgt} = \sum_{i \in I^B} \sum_{l \in L^B} \sum_{g' \in G} \left\{ \mu_i - \xi_i \left(\frac{\gamma_i - o_i}{1 - o_i} \right) \right\} \eta_j (1 - \theta_j) Q_{ijlg'gt} N_{ijgt}$$

[0031] (μ_i = 바이오매스의 HHV(High heating value: 고위발열량, ξ_i = 바이오매스 건조에 필요한 에너지량, γ_i = 바이오매스의 수분 함량, o_i = 바이오매스를 건조시킬 타겟 수분 함량, θ_j = 기생 인자, $Q_{ijlg'gt}$ = t 기간 동안 l 운송 모드를 통해 g' 지역에서 g 지역의 j 생산 시설로 운송되는 바이오매스의 운송 속도)

[0032] 상기 TIC의 계산은 다음과 같은 수학적식들을 통해 계산되는 것을 특징으로 할 수 있다.

$$TIC_t = \sum_{l \in L} \alpha_j \psi_j N_{lt}$$

$$N_{lt} = \sum_{i \in I^H} \sum_{U \in U^B} \sum_{U' \in U^C} \sum_{j \in J} \sum_{g \in G} \sum_{g' \in G} \frac{Q_{i(j)lgg't}}{\zeta_t \delta_i \chi_l} \left(\frac{2\kappa_{gg'}}{\phi_l} + \lambda_l \right)$$

[0034]

[0035]

($\zeta_t = t$ 기간 내의 날짜수, $\delta_l = 1$ 운송 모드의 이용가능률, $\chi_l = 1$ 운송 모드의 용량, $\kappa_{gg'} = g$ 와 g' 간의 운송 거리, $\phi_l = 1$ 운송 모드의 평균 속도, $\lambda_l = 1$ 운송모드에서 적재 / 하역에 대한 소요 시간, $Q_{i(j)lgg't} = t$ 시간 동안 1 운송 모드를 통해 g' 지역에서 g 지역의 j 시설로 에너지 또는 바이오매스가 운송되는 속도)

[0036]

본 발명의 다른 실시예에 따르면, 복합 재생 에너지 공급 시스템의 동작과 관련된 시뮬레이션을 수행하는 관리 서버는, 분석 대상으로 선정된 특정 지역을 복수의 세부 지역으로 분류하고, 분석 기간으로 설정된 기간을 임의의 시간 간격으로 나누어 분류하는 분석 준비 수행부; 에너지원과 관련된 세율, 할인율, 금리, 자본 비용 계수 중 적어도 하나를 포함하는 경제 요소 정보를 수집하는 경제 요소 관리부; 상기 분석 기간으로 설정된 기간에 대한 에너지 수요 정보를 수집하는 에너지 수요 관리부; 상기 복수의 세부 지역에 대해서, 자원 보유 현황, 토지 비용, 세부 지역 간의 거리 중 적어도 하나를 포함하는 지역 정보를 수집하는 지역 정보 관리부; 에너지 전환 효율성, 에너지 저장 용량, 시설의 수명, 투자 비용, 운영 비용 중 적어도 하나를 포함하는 기술경제 요소 정보를 수집하는 기술경제 요소 관리부; 및 수집된 경제 요소 정보, 에너지 수요 정보, 지역 정보 및 기술경제 요소 정보를 기초로 하여, NPV(Net Present Value: 현재 순가치)가 최대가 되도록 하는 TNF(Total Net Flow: 순 현금 흐름)를 계산하는 시뮬레이션 수행부를 포함하여 구성될 수 있다.

발명의 효과

[0037]

본 발명의 실시예에 따르면, 의사결정자는 각각의 에너지 관련 시설의 비율을 어떠한 기준으로 선택하여야 하는지, 특정 에너지를 생산하기 위한 다양한 기술 중 어느 것을 선택하여야 하는지, 투자 타이밍과 지역은 어떻게 선택하여야 하는지와 관련하여 다양한 시뮬레이션 결과를 제공받을 수 있다.

[0038]

본 발명의 실시예에 따르면, 다양한 변수에 대한 설정 및 제한과 더불어 혼합 정수 선형 프로그래밍이 활용됨에 따라, 보다 정확하고 종합적인 시뮬레이션 결과를 제공받을 수 있다.

[0039]

본 발명의 효과들은 이상에서 언급된 효과로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0040]

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 복합 재생 에너지 공급 시스템이 동작하는 프로세스를 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 관리 서버의 구성을 개략적으로 나타낸 블록도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 관리 서버에 의해 추정되는 CRES 내에서의 한국의 교통관련 에너지 수요 지도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 관리 서버의 시뮬레이션에 의해서 생성되는, CRES의 에너지 공급 네트워크의 최적화된 설정 결과를 나타낸 지도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 관리 서버의 시뮬레이션에 의해서 생성되는, CRES 내에서 특정 시간 간격별로 각 지역에 설치되어야 하는 기반 시설의 규모를 나타낸 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0041]

본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소 외에 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다. 명세서 전체에 걸쳐 동일한 도면 부호는 동일한 구성 요소를 지칭하며, "및/또는"은 언급된 구성요소들의 각각 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다. 비록 "제1", "제2" 등이 다양한 구성요소들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 구성요소들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위하여 사용하는 것이다. 따라서, 이하에서 언급되는 제1 구성요소는 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 구성요소일 수도 있음은 물론이다.

- [0042] 명세서 전체에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있음을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되거나 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0043] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 복합 재생 에너지 공급 시스템이 동작하는 프로세스를 설명하기 위한 도면이다.
- [0044] 일 실시예에 따르면, 복합 재생 에너지 공급 시스템과 관련된 제반 정보의 수집과 분석은 별도의 관리 서버를 통해 이루어질 수 있다. 이와 같은 관리 서버는 복합 재생 에너지 공급 시스템 내부에 포함될 수도 있지만, 복합 재생 에너지 공급 시스템의 외부에 위치할 수도 있다.
- [0045] 관리 서버에서는 복합 재생 에너지 공급 시스템에 대한 자료 수집 및 이에 대한 분석이 이루어질 수 있으며, 상세하게는 시스템 내의 각종 선택 사항에 대한 최적화 분석이 이루어질 수 있다.
- [0046] 이하, 본 명세서 상에서 설명의 편의를 위해, 복합 재생 에너지 공급 시스템은 CRES로, 재생 가능한 에너지원은 RES로 기술하기로 한다.
- [0047] RES 기반의 시스템은 시스템 내의 에너지에 대한 변환, 저장 및 운반을 각각 수행하기 위해 다양한 기술적 프로세스에 의존하기 때문에 이에 대한 분석이 매우 복잡해질 수 있다. 게다가, 국가 레벨의 시스템에 대한 계획은 장거리 운송이나 시간적으로 장기적인 계획을 고려하여야 하며 커버되어야 할 지역 또한 거대하기 때문에 매우 어려운 도전이 될 수 있다.
- [0048] 이와 같은 분석을 보다 용이하게 수행하기 위해, 몇가지 단순화가 수행될 수 있다. 예를 들어, 분석을 위한 대상 기간은 임의의 시간 간격으로 나뉘어 분류될 수 있으며, 분석 대상으로 선정된 특정 지역은 복수의 세부 구역으로 나뉘어 분류될 수 있다. 각각의 시간 간격에 대해, 의사 결정권자는 다양한 종류의 에너지 관련 시설과 운송 플랫폼을 여러 지역 중 적어도 일부에 건설할 수 있다.
- [0049] 단순화가 수행되는 항목을 살펴보면, 세율, 할인율, 금리, 자본 비용 계수와 같은 경제 요소가 분석을 위한 대상 기간 동안 일정한 것으로 설정될 수 있다. 또한, 분석 기간으로 설정된 기간에 대한 에너지 수요에 대한 정보도 미리 설정될 수 있으며, 세부 지역으로 분류된 각각의 지역에 대해서, 해당 지역의 자원 보유 현황, 토지 비용, 세부 지역 간의 거리와 같은 지역 정보가 설정될 수 있다.
- [0050] 추가적으로, 에너지 전환 효율성, 에너지 저장 용량, 에너지 관련 시설의 수명, 투자 비용, 운영 비용 등의 기술경제 요소 또한 분석 대상 기간 동안 일정한 것으로 미리 설정될 수 있다. 전력, 수소, 액체연료, 이산화탄소에 대한 기준 시장 가격도 설정되어야 하며, 추가적으로 이산화탄소의 시장 가격에 대한 변동이 고려될 수 있다. 산업 시설로부터 배출되는 이산화탄소의 양 또는 기타 활동으로 인해 배출되는 이산화탄소의 양 또한 일정한 수치로 설정될 수 있다.
- [0051] 상기 기술된 파라미터들의 조건이 만족되면, 관리 서버는 CRES에 대해서 시뮬레이션을 수행하여 다양한 항목에 대한 분석 결과를 도출할 수 있다. 예를 들면, 분석 결과가 도출되는 항목들은 일차 에너지로 활용되는 RES의 종류, 위치 수량에 대한 RES 활용 전략을 포함할 수 있으며, 설치되어야 하는 에너지 관련 시설의 위치, 숫자 및 종류 정보를 포함할 수 있다. 또한, 운송되어야 하는 에너지의 종류와 양 및 운송에 사용되어야 하는 운송 모드와 같은 에너지 분배 및 운영 전략이 도출될 수 있으며, 각 기간 및 각 지역의 투자 시기와 규모에 대한 자본 투자 전력 또한 도출될 수 있다.
- [0052] CRES는 일차 에너지원으로부터 최종 에너지 수요까지 도달하는 다양한 에너지 공급 경로를 포함할 수 있다. 이와 같은 경로는 다양한 에너지의 변환 기술, 저장 기술, 운송 기술 등의 조합을 통해 구현될 수 있다.
- [0053] 도 1을 참조하면, CRES 내에서 주요 기술 프로세스와 에너지 및 원료 등의 흐름이 표시되는 네트워크 다이어그램이 표시되어 있다.
- [0054] 각 기술은 하나의 상자로 표시되지만, 단일 작업으로 한정되지 않을 수 있다. 예를 들어, 열분해 기술은 (i) 공급된 바이오매스의 파쇄 및 세척, (ii) 가수 분해를 위한 전처리, (iii) 액체 연료 생산을 위한 열분해, (iv) 액체 연료 생산을 위한 수소화분해의 과정을 통해 이루어질 수 있다.
- [0055] 도 1을 참조하면, 본 발명을 통한 CRES의 분석 과정에서, 세가지 형태의 일차 에너지원이 고려될 수 있다. 고려되는 일차 에너지원은 풍력, 태양력 및 바이오매스로 설정될 수 있으며, 이와 같은 에너지원들은 전기 또는 수

소의 형태로 변환되거나 다양한 기술적 프로세스를 거쳐 액체 연료의 형태로 변환될 수도 있다.

- [0056] 도 1에는 에너지원의 종류 및 이를 통한 에너지 생산 과정, 에너지 저장 과정 및 에너지 수요에 대한 표시가 개별 항목으로 표시되었으며, 에너지 운송의 과정은 각 항목들을 연결하는 화살표의 형태로 표시되었다.
- [0057] 도 1을 참조하면, 기술과 이를 통해 생산되는 에너지의 관계를 파악할 수 있다. 예를 들어, 풍력 터빈, 태양열 또는 바이오매스를 통해 생산되는 전기 에너지는 EES(Electrical Energy Storage: 전기 에너지 저장소)에 저장되었다가 전기 에너지의 수요가 있는 곳으로 공급될 수도 있으며, 전기 분해를 수행하는 장소로 공급될 수도 있다.
- [0058] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 관리서버에서 수행되는 CRES 분석에 의해 운송 관련 분석 결과가 도출될 수 있으며, 운송과 관련된 분석 결과는 에너지 또는 에너지원들이 운송되어야 하는 양과, 다양한 운송 모드의 종류와 숫자 등에 의해 영향을 받을 수 있다.
- [0059] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 관리 서버(100)의 구성을 개략적으로 나타낸 블록도이다.
- [0060] 도 2를 참조하면, 관리 서버(100)는 분석 준비 수행부(110), 경제 요소 관리부(120), 에너지 수요 관리부(130), 지역 정보 관리부(140), 기술경제 요소 관리부(150), 시물레이션 수행부(160), 통신부(170), 저장부(180) 및 제어부(190)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0061] 관리 서버(100)는 외부의 사용자 단말기 및 외부 서버로부터 각종 정보 및 설정값 등을 수신할 수 있다. 외부의 사용자 단말기는 관리 서버(100)의 관리 주체에 의해 동작하는 단말기로 구성될 수 있으며, 관리 주체는 자신의 사용자 단말기를 통해 CRES의 시물레이션을 위해 필요한 설정값 등을 입력할 수 있다. 이와 같은 사용자 단말기는 휴대폰, 스마트폰, PDA, 태블릿 PC, 개인용 컴퓨터(데스크탑, 노트북 등) 등과 같이 메모리 수단을 구비하고 마이크로 프로세서를 탑재하여 연산 능력을 갖춘 디지털 기기 중 하나일 수 있다.
- [0062] 분석 준비 수행부(110)는 시물레이션이 수행되기 전에 설정되어야 하는 세부 사항에 대한 관리를 수행할 수 있다.
- [0063] 일 실시예에 따르면, 분석 준비 수행부(110)는 분석 대상으로 특정 지역을 설정하고, 설정된 특정 지역을 복수의 세부 지역으로 분류할 수 있다. 또한, 분석 준비 수행부(110)는 분석의 대상이 되는 기간을 설정하고, 분석의 대상 기간으로 설정된 기간을 임의의 시간 간격으로 나누어 분류할 수 있다.
- [0064] 분석 준비 수행부(110)의 이와 같은 지역 분류와 기간 분류는 관리 서버(100)의 관리 주체의 입력에 의해 선택될 수 있다.
- [0065] 분석 준비 수행부(110)가 분석 대상으로 특정 지역을 설정하고, 설정된 특정 지역을 복수의 세부 지역으로 분류하는 예를 살펴보면, 분석 대상으로는 대한민국의 전 지역이 설정될 수 있고, 대한민국의 각 행정구역이 세부 지역으로 분류될 수 있다. 후술될 도 3 내지 도 5를 살펴보면, 대한민국의 영토가 인천, 서울, 경기, 충남, 대전, 전북, 광주, 전남, 강원, 충북, 경북, 대구, 경남, 울산, 부산의 세부 지역으로 분류된 예시를 확인할 수 있다.
- [0066] 분석 준비 수행부(110)가 분석 대상이 되는 기간을 설정하고, 분석의 대상 기간으로 설정된 기간을 임의의 시간 간격으로 나누어 분류하는 예시를 살펴보면, 분석 준비 수행부(110)는 2014년부터 2050년까지의 36년간을 분석 대상 기간으로 설정하고 이를 3년 단위로 분류하여 13개의 분석 기간으로 분류할 수 있다.
- [0067] 경제 요소 관리부(120)는 에너지원과 관련된 세율, 할인율, 금리, 자본 비용 계수 등을 설정할 수 있다. 이와 같은 설정은 사용자 단말기를 통한 관리 주체의 입력에 의해 설정될 수도 있으며, 특정 시점에 대한 세율, 할인율, 금리, 자본 비용 계수를 외부 서버로부터 수신하여 이를 분석 대상 기간 동안의 수치로 설정할 수도 있다.
- [0068] 에너지 수요 관리부(130)는 분석 준비 수행부(110)에 의해 분석 대상 기간으로 설정된 기간에 대한 에너지 수요 정보를 수집할 수 있다. 에너지 수요 정보는 기간별, 지역별 에너지 수요 정보를 포함할 수 있으며, 전기, 수소 및 액체 연료 각각에 대한 에너지 수요 정보 또한 포함할 수 있다.
- [0069] 에너지 수요 관리부(130)는 분석 대상 기간으로 설정된 기간에 대해 기간별, 지역별, 종류별 에너지 수요 정보를 설정함에 있어, 과거의 에너지 수요 정보를 활용하여 예측값을 생성하고 생성한 예측값을 활용할 수 있다.
- [0070] 지역 정보 관리부(140)는 분석 준비 수행부(110)가 분석 대상으로 특정 지역을 설정하고 설정된 특정 지역을 복수의 세부 지역으로 분류하면, 각각의 세부 지역에 대해 자원 보유 현황, 토지 비용, 세부 지역 간의 거리에 대

한 설정을 수행할 수 있다.

[0071] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 지역 정보 관리부(140)가 관리하는 세부 지역 간의 거리는 같은 세부 지역 간이라도 각 지역에 설치된 에너지 관련 시설의 위치에 따라 상이하게 설정될 수 있다. 예를 들어, 하나의 세부 지역에도 다양한 종류의 발전 시설이 다양한 위치에 존재할 수 있으며, 저장 시설과 수요가 존재하는 위치 또한 다양한 위치에 존재할 수 있으므로, 세부 지역 간의 거리는 발전 시설, 저장 시설, 에너지원, 수요의 위치에 따라 상황에 맞게 설정될 수 있다.

[0072] 기술경제 요소 관리부(150)는 에너지 전환 효율성, 에너지 저장 용량, 시설의 수명, 투자 비용, 운영 비용과 같은 기술경제 요소에 대한 설정을 수행할 수 있다.

[0073] 에너지 전환 효율성은 에너지가 전환되는 형태 별로 효율성 수치가 관리될 수 있으며, 에너지 저장 용량, 시설의 수명, 투자 비용 및 운영 비용 또한 각 에너지 관련 시설의 상황에 따라 상이하게 결정될 수 있다.

[0074] 시뮬레이션 수행부(160)는 CRES 내에서 결정되어야 하는 각종 사항들에 대한 시뮬레이션을 수행할 수 있으며, 이 과정에서 다양한 중간 변수들이 설정되고 계산될 수 있다.

[0075] 시뮬레이션 수행부(160)는 전기 생산 시스템에서 생산되는 전력을 에너지원별로 계산할 수 있다. 상세하게는, 시뮬레이션 수행부(160)는 풍력, 태양광 및 바이오매스 등을 통해 생산되는 전력량을 계산할 수 있다.

[0076] 시뮬레이션 수행부(160)가 수행하는 풍력을 통한 전력 생산에 관한 계산은 다음과 같은 수학적 식 1을 통해 계산될 수 있다.

수학적 식 1

$$P_{ijgt} = \frac{1}{2} C_p(v_t) \rho_h \beta_j v_{gt}^3 \eta_j N_{ijgt}$$

[0078] 상기 수학적 식 1에서, 좌변은 풍력을 통해 생산되는 전력량을 의미하고, 우변의 변수들은 $C_p(v_t)$ = 전력 계수, ρ_h = h 높이에서의 공기 밀도, β_j = 블레이드가 스윕하는 영역, $v_{gt} = t$ 시각에 g 지역의 풍속, η_j = 전력 생산 효율, $N_{ijgt} = t$ 기간 동안 g 지역에 설치된 풍력 터빈의 개수와 같이 대응될 수 있다.

[0079] 시뮬레이션 수행부(160)가 수행하는 바이오매스를 통한 전력 생산에 관한 계산은 다음과 같은 수학적 식을 통해 계산될 수 있다.

수학적 식 2

$$P_{ijgt} = \sum_{i \in I} \sum_{l \in L} \sum_{g' \in G} \left\{ \mu_i - \xi_i \left(\frac{\gamma_i - o_i}{1 - o_i} \right) \right\} \eta_j (1 - \theta_j) Q_{ijlg'gt} N_{ijgt}$$

[0081] 상기 수학적 식 2에서, 좌변은 바이오매스를 통해 생산되는 전력량을 의미하고, 우변의 변수들은 μ_i = 바이오매스의 HHV(High heating value: 고위발열량), ξ_i = 바이오매스 건조에 필요한 에너지량, γ_i = 바이오매스의 수분 함량, o_i = 바이오매스를 건조시킬 타겟 수분 함량, θ_j = 기생 인자, $Q_{ijlg'gt} = t$ 기간 동안 l 운송 모드를 통해 g' 지역에서 g 지역의 j 생산 시설로 운송되는 바이오매스의 운송 속도와 같이 대응될 수 있다.

[0082] 시뮬레이션 수행부(160)는 전력 생산이 아닌, 수소 생산과 액체 연료 생산에 관련하여서도 이와 같이 복수의 에너지원 각각으로부터 생산되는 양을 계산할 수 있다.

[0083] 시뮬레이션 수행부(160)는 CRES 내의 네트워크를 최적화하는 모델을 시뮬레이션 하기 위해, 다양한 항목 및 변수에 대한 제한 및 설정을 수행할 수 있다.

[0084] 시뮬레이션 수행부(160)는 우선적으로 특정 세부 지역에 대한 시간별 에너지 수요가 만족되도록 변수를 설정할 수 있다. 에너지의 종류는 전기, 수소 및 액체 연료 등으로 구분될 수 있다. 시뮬레이션 수행부(160)는 특정 기

간에 특정 지역에 대해 특정한 종류의 에너지 수요가, 타 지역으로부터 다양한 종류의 운송 모드를 통해 해당 지역으로 전달되는 에너지의 양과 동일하게 변수 및 항목들을 설정할 수 있다.

- [0085] 시물레이션 수행부(160)는 에너지와 에너지 원료에 대한 흐름을 계산할 수 있다. 전기 에너지를 예를 들면, 시물레이션 수행부(160)는 특정 지역에서 특정 기간 동안 생산되는 전기 에너지의 총량이, EES 시설을 충전하는데 사용되는 전기 에너지의 양과 전기 분해를 통해 수소를 생산하는데 사용되는 전기 에너지의 양의 합과 동일하다고 가정할 수 있다.
- [0086] 시물레이션 수행부(160)는 특정 기간에 특정 지역의 수소 생산 시스템에 의해 생산되는 총 수소의 양이 해당 지역에서 다른 지역의 수소 탱크로 이동되는 양과 동일하도록 시물레이션 모델을 설정할 수 있다. 이와 유사하게, 시물레이션 수행부(160)는 전체 CRES 내에서 생산되는 액체 연료의 양이 사용되는 양과 동일하도록 시물레이션 모델을 설정할 수 있으며, 각각의 에너지 생산에서 배출되는 이산화탄소의 총합이 전체 CRES 내에서 배출되는 이산화탄소의 양과 동일하도록 시물레이션 모델을 설정할 수 있다. 또한, 시물레이션 수행부(160)는 각 지역에서 배출되는 이산화탄소의 총량이 CRES 내의 이산화탄소 포집 시설에서 포집되는 양과 동일하도록 시물레이션 모델을 설정할 수 있다.
- [0087] 시물레이션 수행부(160)는 바이오매스와 관련하여, 사용가능한 바이오매스의 총량이 총 바이오매스의 소비량보다 같거나 크도록 시물레이션 모델을 설정할 수 있다.
- [0088] 시물레이션 수행부(160)는 에너지와 에너지원들의 유량은 에너지 관련 시설의 최소 및 최대 용량에 제한되도록 시물레이션 모델을 설정할 수 있다. 또한, 시물레이션 수행부(160)는 에너지 저장 시스템에 저장된 에너지의 양이 시설의 최소 및 최대 저장 용량에 의해 제한되도록 시물레이션 모델을 설정할 수 있다.
- [0089] 시물레이션 수행부(160)는 이와 같이, 시물레이션 모델을 설정함에 있어 에너지 및 에너지원들에 대한 다양한 제한을 설정할 수 있으며 이와 같은 제한은 수학적식을 통해 구현될 수 있다.
- [0090] 시물레이션 수행부(160)는 CRES 내에서 고려되는 각종 에너지 관련 시설과 관련하여, 시설의 수명에 대한 관리 또한 수행할 수 있다. 예를 들어, 수명이 다한 시설은 에너지 생산, 저장, 사용 등에 있어 존재하지 않는 것과 같이 간주될 수 있다.
- [0091] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 시물레이션 수행부(160)는 수집된 경제 요소 정보, 에너지 수요 정보, 지역 정보 및 기술경제 요소 정보를 기초로 하여, NPV(Net Present Value: 현재 순가치)가 최대가 되도록 하는 TNF(Total Net Flow: 순 현금 흐름)를 계산할 수 있다.
- [0092] 이 과정에서, 시물레이션 수행부(160)는 NPV가 최대가 되도록 하는 TNF를 계산함에 있어, 혼합 정수 선형 프로그래밍(MILP: Mixed Integer Linear Programming)을 사용할 수 있다. 혼합 정수 선형 프로그래밍이란, 시물레이션 모델에서 사용되는 변수 중 일부가 정수인 모델의 해를 도출하기 위한 방법이다. 즉, 혼합 정수 선형 프로그래밍은 유한개의 제약조건인 선형부등식 또는 선형방정식을 만족하면서, 선형 함수가 최소 또는 최대를 갖도록 하는 변수들을 결정하는 문제를 해결하기 위한 기법으로 설명될 수 있다.
- [0093] 시물레이션 수행부(160)는 다음과 같은 수학적식 3을 활용하여 NPV가 최대가 되는 TNF를 계산할 수 있다.

수학적식 3

$$\max NPV = \sum_{t \in T} \frac{TNF_t(1 - \Omega) + \Lambda}{(1 + r)^{t-1}}$$

[0094]

상기 수학적식 3의 우변의 변수들은 Ω = 세율, Λ = 감가상각률, r = 금리와 같이 대응될 수 있다.

[0095]

본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 수학적식 3에서 TNF는 다음과 같은 수학적식 4를 통해 계산될 수 있다.

[0096]

수학적식 4

$$TNF_t = TB_t - TC_t$$

[0097]

$$TB_t = TSP_t + TSC_t + TBC_t$$

$$TC_t = FIC_t + TIC_t + FOC_t + TOC_t + TFC_t + TLC_t$$

상기 수학적식 4에 포함되는 각종 변수들은 TB = 총 이익, TC = 총 비용, TSP = 에너지 판매 이익, TSC = 시설의 잔존가액, TBC = CO_2 판매 이익, FIC = 시설 투자 비용, TIC = 운송 투자 비용, FOC = 시설 운영 비용, TOC = 운송 운영 비용, TFC = 공급 원료 비용, TLC = 토지 비용과 같이 대응될 수 있다.

상기 수학적식 4에서, 에너지 판매 이익에 해당하는 TSP 의 계산은 다음과 같은 수학적식 5를 통해 계산될 수 있다.

수학적식 5

$$TSP_t = \sum_{i \in I^E \cup I^H \cup I^F} \sum_{j \in J^{EP} \cup J^{HP} \cup J^{FP}} \sum_{g \in G} \phi_i P_{ijgt}$$

상기 수학적식 5에서, 우변의 변수들은 각각 I^E = 전기, I^H = 수소, I^F = 액체 연료, J^{EP} = 전기 생산 시설, J^{HP} = 수소 생산 시설, J^{FP} = 액체 연료 생산 시설, G = 지역, Φ = 판매 가격, P_{ijgt} = t 기간 동안 g 지역의 j 시설로 부터 생산된 i 의 양과 같이 대응될 수 있다.

상기 수학적식 5에서, 풍력을 통한 전력 생산에 관한 P_{ijgt} 계산은 전술된 수학적식 1을 통해 계산될 수 있으며, 바이오매스를 통한 전력 생산에 관한 P_{ijgt} 계산은 전술된 수학적식 2를 통해 계산될 수 있다.

상기 수학적식 4에서, 운송 투자 비용에 해당하는 TIC 의 계산은 다음과 같은 수학적식 6을 통해 계산될 수 있다.

수학적식 6

$$TIC_t = \sum_{l \in L} \alpha_j \psi_j N_{lt}$$

$$N_{lt} = \sum_{i \in I^E \cup I^H \cup I^F} \sum_{j \in J} \sum_{g \in G} \sum_{g' \in G} \frac{Q_{i(j)l} g g' t}{\zeta_t \delta_l \chi_l} \left(\frac{2\kappa_{gg'}}{\phi_l} + \lambda_l \right)$$

상기 수학적식 6에 포함되는 각종 변수들은 각각 ζ_t = t 기간 내의 날짜수, δ_l = 1 운송 모드의 이용가능률, χ_l = 1 운송 모드의 용량, $\kappa_{gg'}$ = g 와 g' 간의 운송 거리, ϕ_l = 1 운송 모드의 평균 속도, λ_l = 1 운송모드에서 적재 / 하역에 대한 소요 시간, $Q_{i(j)l} g g' t$ = t 시간 동안 1 운송 모드를 통해 g' 지역에서 g 지역의 j 시설로 에너지 또는 바이오매스가 운송되는 속도와 같이 대응될 수 있다.

상기 수학적식 4에 포함되는 각종 변수들은 수학적식 1, 2, 5 및 6을 통해 참조할 수 있는 것과 같이 다양한 방식으로 계산될 수 있다.

시뮬레이션 수행부(160)는 전술된 수학적식들을 활용하여 NPV가 최대가 되도록 하는 TNF를 계산할 수 있으며, 이 과정에서 다양한 변수들이 가져야 하는 값을 도출할 수 있다.

이와 같이 시뮬레이션 수행부(160)에 의해 도출된 최적화 해에 따라, CRES의 관리자는 에너지 관련 시설의 종류, 설치 시기, 설치 장소, 설치 규모, 운송 방법, 투자 규모 등을 합리적인 근거에 따라 결정할 수 있게 된다.

통신부(170)는 관리 서버(100)가 복합 재생 에너지 공급 시스템, 기타 사용자 단말기 또는 외부 서버와의 통신을 수행할 수 있도록 한다. 통신부(170)가 통신을 수행하기 위해서 사용하는 통신망은 유선 및 무선 등과 같은

그 통신 양태를 가리지 않고 구성될 수 있으며, 예를 들면, 근거리 통신망(LAN: Local Area Network), 도시권 통신망(MAN: Metropolitan Area Network), 광역 통신망(WAN: Wide Area Network) 등 다양한 통신망으로 구현될 수 있다.

- [0113] 저장부(180)는 관리 서버(100)의 각종 구성부 내에서 수집되고, 생성되고, 운용되는 정보들을 저장하는 역할을 수행한다. 즉 저장부(180)에는 각종 에너지 관련 시설에 대한 정보, 세부 지역에 대한 지역적 특징에 대한 정보, 에너지 종류에 따른 지역별 에너지 수요 정보, 경제 요소나 기술경제 요소에 대한 정보 등이 저장될 수 있다. 이러한 저장부(180)는 예를 들어, 메모리(memory), 캐시(cash), 버퍼(buffer) 등을 포함할 수 있으며, 소프트웨어, 펌웨어, 하드웨어 또는 이들 중 적어도 둘 이상의 조합으로 구성될 수 있다.
- [0114] 제어부(190)는 분석 준비 수행부(110), 경제 요소 관리부(120), 에너지 수요 관리부(130), 지역 정보 관리부(140), 기술경제 요소 관리부(150), 시뮬레이션 수행부(160), 통신부(170) 및 저장부(180) 간의 데이터 흐름을 제어하는 기능을 수행할 수 있다. 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 제어부(190)는 분석 준비 수행부(110), 경제 요소 관리부(120), 에너지 수요 관리부(130), 지역 정보 관리부(140), 기술경제 요소 관리부(150), 시뮬레이션 수행부(160), 통신부(170) 및 저장부(180)에서 각각 고유한 기능을 수행하도록 제어할 수 있다.
- [0115] 도 2에서 분석 준비 수행부(110), 경제 요소 관리부(120), 에너지 수요 관리부(130), 지역 정보 관리부(140), 기술경제 요소 관리부(150), 시뮬레이션 수행부(160) 및 통신부(170)는 제어부(190)를 기능적으로 분류한 구성이므로 하나의 제어부(190)로서 통합되어 구성될 수도 있다.
- [0116] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 관리 서버(100)에 의해 추정되는 CRES 내에서의 한국의 교통관련 에너지 수요 지도이다.
- [0117] 도 3을 참조하면, 도 2를 통해 설명된 관리 서버(100)의 시뮬레이션 결과에 따라 에너지 수요에 관한 최적화 모델이 도출될 수 있다.
- [0118] 도 3은 2050년에 예상되는 한국의 운송 관련 에너지 수요를 나타내고 있으며, 도 3은 세가지 종류의 에너지 형태인 전기, 수소 및 액체 연료에 대해 그 결과를 나타내고 있다.
- [0119] 일 실시예에 따르면, 관리 서버(100)는 도 3과 같은 에너지 수요 지도를 생성하기 위하여 내연기관차(ICEV), 전기자동차(EV), 연료자동차(FCV)의 시장점유율 정보 및 각 에너지원과 관련된 세율 정보 등을 기초로 시뮬레이션을 수행할 수 있다.
- [0120] 관리 서버(100)는 도 3에 나타난 각 세부 지역에 대한 에너지 수요를 계산하기 위해 지역적 특성을 반영할 수 있다. 관리 서버(100)가 반영하는 지역적 특성은 인구, 등록된 운송 수단의 숫자, 연간 평균 주행거리 등을 포함할 수 있다.
- [0121] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 관리 서버(100)의 시뮬레이션에 의해서 생성되는, CRES의 에너지 공급 네트워크의 최적화된 설정 결과를 나타낸 지도이다.
- [0122] 도 4는 2050년의 한국을 그 분석 대상으로 하고 있으며, 도 4를 참조하면 2050년 한국에서는 7935개의 대형 풍력 터빈이 설치되어 연간 10,408 GWh의 전력을 생산하는 것으로 결과가 도출될 수 있다.
- [0123] 도 4를 참조하면, 풍력 터빈은 한국 내의 세부 지역 중 R9 지역인 강원 지역에만 설치된 것을 확인할 수 있으며, 이는 풍속이 높은 지역적 특성으로 인한 것일 수 있다. CRES 내에서, 태양광과 바이오 시스템은 전력 생산의 수단을 선택되지 않을 수 있으며 이는 풍력 발전과 비교하였을 때 상대적으로 높은 생산 비용, 운송 비용 및 투자 비용에 의한 것일 수 있다.
- [0124] 이와 같이, 도 4에 나타난 시뮬레이션 결과에서는 수소 생산 및 액체 연료 생산과 관련하여서도 하나의 방식만이 선택될 수 있다. 예를 들어, 수소 생산에 있어서는 전기 분해의 방식이 선택될 수 있으며, 액체 연료 생산에 있어서는 바이오매스의 열분해 방식이 선택될 수 있다.
- [0125] 도 4의 시뮬레이션 결과를 살펴보면, 수소 생산과 관련하여서는 대용량의 전기 분해 시설이 다양한 지역에 분포되도록 설치될 수 있다. 이는 수소의 운송 비용이 크기 때문에 수소 생산 시설이 일정 지역에 집중해서 설치되는 것보다 다양한 지역에 분포되는 것이 경제적으로 효율적이기 때문일 수 있다.
- [0126] 일부 지역은 수요보다 많은 양의 수소를 생산할 수 있으며, 마찬가지로 일부 지역은 수요보다 적은 양의 수소를 생산할 수 있다. 도 4를 참조하면, R9으로 분류된 세부 지역은 수소에 대해 상대적으로 낮은 수요를 가질 수 있지만, 낮은 토지 비용으로 인하여 가장 많은 수소 분해 시설이 설치되는 것으로 시뮬레이션 결과가 도출될 수

있다. 유사하게, R2로 분류된 세부 지역은 수소에 대한 수요가 크지만 매우 높은 토지 비용으로 인해 수소 생산 시설이 설치되지 않는 것으로 시뮬레이션 결과가 도출될 수 있다.

[0127] 도 4를 참조하면, 액체 연료 생산에 있어서 바이오매스를 통한 열분해 시설은 운송 비용이 작아 토지 비용이 낮은 R9에 모든 시설이 설치될 수 있다.

[0128] 관리 서버(100)는 CRES에 대한 시뮬레이션 결과를 도출함에 있어 전송된 수학적식들을 기초로 계산 및 분석을 수행할 수 있으며, 이 과정에서 혼합 정수 선형 프로그래밍이 사용될 수 있다.

[0129] 관리 서버(100)는 CRES에 대한 시뮬레이션 결과를 도출함에 있어, 세부 지역들의 수요 레벨에 대한 자원 가용성, 토지 비용 및 거리 기반 운송 비용 등의 지역적 특성을 고려할 수 있다.

[0130] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 관리 서버(100)의 시뮬레이션에 의해서 생성되는, CRES 내에서 특정 기간 간격별로 각 지역에 설치되어야 하는 기반 시설의 규모를 나타낸 결과이다.

[0131] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 관리 서버(100)는 설정된 분석 기간에 대해서 투자의 타이밍과 장소 등에 대한 투자 전략을 수립할 수 있다. 도 5에서는 한국의 2014년부터 2050년까지에 대해 수립된 투자 전략의 일부가 표시되어 있다. 도 5에서 2014년부터 2050년의 시간 간격은 3년의 간격을 두고 13개의 시간 간격으로 분류되었다. 즉, 도 5에서 T1은 2014년을 의미하고 T13은 2050년을 의미할 수 있다.

[0132] 도 5에서는 시뮬레이션 결과에 따라 6년마다 한국의 각 지역에 설치되는 에너지 관련 시설 및 각 지역의 에너지 수요가 나타나 있다. 에너지 관련 시설 규모는 설치되고 폐쇄되는 시설들의 현황을 종합하여 계산될 수 있다.

[0133] 도 5의 예시를 살펴보면, 전기와 액체 연료에 대한 생산 시설은 세부 지역 중 R9에만 설치될 수 있다. 이는 전기와 액체 연료에 대한 운송 비용은 기존의 기반 시설을 바탕으로 시설 투자 비용 없이 운영 비용만이 소요된다고 가정되었기 때문일 수 있다. 이와 달리, 수소 공급 네트워크의 경우에는 운송 시스템에 대한 시설 투자 비용이 필요하기 때문에 집중화되지 않고 다양한 세부 지역에 분포될 수 있다.

[0134] 도 5에서, 설치된 에너지 관련 시설의 숫자는 특정 시간 간격의 에너지 수요에 따라 상이하게 계산될 수 있다. 일 실시예에 따르면, 관리 서버(100)의 시뮬레이션 결과에서 풍력 에너지가 전기 생산의 주를 담당하는 것으로 선택될 수 있으며, 풍력 발전을 통해 생산되는 전기 에너지는 일반적인 전력 수요를 충족시키는 것뿐 아니라 수소를 생산하기 위한 전기 분해 생산 시설의 전력 수요를 충족시키는 데에도 사용될 수 있다. 따라서, 풍력 발전을 위해 설치되어야 하는 풍력 터빈의 수는 전기 수요뿐만 아니라 수소에 대한 수요에 의해서도 영향을 받을 수 있다. 도 5를 참조하면, 노란색 선으로 표시된 전력 생산량이 노란색 영역으로 표시된 전력 수요량과 시간이 지날수록 차이가 나는 것을 확인할 수 있다.

[0135] 이와 같이, 본 발명의 다양한 실시예들에 따르면 복합 재생 에너지 공급 시스템 내에서 투자 및 디자인 계획을 수행하기 위한 시뮬레이션 결과가 도출될 수 있으며, 이와 같은 시뮬레이션 결과는 다양한 제한 조건 설정과 혼합 정수 선형 프로그래밍을 통해 수행될 수 있다. 의사결정자는 시뮬레이션 결과를 통해 최적화된 수치에 기반하여 시스템 설계 및 투자에 대한 결정을 수행할 수 있다.

[0136] 본 발명의 실시예와 관련하여 설명된 방법 또는 알고리즘의 단계들은 하드웨어로 직접 구현되거나, 하드웨어에 의해 실행되는 소프트웨어 모듈로 구현되거나, 또는 이들의 결합에 의해 구현될 수 있다. 소프트웨어 모듈은 RAM(Random Access Memory), ROM(Read Only Memory), EPROM(Erasable Programmable ROM), EEPROM(Electrically Erasable Programmable ROM), 플래시 메모리(Flash Memory), 하드 디스크, 착탈형 디스크, CD-ROM, 또는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 잘 알려진 임의의 형태의 컴퓨터 판독가능 기록매체에 상주할 수도 있다.

[0137] 이상, 첨부된 도면을 참조로 하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 기술자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로, 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며, 제한적이지 않은 것으로 이해해야만 한다.

부호의 설명

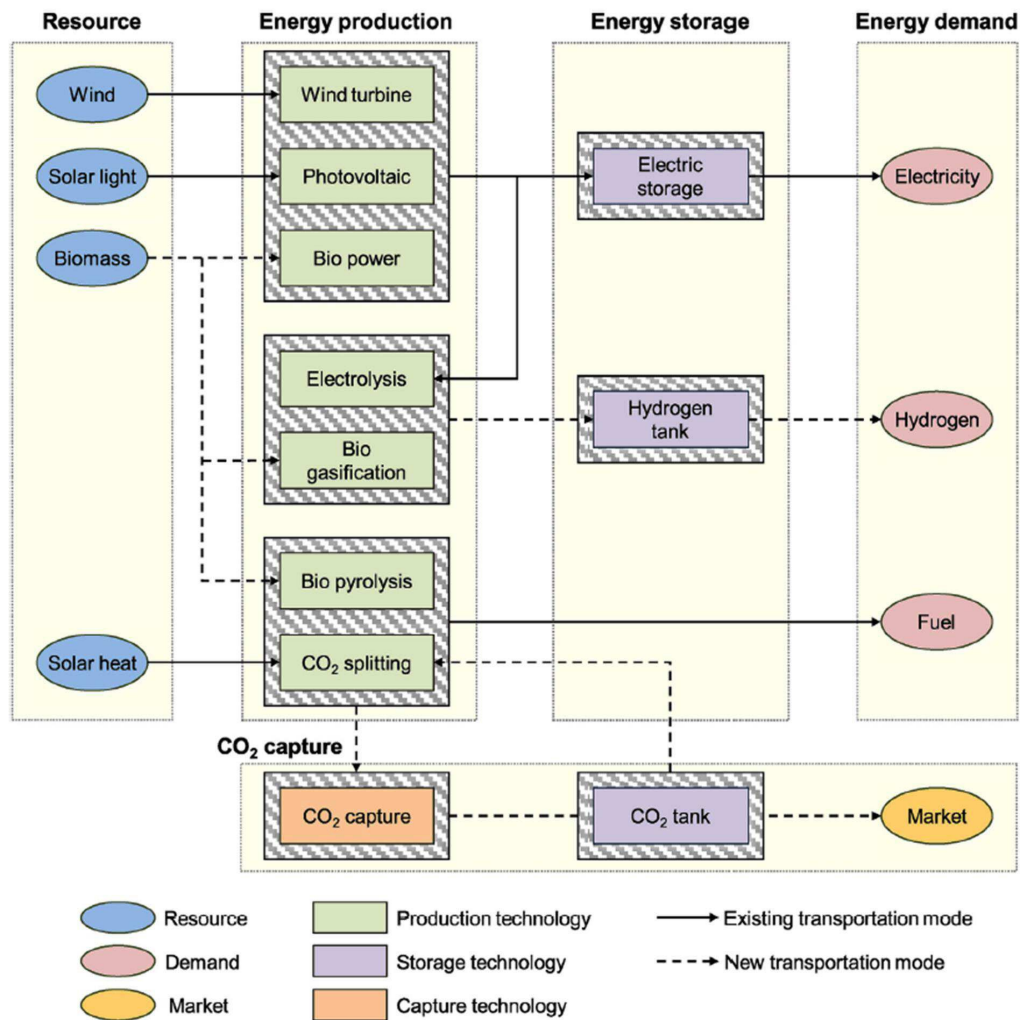
[0138] 100: 관리 서버

110: 분석 준비 수행부

- 120: 경제 요소 관리부
- 130: 에너지 수요 관리부
- 140: 지역 정보 관리부
- 150: 기술경제 요소 관리부
- 160: 시뮬레이션 수행부
- 170: 통신부
- 180: 저장부
- 190: 제어부

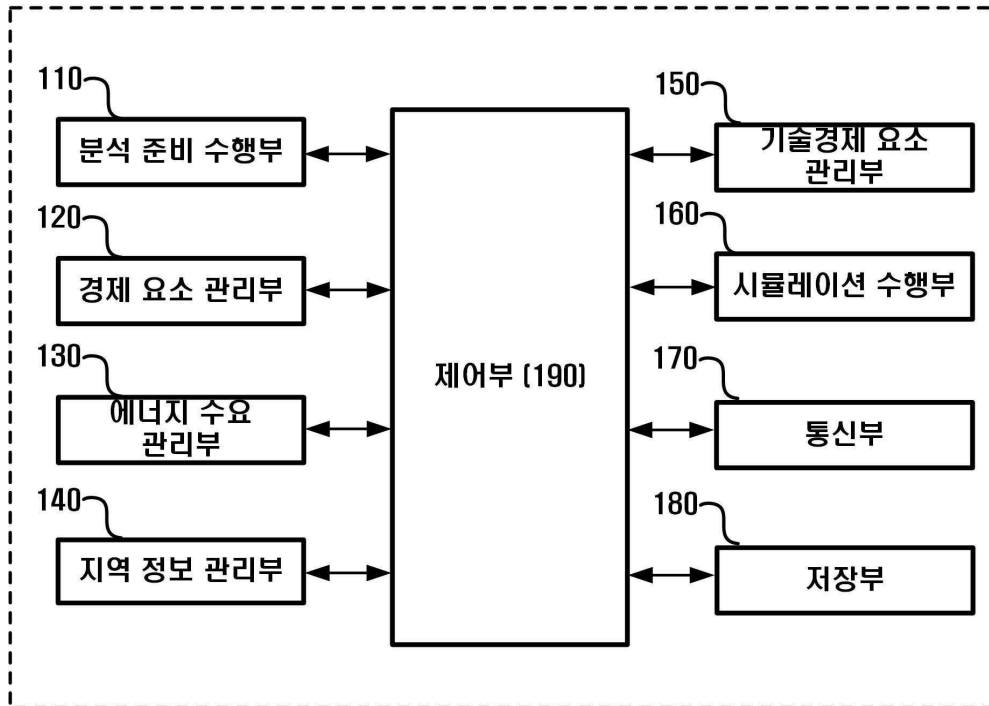
도면

도면1

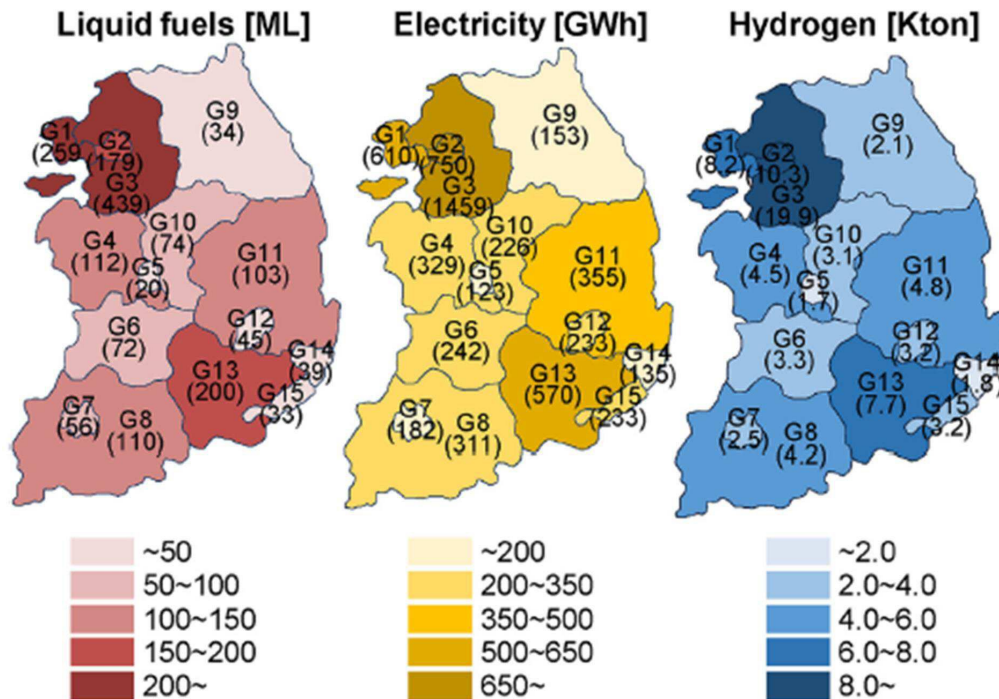


도면2

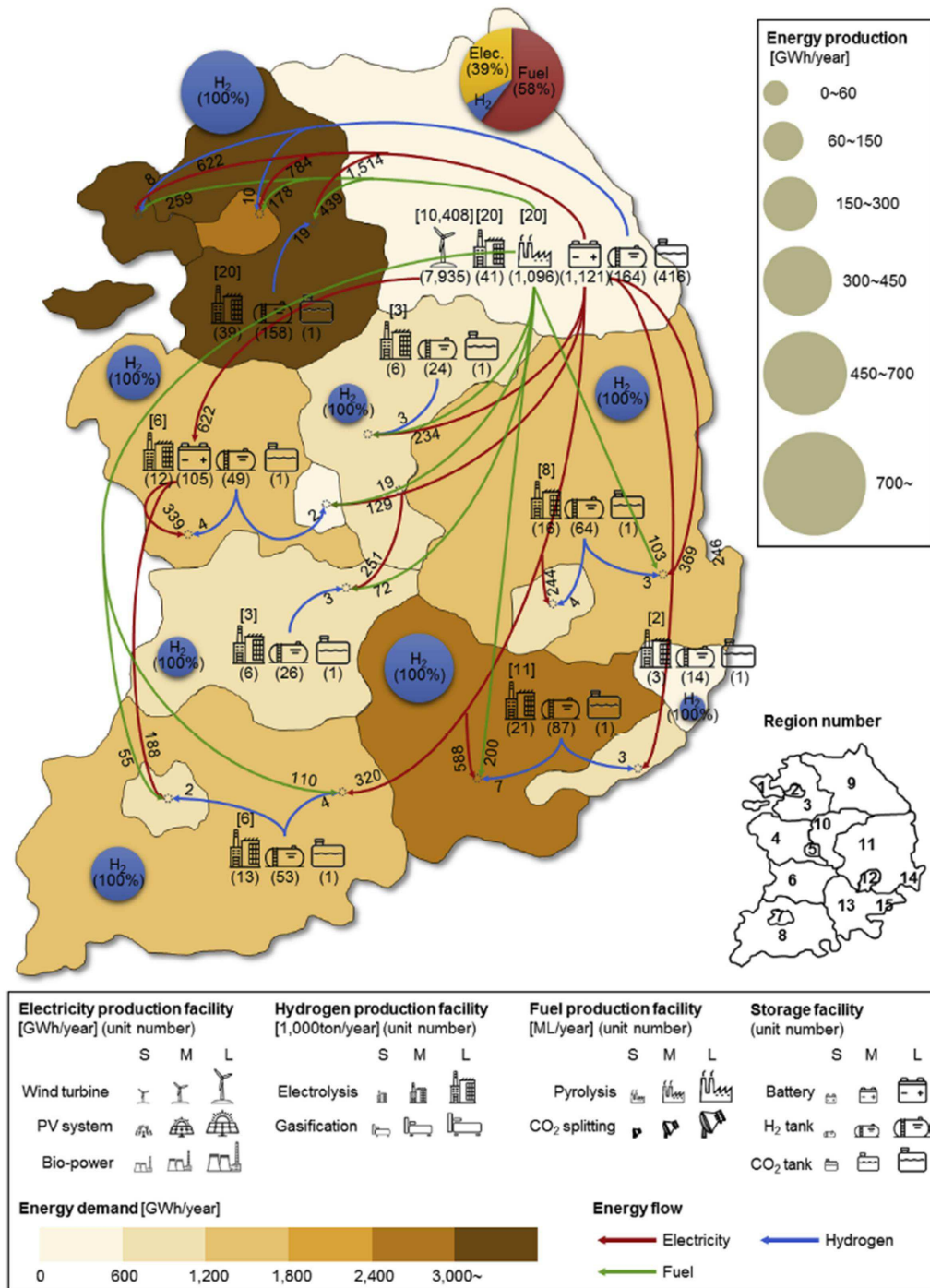
관리 서버 100



도면3



도면4



도면5

