



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년01월14일

(11) 등록번호 10-2203502

(24) 등록일자 2021년01월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05B 19/418 (2006.01) C10K 1/00 (2006.01)
G06Q 50/04 (2012.01)

(52) CPC특허분류
G05B 19/41885 (2013.01)
C10K 1/00 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0086508

(22) 출원일자 2019년07월17일

심사청구일자 2019년07월17일

(56) 선행기술조사문헌

JP2005165469 A

(73) 특허권자

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

김성훈

서울특별시 강서구 가로공원로78길 45-12 미래하
이즈 B동 301호

(74) 대리인

차준용

전체 청구항 수 : 총 10 항

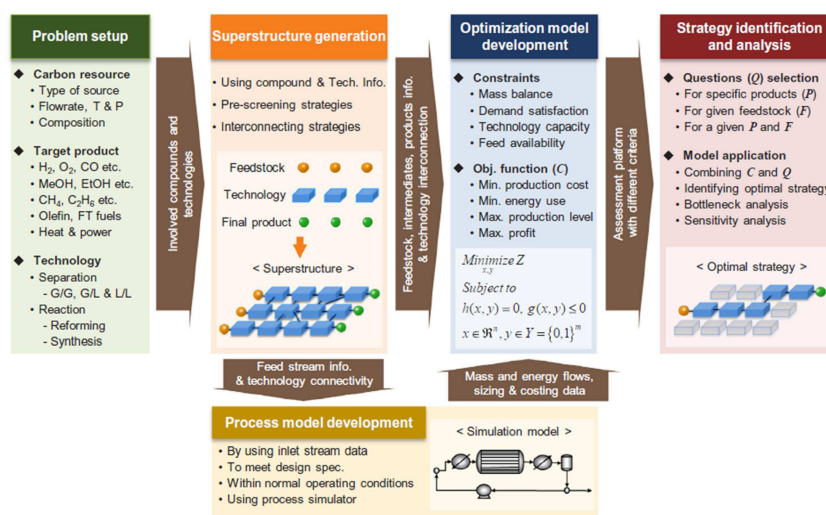
심사관 : 김윤환

(54) 발명의 명칭 최적화 기반의 탄소 활용 전략을 수립하기 위한 방법 및 이를 수행하는 서버

(57) 요약

컴퓨팅 시스템 상에서 수행되는, 탄소 활용 전략 수립과 관련된 시뮬레이션을 수행하는 방법이 도시된다. 본 발명의 다양한 실시예 중 하나에 따르면, 탄소 활용 전략 시뮬레이션 수행 방법은 적어도 하나 이상의 공급 원료에 대한 선택 정보, 적어도 하나 이상의 활용 기술에 대한 선택 정보 및 적어도 하나 이상의 최종 산물에 대한 선택 정보를 수집하는 단계; 수집된 선택 정보를 기초로 하여, 공급 원료, 활용 기술 및 최종 산물들을 연결하는 탄소 활용 전략의 구조를 생성하는 단계; 선택된 활용 기술과 관련된 공정의 크기 및 비용과 관련된 데이터를 수집하는 단계; 시뮬레이션 수행을 위한 문제 설정 정보를 수집하는 단계; 및 수집된 상기 문제 설정 정보에 기초하여 목적함수를 선택하고 선택된 목적함수의 최대값 또는 최소값을 계산하는 단계를 포함하여 구성될 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06Q 50/04 (2013.01)

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

컴퓨팅 시스템 상에서, 탄소 활용 전략 수립과 관련된 시뮬레이션을 수행하는 방법에 있어서,
적어도 하나 이상의 공급 원료에 대한 선택 정보, 적어도 하나 이상의 활용 기술에 대한 선택 정보 및 적어도 하나 이상의 최종 산물에 대한 선택 정보를 수집하는 단계;
수집된 선택 정보를 기초로 하여, 공급 원료, 활용 기술 및 최종 산물들을 연결하는 탄소 활용 전략의 구조를 생성하는 단계;
선택된 활용 기술과 관련된 공정의 크기 및 비용과 관련된 데이터를 수집하는 단계;
시뮬레이션 수행을 위한 문제 설정 정보를 수집하는 단계; 및
수집된 상기 문제 설정 정보에 기초하여 목적함수를 선택하고 선택된 목적함수의 최대값 또는 최소값을 계산하는 단계를 포함하는, 탄소 활용 전략 시뮬레이션 수행 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
시뮬레이션 수행을 위해 설정된 문제가 최소 생산 비용의 계산과 관련이 있는 경우 다음과 같은 수학적식을 활용하는 것을 특징으로 하는, 탄소 활용 전략 시뮬레이션 수행 방법.

$$\min Z_1 = \sum_j \alpha_j \varphi_j X_j + \sum_j \pi_j X_j$$

(α_j = j 기술의 투자 비용을 상환하기 위한 자본 비용 인자, φ_j = j 기술의 투자 비용, π_j = j 기술의 운용 비용, X_j = j 기술이 활용되는 지에 대한 여부)

청구항 3

제1항에 있어서,
시뮬레이션 수행을 위해 설정된 문제가 최소 에너지 소비와 관련이 있는 경우 다음과 같은 수학적식을 활용하는 것을 특징으로 하는, 탄소 활용 전략 시뮬레이션 수행 방법.

$$\min Z_2 = \sum_j \pi_j X_j$$

(π_j = j 기술의 운용 비용, X_j = j 기술이 활용되는 지에 대한 여부)

청구항 4

제1항에 있어서,
시뮬레이션 수행을 위해 설정된 문제가 최대 생산량과 관련이 있는 경우 다음과 같은 수학적식을 활용하는 것을 특징으로 하는, 탄소 활용 전략 시뮬레이션 수행 방법.

$$\max Z_3 = \sum_m \sum_i \theta_i P_{mi}$$

(θ_i = i 혼합물의 판매 가격, P_{mi} = 최종 산물 P의 산출량)

청구항 5

제1항에 있어서,

시뮬레이션 수행을 위해 설정된 문제가 최대 수익의 계산과 관련이 있는 경우 다음과 같은 수학적식을 활용하는 것을 특징으로 하는, 탄소 활용 전략 시뮬레이션 수행 방법.

$$\max Z_4 = \sum_m \sum_i \theta_i P_{mi} - \left(\sum_j \alpha_j \varphi_j X_j + \sum_j \pi_j X_j \right)$$

(θ_i = i 혼합물의 판매 가격, P_{mi} = 최종 산물 P의 산출량, α_j = j 기술의 투자 비용을 상환하기 위한 자본 비용 인자, φ_j = j 기술의 투자 비용, π_j = j 기술의 운용 비용, X_j = j 기술이 활용되는 지에 대한 여부)

청구항 6

제1항에 있어서,

수집된 상기 문제 설정에 기초하여 목적함수를 선택하고 선택된 목적함수의 최대값 또는 최소값을 계산하는 단계는,

생성된 상기 탄소 활용 전략 내에서, 선택된 공급 원료로부터 선택된 최종 산물까지 연결되는 경로의 모든 경우의 수에 대한 계산을 통해 수행되는 것을 특징으로 하는, 탄소 활용 전략 시뮬레이션 수행 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

수집된 상기 문제 설정 정보에 기초하여 목적함수를 선택하고 선택된 목적함수의 최대값 또는 최소값을 계산하는 과정에서, 선택된 탄소 활용 전략 구조 내의 특정 경로에 대해 병목 현상이 발생하는 구간에 대한 분석을 수행하는 것을 특징으로 하는, 탄소 활용 전략 시뮬레이션 수행 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

수집된 상기 문제 설정 정보에 기초하여 목적함수를 선택하고 선택된 목적함수의 최대값 또는 최소값을 계산하는 과정에서, 특정 요소의 변동에 의해 발생하는 영향을 토대로 민감도 분석을 수행하는 것을 특징으로 하는, 탄소 활용 전략 시뮬레이션 수행 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

생성된 탄소 활용 전략의 구조 내에서 선택된 공급 원료로부터 선택된 최종 산물까지 연결되는 경로 마다 발생하는 폐기물의 종류 및 배출량 정보를 바탕으로 환경에 미치는 영향에 대한 계산을 수행하고 환경에 미치는 영향이 가장 적은 경로의 선택을 수행하는 단계를 더 포함하는, 탄소 활용 전략 시뮬레이션 수행 방법.

청구항 10

탄소 활용 전략 수립과 관련된 시뮬레이션을 수행하는 관리 서버에 있어서,

적어도 하나 이상의 공급 원료에 대한 선택 정보, 적어도 하나 이상의 활용 기술에 대한 선택 정보 및 적어도 하나 이상의 최종 산물에 대한 선택 정보를 수집하는 설정 정보 수집부;

수집된 선택 정보를 기초로 하여, 공급 원료, 활용 기술 및 최종 산물들을 연결하는 탄소 활용 전략의 구조를 생성하는 상부 구조 생성부;

선택된 활용 기술과 관련된 공정의 크기 및 비용과 관련된 데이터를 수집하는 기술 정보 수집부;

시뮬레이션 수행을 위한 문제 설정 정보를 수집하는 목표 문제 설정부; 및

수집된 상기 문제 설정 정보에 기초하여 목적함수를 선택하고 선택된 목적함수의 최대값 또는 최소값을 계산하는 시뮬레이션 수행부를 포함하는, 관리 서버.

발명의 설명**기술 분야**

[0001] 본 발명의 다양한 실시예는 최적화 기반의 탄소 활용 전략을 수립하는 기술에 관한 것으로, 상세하게는 공급 원료, 공급 원료로부터 산출되는 산물 및 목표 함수 등에 따른 시뮬레이션을 통해 최적화된 분석 결과를 도출하고자 하는 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 전세계적인 이슈 중 가장 중요한 하나는 전통적인 에너지원들의 고갈 및 이들의 사용에 의해 발생하는 다양한 환경적인 문제이다.

[0003] 환경과 관련된 다양한 보고서에 따르면, 대기에 배출되는 이산화탄소의 양은 60~70%가 감소되어야 하는 상황이며, 화석 연료의 고갈과 더불어 급격하게 증가하고 있는 에너지 수요 또한 문제가 되는 상황이다.

[0004] 이와 같은 에너지 관련 문제를 해결하기 위하여 탄소 자원의 효율적인 활용에 대한 연구가 주목받고 있다. 탄소 자원 중에서도 산업 공정에서 배출되었지만 가치가 있는 공급 원료로 인식되지 않은 탄소 자원들이 주목받고 있다. 이와 같은 탄소 자원을 활용하는 것은 환경적인 관점 및 경제적인 관점에서 추가적인 가치를 생성하는 것에 목표를 두고 있다.

[0005] 탄소 자원을 활용하는 시스템을 개발하기 위해 많은 국가들은 국가 정책과 R&D 프로그램을 시행하고 있다. 한국의 경우에도 에너지의 96%를 수입에 의존하고 있는 상황에서 탄소 자원의 활용의 중요성은 매우 크다고 할 수 있다.

[0006] 산업 공정에서 배출된 잔여가스에 포함되는 CO, CH₄ 및 CO₂ 등은 탄소 활용 시스템 내에서 공급 원료로 사용될 수 있다. 철강 산업에서 배출되는 다양한 종류의 잔여 가스에는 H₂, CO 및 CO₂가 다양한 비율로 포함되어 가치있게 사용될 수 있다. 이와 같은 잔여 가스에는, 코크스로 가스(COG: Coke Oven Gas), 고로 가스(BFG: Blast Furnace Gas) 및 LDG(Linz-Donawitz gas) 등이 포함될 수 있다.

[0007] 탄소 활용을 수행하기 위해 다양한 공정 및 촉매에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 다만 이와 같은 연구들은 주로 특정 단위 작업의 효율을 향상시키기 위한 촉매 또는 흡착제에 대한 연구들이거나, 특정 공정에서 경제적 또는 환경적인 효율을 높이기 위한 연구들이 주를 이루었다.

[0008] 즉, 기존 연구들은 특정한 공급 연료, 최종 산물, 기술 공정 등에 대한 것이 대부분인 상황에서, 다양한 종류의 변수와 설정에 따라 최적의 탄소 활용 전략을 수립할 수 있는 시뮬레이션 모델이 필요한 상황이었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1178526호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명의 다양한 실시예는 다양한 종류이 변수와 설정에 따른 최적의 탄소 활용 전략을 수립하는 것을 그 목적으로 한다.

[0011] 본 발명이 다양한 실시예는 탄소 활용 전략에 있어 병목 현상 및 민감도 분석 정보를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

[0012] 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

[0013] 상술한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 다양한 실시예 중 하나에 따르면, 컴퓨팅 시스템 상에서 탄소 활용 전략 수립과 관련된 시뮬레이션을 수행하는 방법은, 적어도 하나 이상의 공급 원료에 대한 선택 정보, 적어도 하나 이상의 활용 기술에 대한 선택 정보 및 적어도 하나 이상의 최종 산물에 대한 선택 정보를 수집하는 단계; 수집된 선택 정보를 기초로 하여, 공급 원료, 활용 기술 및 최종 산물들을 연결하는 탄소 활용 전략의 구조를 생성하는 단계; 선택된 활용 기술과 관련된 공정의 크기 및 비용과 관련된 데이터를 수집하는 단계; 시뮬레이션 수행을 위한 문제 설정 정보를 수집하는 단계; 및 수집된 상기 문제 설정 정보에 기초하여 목적함수를 선택하고 선택된 목적함수의 최대값 또는 최소값을 계산하는 단계를 포함하여 구성될 수 있다.

[0014] 시뮬레이션 수행을 위해 설정된 문제가 최소 생산 비용의 계산과 관련이 있는 경우 다음과 같은 수학식이 활용될 수 있다.

$$\min Z_1 = \sum_j \alpha_j \phi_j X_j + \sum_j \pi_j X_j$$

[0015]

[0016] (α_j = j 기술의 투자 비용을 상환하기 위한 자본 비용 인자, ϕ_j = j 기술의 투자 비용, π_j = j 기술의 운용 비용, X_j = j 기술이 활용되는 지에 대한 여부)

[0017] 시뮬레이션 수행을 위해 설정된 문제가 최소 에너지 소비와 관련이 있는 경우 다음과 같은 수학식이 활용될 수 있다.

$$\min Z_2 = \sum_j \pi_j X_j$$

[0018]

[0019] (π_j = j 기술의 운용 비용, X_j = j 기술이 활용되는 지에 대한 여부)

[0020] 시뮬레이션 수행을 위해 설정된 문제가 최대 생산량과 관련이 있는 경우 다음과 같은 수학식이 활용될 수 있다.

$$\max Z_3 = \sum_m \sum_i \theta_i P_{mi}$$

[0021]

[0022] (θ_i = i 혼합물의 판매 가격, P_{mi} = 최종 산물 P의 산출량)

[0023] 시뮬레이션 수행을 위해 설정된 문제가 최대 수익의 계산과 관련이 있는 경우 다음과 같은 수학식이 활용될 수 있다.

$$\max Z_4 = \sum_m \sum_i \theta_i P_{mi} - (\sum_j \alpha_j \varphi_j X_j + \sum_j \pi_j X_j)$$

[0024]

[0025]

(θ_i = i 혼합물의 판매 가격, P_{mi} = 최종 산물 P의 산출량, α_j = j 기술의 투자 비용을 상환하기 위한 자본 비용 인자, φ_j = j 기술의 투자 비용, π_j = j 기술의 운용 비용, X_j = j 기술이 활용되는 지에 대한 여부)

[0026]

수집된 상기 문제 설정에 기초하여 목적함수를 선택하고 선택된 목적함수의 최대값 또는 최소값을 계산하는 단계는, 생성된 상기 탄소 활용 전략 내에서, 선택된 공급 원료로부터 선택된 최종 산물까지 연결되는 경로의 모든 경우의 수에 대한 계산을 통해 수행되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0027]

상기 탄소 활용 전략 시뮬레이션 수행 방법은, 수집된 상기 문제 설정 정보에 기초하여 목적함수를 선택하고 선택된 목적함수의 최대값 또는 최소값을 계산하는 과정에서, 선택된 탄소 활용 전략 구조 내의 특정 경로에 대해 병목 현상이 발생하는 구간에 대한 분석을 수행하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0028]

상기 탄소 활용 전략 시뮬레이션 수행 방법은, 수집된 상기 문제 설정 정보에 기초하여 목적함수를 선택하고 선택된 목적함수의 최대값 또는 최소값을 계산하는 과정에서, 특정 요소의 변동에 의해 발생하는 영향을 토대로 민감도 분석을 수행하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0029]

상기 탄소 활용 전략 시뮬레이션 수행 방법은, 생성된 탄소 활용 전략의 구조 내에서 선택된 공급 원료로부터 선택된 최종 산물까지 연결되는 경로 마다 발생하는 폐기물의 종류 및 배출량 정보를 바탕으로 환경에 미치는 영향에 대한 계산을 수행하고 환경에 미치는 영향이 가장 적은 경로의 선택을 수행하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0030]

본 발명의 다른 실시예에 따르면, 탄소 활용 전략 수립과 관련된 시뮬레이션을 수행하는 관리 서버는, 적어도 하나 이상의 공급 원료에 대한 선택 정보, 적어도 하나 이상의 활용 기술에 대한 선택 정보 및 적어도 하나 이상의 최종 산물에 대한 선택 정보를 수집하는 설정 정보 수집부; 수집된 선택 정보를 기초로 하여, 공급 원료, 활용 기술 및 최종 산물들을 연결하는 탄소 활용 전략의 구조를 생성하는 상부 구조 생성부; 선택된 활용 기술과 관련된 공정의 크기 및 비용과 관련된 데이터를 수집하는 기술 정보 수집부; 시뮬레이션 수행을 위한 문제 설정 정보를 수집하는 목표 문제 설정부; 및 수집된 상기 문제 설정 정보에 기초하여 목적함수를 선택하고 선택된 목적함수의 최대값 또는 최소값을 계산하는 시뮬레이션 수행부를 포함하여 구성될 수 있다.

발명의 효과

[0031]

본 발명의 실시예에 따르면, 다양한 설정에 따라 탄소 활용 전략의 상부 구조가 생성되며, 구조 내에서 기술 공정에 따라 변경될 수 있는 경로에 대한 모든 경우의 수를 설정된 문제에 알맞은 목적함수에 대해 검토함으로써, 다양한 상황에 대한 최적화된 전략을 수립할 수 있다.

[0032]

본 발명이 실시예에 따르면, 목적함수의 최대값 또는 최소값을 계산하는 과정에서 특정 경로 내에서 병목 현상이 발생하는 구간에 대한 분석이나, 특정 요소의 변동에 의해 발생하는 영향을 토대로 민감도 분석이 수행될 수 있다.

[0033]

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

[0034]

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 최적화 기반 탄소 활용 전략 생성 시스템이 동작하는 프로세스를 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소 활용 전략에 대해 생성되는 상부 구조로 공급 원료가 코크스로 가스인 경우를 나내는 흐름도이다. 도 2에서는 특정 기술 공정에 의한 경로만이 나타나 있지만, 이와 달리 탄소 활용 전략의 상부 구조에서 포함할 수 있는 공정은 보다 다양하게 구성될 수 있다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 수립되는 탄소 활용 전략 내에서 사용될 수 있는 분리(Separation) 공정에 대한 프로세스의 흐름을 나타낸 다이어그램이다.

도 4는 본 발명이 일 실시예에 따라 수립되는 탄소 활용 전략 내에서 사용될 수 있는 개질(Reforming) 공정 및

상향(Upgrading) 공정에 대한 프로세스의 흐름을 나타낸 다이어그램이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소 활용 전략 수립을 위해 수행되는 기술 관련 파라미터와 경제성 관련 파라미터들의 평가가 진행되는 순서를 나타낸 흐름도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 관리 서버의 구성을 개략적으로 나타낸 블록도이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 수립되는 탄소 활용 전략에서 설정된 정보와 목표 문제에 기초하여 최적화 모델이 설정되는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따라 수립되는 탄소 활용 전략 중 수소 생산에 대해 수립되는 전략들을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0035] 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.
- [0036] 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.
- [0037] 본 명세서 상에서는 설명의 편의를 위해 다양한 종류의 잔여 가스 중 코크스로 가스(COG)에 대한 분석을 일 예시로 하여 본 발명을 설명하기로 한다. 다만, 본 발명에서 탄소 활용 전략을 수립하기 위해서 수행되는 시뮬레이션 상에서 선택되는 공급 원료는 코크스로 가스에 제한되지 않음은 물론이다.
- [0038] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 최적화 기반 탄소 활용 전략 생성 시스템이 동작하는 프로세스를 설명하기 위한 도면이다.
- [0039] 일 실시예에 따르면, 최적화 기반 탄소 활용 전략을 수립하기 위한 시스템과 관련된 제반 정보의 수집과 분석은 별도의 관리 서버를 통해 이루어질 수 있다. 이러한 관리 서버는 탄소 활용 전략을 통해 공정을 수행하는 시스템 내부에 포함될 수도 있지만, 공정 시스템 외부에 위치할 수도 있다.
- [0040] 관리 서버에서는 탄소 활용 전략 수립을 위한 자료 수집 및 이에 대한 분석이 이루어질 수 있으며, 상세하게는 탄소 활용 전략을 수행함에 있어서 선택할 수 있는 다양한 의사 결정 사항에 대한 최적화 분석이 이루어질 수 있다.
- [0041] 도 1을 참조하면, 탄소 활용 전략 수립은 크게 5가지의 단계로 분류되어 수행될 수 있다. 본 명세서 상에서는 설명의 편의를 위해 5가지의 단계를 제1 단계 내지 제5 단계로 명시하여 설명하기로 하나 각 단계들의 순서는 제1 단계로부터 제5 단계까지 순차적으로 진행되는 것은 아닐 수 있다.
- [0042] 제1 단계는 최적화 기반의 탄소 활용 전략 수립을 수행하기 위한 목표인 문제 설정 단계로, 상세하게는 공급 원료, 활용 기술 및 최종 산물을 선택하는 단계이다.
- [0043] 상세하게는, 관리 서버의 관리 주체 또는 관리 서버를 통해 탄소 활용 전략 수립을 수행하고 그 결과를 수신하고자 하는 사용자는 적어도 하나 이상의 공급 원료에 대한 선택 정보, 적어도 하나 이상의 활용 기술에 대한 선택 정보 및 적어도 하나 이상의 최종 산물에 대한 선택 정보를 관리 서버에 입력할 수 있다.
- [0044] 본 명세서 상에서는, 설명의 편의를 위해 공급 원료가 코크스로 가스(COG)로 선택된 것으로 가정하기로 하나, 본 발명의 범위는 이에 한정되지 않는다.
- [0045] 제1 단계에서는 공급 원료에 대한 종류뿐 아니라, 공급 원료가 공급될 수 있는 양, 공급 원료의 구성 성분 비율, 온도 및 압력에 대한 정보가 설정될 수 있다. 또한, 제1 단계에서는 타겟이 되는 최종 산물이 설정될 수

있으며 공급 원료로부터 최종 산물이 산출되는 과정에서 활용될 수 있는 기술이 선택될 수 있다.

- [0046] 예를 들어, 공급 원료로부터 최종 산물이 산출되는 과정에서 활용되는 기술은 분리(Separation) 기술 또는 반응(Reaction) 기술을 포함할 수 있다. 분리 기술은 가스에서 가스 분리(GTG: gas to gas separation), 가스에서 액체 분리(GTL: gas to liquid separation), 액체에서 액체 분리(LTL: liquid to liquid separation) 등으로 분류될 수 있으며, 가스에서 가스분리는 압력 스윙 흡착(PSA: Pressure Swing Adsorption), 멤브레인, 흡착 공정 등을 통해 수행될 수 있고 나머지 가스에서 액체 분리와 액체에서 액체 분리 또한 이와 같이 세부 기술로 분류될 수 있다.
- [0047] 하나의 기술은 실질적으로 구현되기 위해서 다양한 장비를 포함할 수 있다. 예를 들어, 하나의 분리 기술은 열과 압력을 조절하는 컴프레서, 온도를 조절하는 쿨러, 재활용 작업을 위한 플래시 드럼, 반응을 수행하는 메인 PFR(Plug flow reactor) 등의 조합을 통해 실현될 수 있다.
- [0048] 제2 단계는 상부 구조를 생성하는 단계로, 상세하게는 수집된 선택 정보들을 기초로 하여, 공급 원료, 활용 기술 및 최종 산물들을 연결하는 탄소 활용 전략의 구조를 생성하는 단계이다.
- [0049] 도 1을 참조하면, 제2 단계인 상부 구조 생성(Superstructure generation) 단계에서는 공급 원료, 활용 기술, 최종 산물을 토대로 공급 원료로부터 최종 산물까지 적어도 하나 이상의 활용 기술을 통해 연결되는 구조가 생성될 수 있다. 즉, 상부 구조에서 하나의 공급 원료 및 하나의 최종 산물이 선택되더라도 이를 연결하는 경로는 다양할 수 있으며 이는 다양한 기술의 조합(종류 및 순서)에 따라 다양한 방식의 탄소 활용 전략이 수립 가능하다는 것을 의미할 수 있다.
- [0050] 제3 단계는 각각의 기술에 대한 프로세스 모델이 수립되는 단계(Process model development)로, 프로세스 시뮬레이터를 통해 시뮬레이션 모델이 수립되는 단계이다. 제 3단계에서는, 제1 단계 및 제2 단계에서 선택된 정보를 토대로 정상적인 운용조건 내에서 작동하는 시뮬레이션 모델을 생성할 수 있다.
- [0051] 제4 단계는 최적화 모델을 발전시키는 단계(Optimization model development)로, 시뮬레이션을 수행할 때에 필요한 사전 제한 조건에 대한 설정 및 목적 함수의 설정을 수행하는 단계이다.
- [0052] 도 1을 참조하면, 에너지와 질량의 균형, 최종 산물의 수요, 특정 기술에서 산출될 수 있는 최대량, 공급될 수 있는 원료의 양 등에 대한 제한이 설정되어 이와 같은 제한 조건을 토대로 시뮬레이션이 수행될 수 있다.
- [0053] 제4 단계에서는 다양한 종류의 목적 함수 중 적어도 일부가 선택될 수 있는데, 예를 들어 최소 생산 비용, 최소 에너지 소비, 최대 생산량, 최대 수익 등과 관련된 목적함수 중 일부가 선택될 수 있다.
- [0054] 제 5단계는 최종적으로 선택된 문제에 대한 탄소 활용 전략을 도출하는 단계이다.
- [0055] 제5 단계에서는 관리서버의 관리 주체 또는 사용자가 설정한 문제 설정과 그에 알맞은 목적함수를 결합하여 최종적으로 최적화된 해를 도출할 수 있다. 도 1을 참조하면 관리 주체 또는 사용자는 제2 단계에서 생성된 상부 구조에서 특정한 공급 원료, 최종 산물을 선택하고 분석을 원하는 항목에 따른 목적함수를 설정하여 관리 서버가 최종적인 탄소 활용 전략 수립을 위한 시뮬레이션을 수행하도록 할 수 있다.
- [0056] 도 1의 제5 단계에서는 제2 단계에서 생성된 탄소 활용 전략의 구조에 내에서, 관리 주체 또는 사용자가 설정한 제한 사항 및 선택 사항에 기초하여 도출된 하나의 최적화 경로가 표시되어 있다. 다만, 본 발명의 일 실시예에 따르면 탄소 활용 전략의 상부 구조 내에서 특정 문제에 대해 선택되는 최적화 경로는 하나 이상으로 도출될 수도 있다.
- [0057] 제 5단계에서는 최적화 경로 도출뿐 아니라, 최적화 경로 상에서 병목 현상이 발생하는 구간에 대한 분석, 최적화 경로에서 특정 요소의 변동에 의해 발생하는 영향을 토대로 수행되는 민감도 분석이 수행될 수 있다.
- [0058] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소 활용 전략에 대해 생성되는 상부 구조로 공급 원료가 코크스로 가스인 경우를 나내는 흐름도이다. 도 2에서는 특정 기술 공정에 의한 경로만이 나타나 있지만, 이와 달리 탄소 활용 전략의 상부 구조에서 포함할 수 있는 공정은 보다 다양하게 구성될 수 있다.
- [0059] 도 2를 참조하면, 코크스로 가스는 다양한 공정을 통해 중간 산물, 최종 산물, 부산물 및 폐기물로 변환될 수 있다.
- [0060] 도 2에서는 분리(Separation)와 관련된 기술 공정, 개질(Reforming)과 관련된 기술 공정 및 상향(Upgrading)과 관련된 기술 공정이 각각 상이한 색상으로 표시되었으며, 공급 원료, 중간 산물, 최종 산물, 폐기물 및 부산물

또한 각각 상이한 색상으로 표시되었다.

- [0061] 도 2를 참조하면, 분리 공정은 가스에서 가스 분리(GTG) 및 가스에서 액체 분리(GTL)로 분류될 수 있으며, 개질 공정은 메테인 개질(MR: Methane Rreforming), 수성 가스 이동(WGS: Water Gas Shift) 및 역수성 가스 이동(RWGS: Reverse Water Gas Shift)로 분류될 수 있다.
- [0062] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 수립되는 탄소 활용 전략 내에서 사용될 수 있는 분리(Separation) 공정에 대한 프로세스의 흐름을 나타낸 다이어그램이다.
- [0063] 도 3을 참조하면, 분리 공정 기술은 크게 가스에서 가스 분리(GTG or G/G) 타입 및 가스에서 액체 분리(GTL or G/L) 타입으로 분류될 수 있으며, 가스에서 가스를 분리하는 공정은 흡착(ABS: absorption), 압력 스윙 흡착(PSA: Pressure Swing Adsorption), 멤브레인(Membrane) 방식을 포함하고, 가스에서 액체를 분리하는 공정은 증류(DIST: distillation) 방식을 포함할 수 있다.
- [0064] 도 3에서는 단순화된 방식의 프로세스 흐름 다이어그램(PFD: Process flow diagram)이 표시되어 있으며, 이는 각 공정을 수행하기 위해서 최소한으로 필요한 장비들을 포함하여 표시될 수 있다.
- [0065] 도 4는 본 발명이 일 실시예에 따라 수립되는 탄소 활용 전략 내에서 사용될 수 있는 개질(Reforming) 공정 및 상향(Upgrading) 공정에 대한 프로세스의 흐름을 나타낸 다이어그램이다.
- [0066] 도 4를 참조하면, 개질 공정 기술은 수성 가스 이동(WGS), 역수성 가스 이동(RWGS) 및 증기 메탄 개질(SMR: Stream Methane Reforming) 방식으로 분류될 수 있으며, 상향 공정 기술은 메탄올 합성(MS: Methanol Synthesis), 피셔-트로프슈 합성(FT: Fischer-Tropsch synthesis), 메테인화(MTN: Methanation) 방식으로 분류될 수 있다.
- [0067] 도 4에서는 단순화된 방식의 프로세스 흐름 다이어그램(PFD: Process flow diagram)이 표시되어 있으며, 이는 각 공정을 수행하기 위해서 최소한으로 필요한 장비들을 포함하여 표시될 수 있다. 또한, 도 4에서는 개별 방식의 개질 또는 상향 공정을 수행함에 있어서 필요한 운용 조건(Operating Conditions)이 표시될 수 있다. 운용 조건에는 공정이 수행되어야 하는 온도, 압력 및 반응 속도(Kinetic Rate)가 포함될 수 있다.
- [0068] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소 활용 전략 수립을 위해 수행되는 기술 관련 파라미터와 경제성 관련 파라미터들의 평가가 진행되는 순서를 나타낸 흐름도이다.
- [0069] 도 5를 참조하면, 평가를 수행하는 단계는 어두운 색으로 표시되었으며, 평가 수행을 통해 산출되거나 평가 수행을 위해 필요한 파라미터들은 밝은 색으로 표시되었다.
- [0070] 도 5를 참조하면, 본 발명에서 개시되는 관리 서버는 공급 원료 등에 대한 정보와, 활용될 수 있는 기술 공정에 대한 스펙 등을 토대로 탄소 활용 전략에 대한 공정 모델을 생성할 수 있으며 이를 토대로 다양한 기술적/경제적 분석을 수행할 수 있다.
- [0071] 도 5에 도시된 바와 같이, 기술적/경제적 파라미터에 대한 분석은 다양한 방식으로 수행될 수 있다. 예를 들어, 단위 생산 비용에 대한 계산은 자본 비용, 고정 운영 비용, 변동 운영 비용의 조합을 통해 계산될 수 있으며, 자본 비용은 직접 비용 / 간접 비용의 계산과 시간 가치의 조정을 통해 계산될 수 있다. 고정 운영 비용과 변동 운영 비용 또한 도 5에 나타난 방식과 같이 계산될 수 있다.
- [0072] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 관리 서버(100)의 구성을 개략적으로 나타낸 블록도이다.
- [0073] 도 6을 참조하면, 관리 서버(100)는 설정 정보 수집부(110), 상부 구조 생성부(120), 기술 정보 수집부(130), 목표 문제 설정부(140) 및 시뮬레이션 수행부(150), 통신부(160), 저장부(170) 및 제어부(180)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0074] 설정 정보 수집부(110)는 관리 서버(100)의 관리 주체 또는 사용자로부터 탄소 활용 전략을 수립하기 위한 기본 설정 조건을 수신하여 수집할 수 있다. 설정 정보 수집부(110)는 적어도 하나 이상의 공급 원료에 대한 선택 정보, 적어도 하나 이상의 활용 기술에 대한 선택 정보 및 적어도 하나 이상의 최종 산물에 대한 선택 정보를 수집할 수 있다.
- [0075] 일 실시예에 따르면, 관리 서버(100)의 관리 주체 또는 사용자는 공급 원료를 우선적으로 선택하고, 해당 공급 원료로부터 생산될 수 있는 최종 산물의 목록을 설정 정보 수집부(110)로부터 제공 받아 최종 산물의 목록 중 적어도 일부를 선택할 수 있다. 또한, 관리 서버(100)의 관리 주체 또는 사용자는 공급 원료 및 해당 공급 원료

로부터 생산될 수 있는 최종 산물을 선택한 후, 선택된 공급 원료 및 최종 산물에 대해 활용될 수 있는 기술 공정의 목록을 설정 정보 수집부(110)로부터 제공 받아 기술 공정의 목록 중 적어도 일부를 선택할 수 있다.

- [0076] 상부 구조 생성부(120)는 수집된 공급 원료, 활용 기술 및 최종 산물에 대한 선택 정보를 기초로 하여 공급 원료, 활용 기술 및 최종 산물들을 연결하는 탄소 활용 전략의 구조를 생성할 수 있다.
- [0077] 이와 같이 생성되는 탄소 활용 전략의 상부 구조는 도 2에 도시된 것과 같은 형태로 생성될 수 있다. 도 2에서는 하나의 공급 원료에 대한 상부 구조만이 표시되었으나, 본 발명의 상부 구조 생성부(120)에 의해 복수의 공급 원료에 대한 상부 구조가 생성될 수 있다.
- [0078] 탄소 활용 전략의 상부 구조는 도 2에 도시된 것과 같이 공급 원료와 복수의 최종 산물에 대해 이들을 연결하는 경로가 각각의 기술 공정으로 구성된 것일 수 있다. 즉, 상부 구조 상에서 동일한 공급 원료와 최종 산물이 선택된 경우에도 기술 공정의 선택에 따라 기술적, 경제적 파라미터의 계산이 상이해질 수 있으며, 이들의 비교를 통해 특정 경로가 최적화 경로로 선택될 수 있다.
- [0079] 기술 정보 수집부(130)는 설정 정보 수집부(110)에 의해 수집된 활용 기술에 대한 선택 정보에 기초하여, 선택된 활용 기술과 관련된 공정의 크기 및 비용에 대한 데이터를 수집할 수 있다. 공정의 크기란 공정에서 처리할 수 있는 원료의 양 또는 속도 등을 의미할 수 있다.
- [0080] 기술 정보 수집부(130)가 수집하는 데이터는 각 공정 내에서 사용되는 원료 및 산물의 흐름과 관련된 수치 데이터, 자본 비용과 운용 비용 등을 포함할 수 있다.
- [0081] 목표 문제 설정부(140)는 생성된 상부 구조를 통해서 탄소 활용 전략 수립을 수행하기 위한 시뮬레이션을 수행하기 전에, 시뮬레이션 수행을 위한 문제 설정 정보를 수집할 수 있다.
- [0082] 목표 문제 설정부(140)가 수집하는 문제 설정 정보는 다양하게 설정될 수 있다. 예를 들어, 타겟이 되는 특정 최종 산물을 다양한 종류의 코크스로 가스로부터 산출할 수 있는 최적화 전략, 특정 코크스로 가스를 활용하기 위한 최적화 전략, 특정 공급 원료와 특정 최종 산물이 결정된 경우의 최적화 전략 등이 목표로 설정될 수 있다.
- [0083] 또한, 목표 문제 설정부(140)가 수집하는 문제 설정 정보에 따라 탄소 활용 전략 수립에 대한 다양한 목적이 설정될 수 있다. 예를 들어, 탄소 활용 전략 수립의 목적은 설정된 상황에 대해 최소 생산 비용, 최소 에너지 소비, 최대 생산량 또는 최대 수익을 도출하는 것으로 설정될 수 있다.
- [0084] 시뮬레이션 수행부(150)는 목표 문제 설정부(140)에 의해 설정된 문제 설정 정보에 기초하여, 목적 함수를 선택하고 선택된 목적함수의 최대값 또는 최소값을 계산할 수 있다.
- [0085] 시뮬레이션 수행부(150)는 설정 정보 수집부(110)에 의해 수집된 각종 선택 정보, 기술 정보 수집부(130)에 의해 수집된 기술 공정 관련 정보, 및 목표 문제 설정부(140)에 의해 관리되는 문제 설정 정보를 기초로 하여 최종적인 탄소 활용 전략 수립과 관련된 시뮬레이션을 수행할 수 있으며, 이 과정에서 상부 구조 생성부(120)에 의해 생성된 탄소 활용 전략의 구조를 활용할 수 있다.
- [0086] 상세하게는, 시뮬레이션 수행부(150)는 주어진 조건에 기초하여, 탄소 활용 전략의 상부 구조 내에서 선택된 공급 원료로부터 선택된 최종 산물까지 연결되는 경로의 모든 경우의 수에 대한 계산을 통해 선택된 목적함수의 최대값 또는 최소값을 계산할 수 있다. 탄소 활용 전략의 상부 구조 내에서의 경로의 변경은 활용되는 기술 공정의 선택에 따라 이루어질 수 있다.
- [0087] 시뮬레이션 수행부(150)는 시뮬레이션 수행을 위해 설정된 문제의 종류에 따라 사용되는 목적함수의 값을 다양한 수학적식을 활용하여 계산할 수 있다.
- [0088] 일 실시예에 따르면, 시뮬레이션 수행부(150)는 시뮬레이션 수행을 위해 설정된 문제가 최소 생산 비용의 계산과 관련된 경우 다음과 같은 수학적식 1을 활용하여 계산을 수행할 수 있다.

수학적식 1

$$\min Z_1 = \sum_j \alpha_j \varphi_j X_j + \sum_j \pi_j X_j$$

[0089]

[0090] 상기 수학적 식 1에서 우변의 변수들은 각각 $\alpha_j = j$ 기술의 투자 비용을 상환하기 위한 자본 비용 인자, $\phi_j = j$ 기술의 투자 비용, $\pi_j = j$ 기술의 운용 비용, $X_j = j$ 기술이 활용되는 지에 대한 여부와 같이 대응될 수 있다.

[0091] 일 실시예에 따르면, 시뮬레이션 수행부(150)는 시뮬레이션 수행을 위해 설정된 문제가 최소 에너지 소비의 계산과 관련된 경우 다음과 같은 수학적 식 2를 활용하여 계산을 수행할 수 있다.

수학적 식 2

$$\min Z_2 = \sum_j \pi_j X_j$$

[0093] 상기 수학적 식 2에서, 우변의 변수들은 각각 $\pi_j = j$ 기술의 운용 비용, $X_j = j$ 기술이 활용되는 지에 대한 여부와 같이 대응될 수 있다.

[0094] 일 실시예에 따르면, 시뮬레이션 수행부(150)는 시뮬레이션 수행을 위해 설정된 문제가 최소 생산량의 계산과 관련된 경우 다음과 같은 수학적 식 3을 활용하여 계산을 수행할 수 있다.

수학적 식 3

$$\max Z_3 = \sum_m \sum_i \theta_i P_{mi}$$

[0096] 상기 수학적 식 3에서, 우변의 변수들은 각각 $\theta_i = i$ 혼합물의 판매 가격, $P_{mi} =$ 최종 산물 P의 산출량과 같이 대응될 수 있다.

[0097] 일 실시예에 따르면, 시뮬레이션 수행부(150)는 시뮬레이션 수행을 위해 설정된 문제가 최대 수익의 계산과 관련된 경우 다음과 같은 수학적 식 4를 활용하여 계산을 수행할 수 있다.

수학적 식 4

$$\max Z_4 = \sum_m \sum_i \theta_i P_{mi} - (\sum_j \alpha_j \phi_j X_j + \sum_j \pi_j X_j)$$

[0099] 상기 수학적 식 4에서 우변의 변수들은 각각 $\theta_i = i$ 혼합물의 판매 가격, $P_{mi} =$ 최종 산물 P의 산출량, $\alpha_j = j$ 기술의 투자 비용을 상환하기 위한 자본 비용 인자, $\phi_j = j$ 기술의 투자 비용, $\pi_j = j$ 기술의 운용 비용, $X_j = j$ 기술이 활용되는 지에 대한 여부와 같이 대응될 수 있다.

[0100] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 시뮬레이션 수행부(150)는 수집된 문제 설정 정보에 기초하여 목적 함수를 설정하고 선택된 목적함수의 최대값 또는 최소값을 계산하는 과정에서, 탄소 활용 전략의 구조 내에서 선택된 특정 경로에 대해, 해당 경로 상에서 병목 현상이 발생하는 구간에 대한 분석을 수행할 수 있다.

[0101] 상세하게는, 시뮬레이션 수행부(150)는 상부 구조 생성부(120)에 의해 생성된 상부 구조 내에서 목적 함수의 최소값 또는 최대값 조건을 만족하는 특정 경로를 선택할 수 있으며, 해당 경로가 포함하고 있는 기술 공정들의 처리 속도 등을 비교하여 해당 경로 중 어느 부분에서 병목현상이 발생하는지를 파악할 수 있다. 관리 서버(100)의 관리 주체 또는 사용자는 탄소 활용 전략을 활용한 전체 시스템이 운용됨에 있어서 소수의 구성 요소 또는 자원에 의해 시스템의 전체 성능 또는 용량이 제한되는지를 확인할 수 있다.

[0102] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 시뮬레이션 수행부(150)는 수집된 문제 설정 정보에 기초하여 목적함수를 선택하고 선택된 목적함수의 최대값 또는 최소값을 계산하는 과정에서, 특정 요소의 변동에 의해 발생하는 영향을 토대로 민감도 분석을 수행할 수 있다.

- [0103] 상세하게는, 시뮬레이션 수행부(150)는 상부 구조 생성부(120)에 의해 생성된 상부 구조 내에서 목적 함수의 최소값 또는 최대값 조건을 만족하는 특정 경로를 선택할 수 있으며, 해당 경로 내에서 사용되는 기술 공정, 공급 원료, 중간 산물 등의 수치를 바꾸었을 때 최종 목적함수의 값이 변화하는 수치에 따라 민감도를 계산할 수 있다. 이와 같이 수행되는 민감도 분석 결과를 통해, 관리 서버(100)의 관리 주체 또는 사용자는 어떠한 요소의 변경이 목적 함수의 값의 변경에 미치는 영향이 어느 정도인지를 파악할 수 있게 된다.
- [0104] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 시뮬레이션 수행부(150)는 생성된 탄소 활용 전략의 구조 내에서 다양한 경우의 수를 가지는 경로들이 각각 환경에 미치는 영향에 대한 분석을 수행할 수 있다.
- [0105] 상세하게는, 시뮬레이션 수행부(150)는 탄소 활용 전략에 대해 생성된 상부 구조 내에서, 선택된 공급 원료로부터 선택된 최종 산물까지 연결되는 각각의 경로 별로 발생하는 폐기물의 종류 및 배출량 정보를 바탕으로 환경에 미치는 영향에 대한 계산을 수행할 수 있으며, 추가적으로는 관리 서버(100)의 관리 주체 또는 사용자의 설정에 따라 환경에 미치는 영향이 가장 적은 경로의 선택을 수행할 수 있다.
- [0106] 통신부(160)는 관리 서버(100)가 탄소 자원 활용 시스템, 기타 사용자 단말기 또는 외부 서버와의 통신을 수행할 수 있도록 한다. 통신부(160)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.
- [0107] 저장부(170)는 관리 서버(100)의 각종 구성부 내에서 수집되고, 생성되고, 운용되는 정보들을 저장하는 역할을 수행한다. 즉, 저장부(170)에는 공급 원료, 중간물, 부산물, 폐기물 및 최종 산물에 대한 정보, 생성된 탄소 활용 전략의 상부 구조에 대한 정보, 특정 기술 공정에 대한 정보, 문제 설정 정보 등이 저장될 수 있다. 이러한 저장부(170)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.
- [0108] 제어부(180)는 설정 정보 수집부(110), 상부 구조 생성부(120), 기술 정보 수집부(130), 목표 문제 설정부(140) 및 시뮬레이션 수행부(150), 통신부(160) 및 저장부(170) 간의 데이터 흐름을 제어하는 기능을 수행할 수 있다. 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 제어부(180)는 설정 정보 수집부(110), 상부 구조 생성부(120), 기술 정보 수집부(130), 목표 문제 설정부(140) 및 시뮬레이션 수행부(150), 통신부(160) 및 저장부(170)에서 각각 고유한 기능을 수행하도록 제어할 수 있다.
- [0109] 도 6에서 설정 정보 수집부(110), 상부 구조 생성부(120), 기술 정보 수집부(130), 목표 문제 설정부(140) 및 시뮬레이션 수행부(150) 및 통신부(160)는 제어부(180)를 기능적으로 분류한 구성이므로 하나의 제어부(180)로서 통합되어 구성될 수도 있다.
- [0110] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 수립되는 탄소 활용 전략에서 설정된 정보와 목표 문제에 기초하여 최적화 모델이 설정되는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0111] 도 7을 참조하면, 최상단 행에는 공급 연료 및 최종 산물에 대한 선택 정보가 표시되어 있다. 관리 서버(100)의 관리 주체 또는 사용자는 공급 연료 및 최종 산물에 대해 각각 하나 이상의 선택을 수행할 수 있다.
- [0112] 도 7의 가장 좌측에 표시되는 열에는 시뮬레이션 수행을 위한 문제 설정 정보가 표시되어 있다. 관리 서버(100)의 관리 주체 또는 사용자는 최소 생산 비용, 최소 에너지 소비, 최대 생산량 또는 최대 수익 등의 목표를 설정할 수 있다.
- [0113] 도 7을 참조하면, 공급 연료 및 최종 산물에 대한 선택 정보와, 시뮬레이션 수행을 위한 문제 설정 정보의 조합에 따라 설정되는 최적화 모델이 간략하게 표시되어 있다.
- [0114] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따라 수립되는 탄소 활용 전략 중 수소 생산에 대해 수립되는 전략들을 설명하기 위한 도면이다.
- [0115] 도 8을 참조하면, 코크스로 가스로부터 수소를 생산함에 있어 4가지의 문제 설정이 수행되고 그에 따른 탄소 활용 전략이 수립된 상황이 표시되어 있다.
- [0116] 도 8의 (a) 및 (b)를 참조하면, 단위 최소 생산 비용(UPC: Unit Production Cost) 및 단위 최소 에너지 소비(UEC: Unit Energy Consumption)와 관련하여서는 PSA 기술 공정이 포함된 가장 단순한 형태의 구조가 탄소 활용 전략으로 선택될 수 있다. 이와 같은 선택의 이유는 PSA 기술 공정과 관련된 낮은 투자 비용에 의한 것일 수 있

다. 또한, 코크스로가스가 상대적으로 높은 압력과 온도로 제공되는데, 이를 통해 최종 산물 조건인 순도 99%를 충족하는 수소를 산출하기 위해 필요한 PSA 유닛 작동시 약간의 유틸리티(예를 들어, 전기나 열)만이 필요하기 때문에 운용 비용과 에너지 소비량이 가장 낮게 분석될 수 있다.

[0117] 다만, 이와 같은 탄소 활용 전략에 의하면 부산물인 가스에 메테인이 풍부하게 포함되어 있는데 이와 같은 부산물 가스로부터 추가적인 수소 분리가 이루어지지 않아, 최종적으로 산출되는 수소의 양은 적을 수 있다.

[0118] 도 8의 (c)를 참조하면, 주어진 코크스로 가스의 양으로부터 산출되는 수소의 양을 최대로 하는 탄소 활용 전략이 표시되어 있다. 탄소 활용 전략의 상부 구조중 수소의 산출량을 최대로 하는 경로는 크게 세 단계의 압력 스윙 흡착(PSA) 공정을 통해 이루어질 수 있다. 즉, 첫번째 PSA 공정에서 배출되는 잔여가스가 증기 메탄 개질(SMR) 공정을 거쳐 수소, 일산화탄소 및 이산화탄소가 추가적으로 산출될 수 있으며, 이들의 조합은 두번째 PSA 공정에 이용되어 추가적인 수소가 산출될 수 있다. 두번째 PSA 공정에서 배출되는 잔여 가스는 수성 가스 이동(WGS) 및 세번? PSA 공정에 이용되어 추가적인 수소가 산출될 수 있다.

[0119] 도 8의 (d)를 참조하면, 주어진 코크스로 가스로부터 최대의 수익을 창출할 수 있는 탄소 활용 전략이 표시되어 있다. 탄소 활용 전략의 상부 구조 중 최대의 수익을 목표로 하는 경로는 증기 메탄 개질(SMR) 공정, 수성 가스 이동(WGS) 공정 및 PSA 공정을 순차적으로 포함할 수 있다. 이와 같은 공정의 순서는 산출되는 수소의 양을 단순한 PSA 공정을 거칠때보다 높일 수 있으면서도, 생산 비용을 낮게 유지할 수 있는 순서일 수 있다. 수소의 산출량을 최대로 하는 탄소 활용 전략과 비교하였을 때에, PSA 공정의 수가 감소되었으며 이는 적은 자본 비용 및 운용 비용에 기여할 수 있다.

[0120] 도 8에서는 수소 생산과 관련된 탄소 활용 전략의 최적화에 대해서만 예시로 표시하고 설명하였으나, 피셔-트로프슈 연료(FT fuel), 메테인 등이 상이한 최종 산물에 대해서도 이와 유사한 방식으로 탄소 활용 전략의 최적화가 수행될 수 있다.

[0121] 이와 같이, 본 발명의 다양한 실시예들에 따르면, 다양한 설정 및 목표에 따른 탄소 활용 전략이 종합적으로 수립될 수 있다. 즉, 하나의 공정 또는 정해진 공급 원료와 최종 산물에 제한되지 않고 사용자의 선택에 따라 상황에 알맞은 탄소 활용 전략이 수립될 수 있다.

[0122] 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.

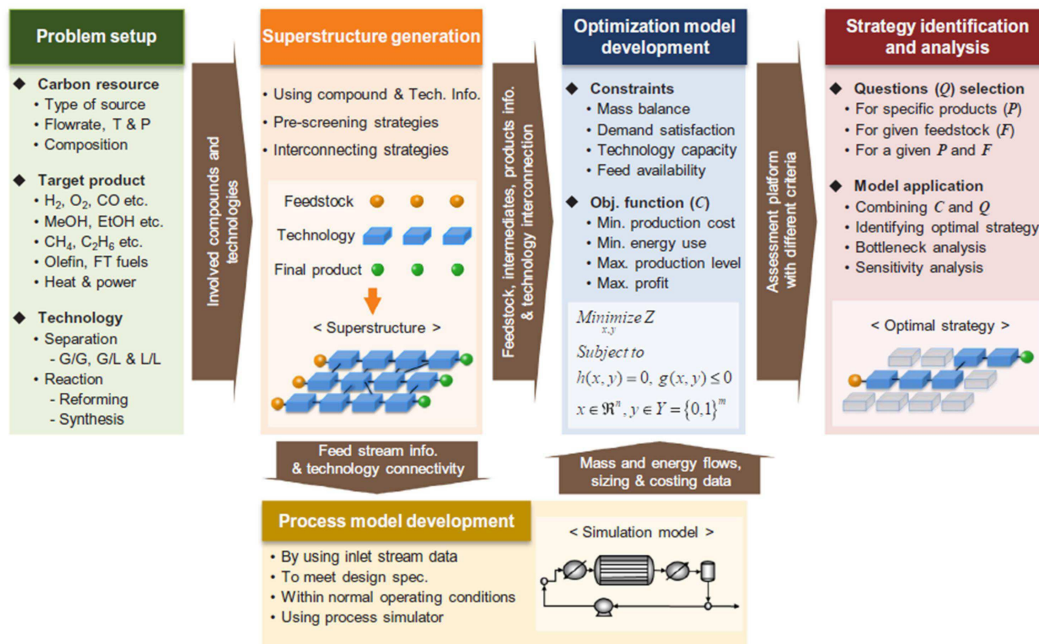
[0123] 이상, 첨부된 도면을 참조로 하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 기술자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로, 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며, 제한적이지 않은 것으로 이해해야만 한다.

부호의 설명

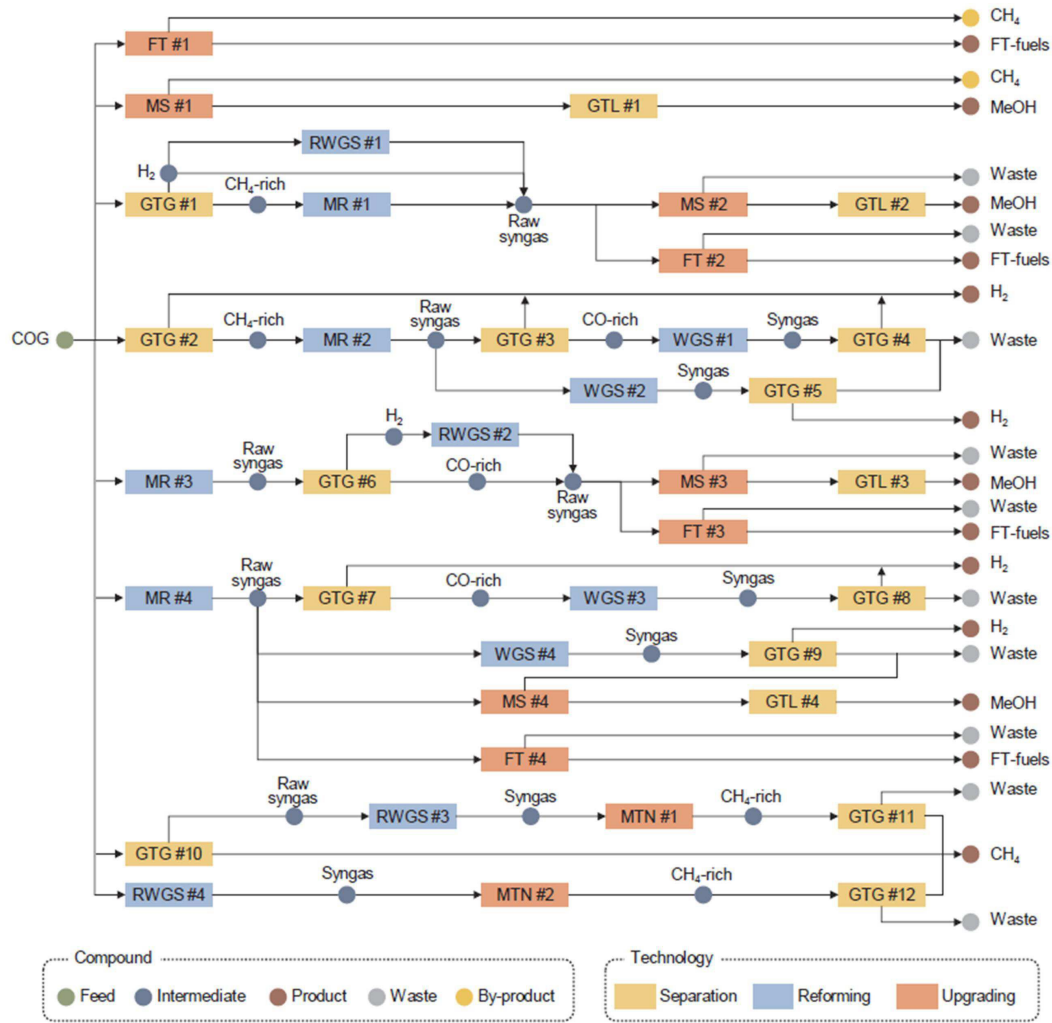
- [0124]
- 100: 관리 서버
 - 110: 설정 정보 수집부
 - 120: 상부 구조 생성부
 - 130: 기술 정보 수집부
 - 140: 목표 문제 설정부
 - 150: 시뮬레이션 수행부
 - 160: 통신부
 - 170: 저장부
 - 180: 제어부

도면

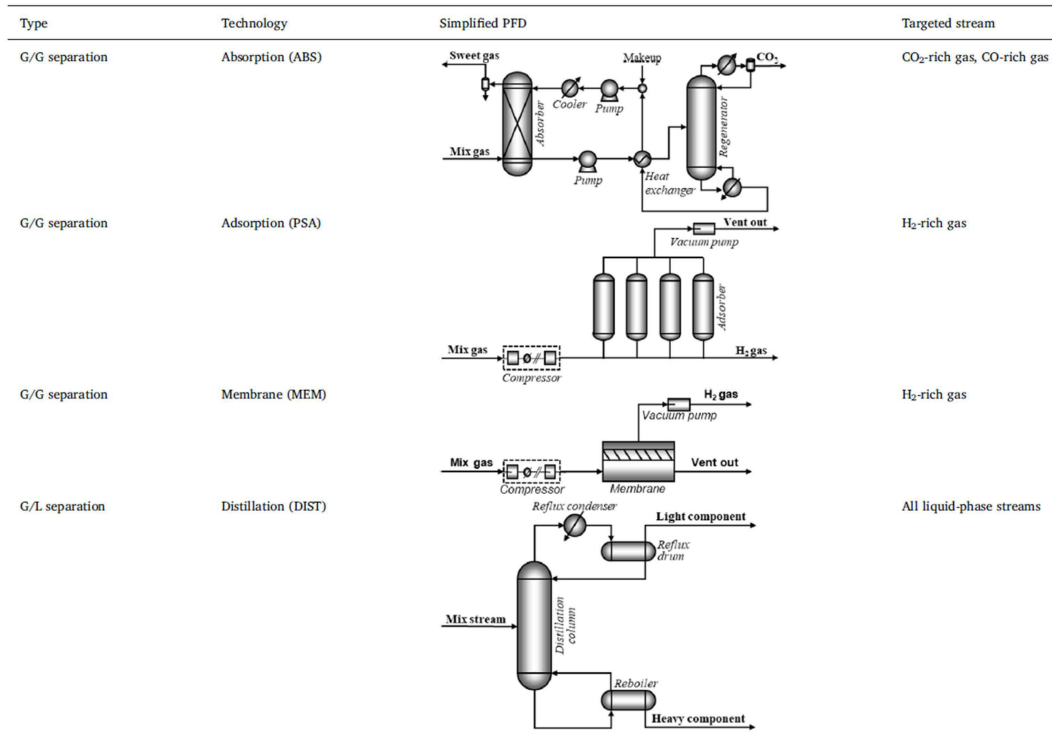
도면1



도면2



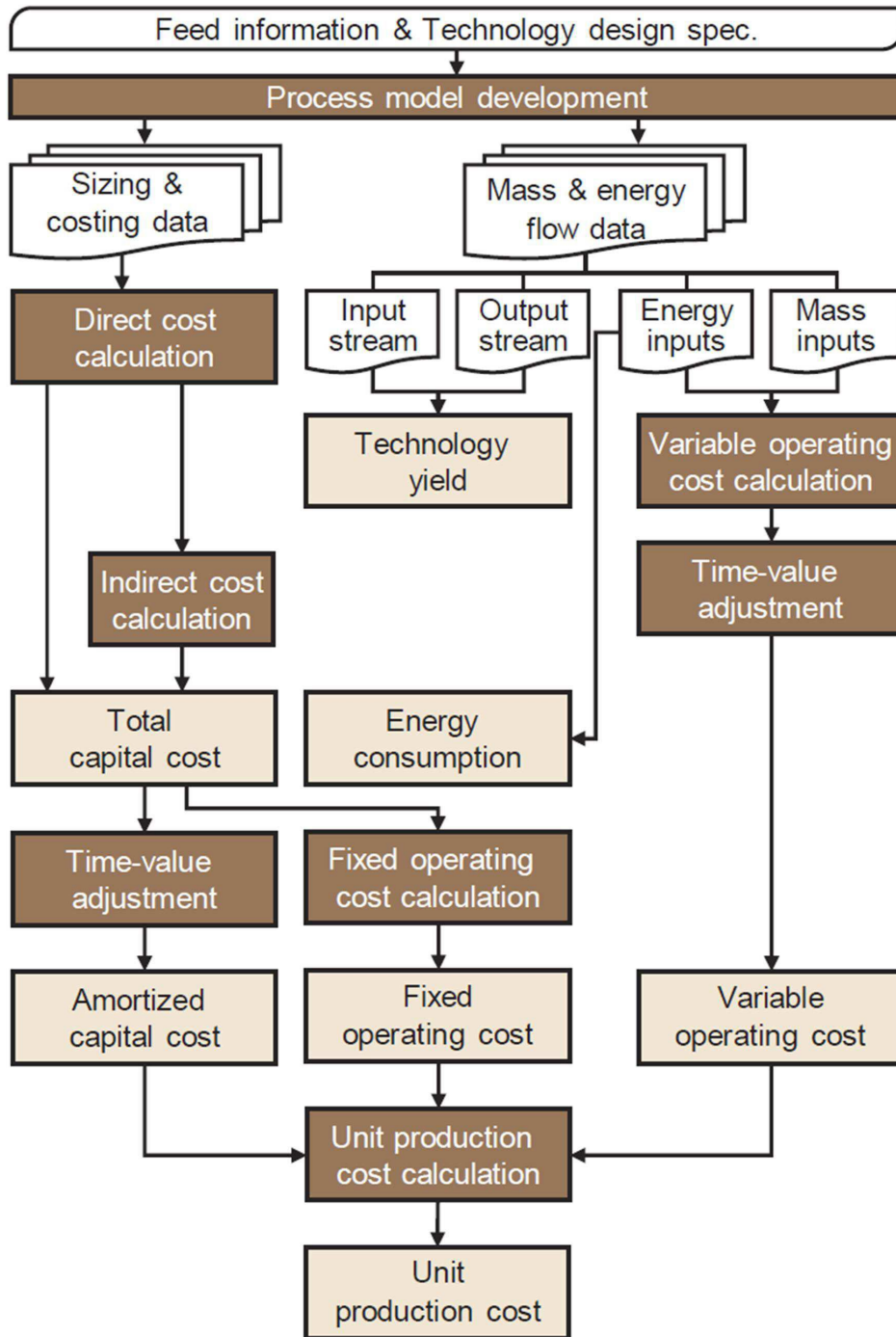
도면3



도면4

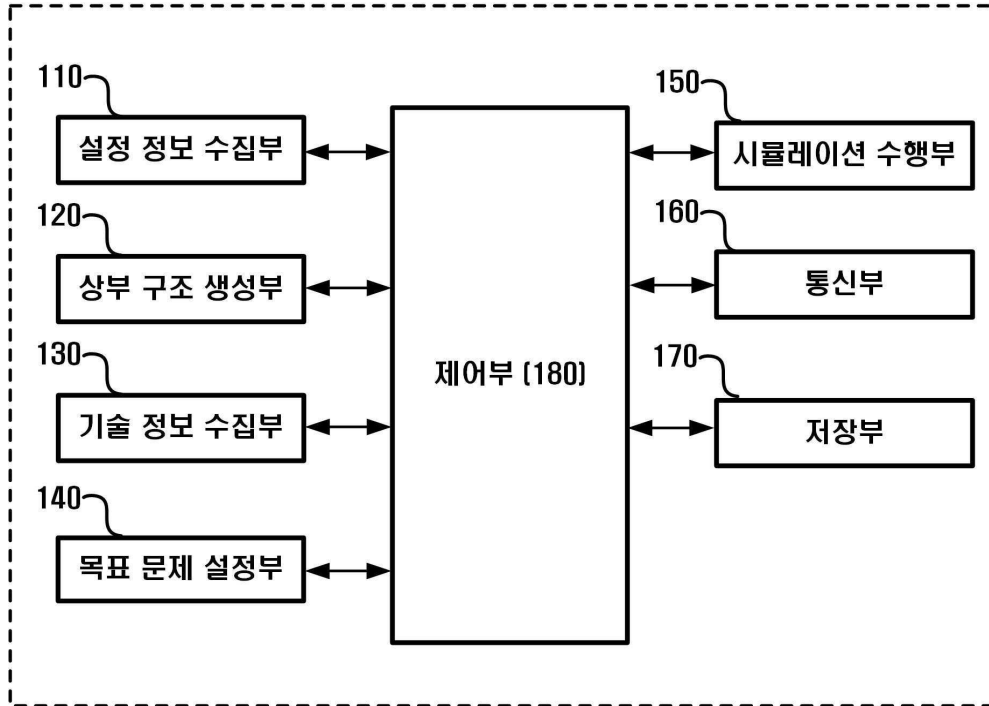
Technology	Simplified PFD	Operating conditions		
		T (°C)	P (bar)	Kinetic rate
Water gas shift (WGS)		150~450	1~80	$r_1 = \frac{k_2 P_{CO_2} (1 - P_{H_2O} P_{CO} / k_{eq, WGS} P_{H_2} P_{CO_2})}{(1 + K_1 P_{H_2}^{0.5} + K_2 P_{H_2O} + K_3 P_{H_2O} / P_{H_2})}$
Reverse water gas shift (RWGS)		400~1200	1~20	$r_1 = \frac{k_2 P_{CO_2} (1 - P_{H_2O} P_{CO} / k_{eq, WGS} P_{H_2} P_{CO_2})}{(1 + K_1 P_{H_2}^{0.5} + K_2 P_{H_2O} + K_3 P_{H_2O} / P_{H_2})}$
Steam methane reforming (SMR)		650~950	1~30	$r_1 = \frac{k_{SMR} P_{CH_4} P_{H_2O} - P_{H_2} P_{CO} / K_{eq, SMR}}{P_{H_2}^2 (1 + K_{CO} P_{CO} + K_{H_2} P_{H_2} + K_{CH_4} P_{CH_4} + K_{H_2O} P_{H_2O} / P_{H_2})^2}$ $r_2 = \frac{k_{WGS} P_{CO} P_{H_2O} - P_{H_2} P_{CO_2} / K_{eq, WGS}}{P_{H_2} (1 + K_{CO} P_{CO} + K_{H_2} P_{H_2} + K_{CH_4} P_{CH_4} + K_{H_2O} P_{H_2O} / P_{H_2})^2}$ $r_3 = \frac{k_{Global, SMR} P_{CH_4} P_{H_2O} - P_{H_2} P_{CO} / K_{eq, Global, SMR}}{P_{H_2}^2 (1 + K_{CO} P_{CO} + K_{H_2} P_{H_2} + K_{CH_4} P_{CH_4} + K_{H_2O} P_{H_2O} / P_{H_2})^2}$
Methanol synthesis (MS)		150~300	50~75	$r_1 = \frac{k_2 P_{CO_2} (1 - P_{H_2O} P_{CO} / k_{eq, WGS} P_{H_2} P_{CO_2})}{(1 + K_1 P_{H_2}^{0.5} + K_2 P_{H_2O} + K_3 P_{H_2O} / P_{H_2})}$ $r_2 = \frac{k_1 P_{CO_2} P_{H_2} (1 - P_{H_2O} P_{MeOH} / k_{eq, MS} P_{H_2} P_{CO_2})}{(1 + K_1 P_{H_2}^{0.5} + K_2 P_{H_2O} + K_3 P_{H_2O} / P_{H_2})^3}$
Fischer-Tropsch synthesis (FT)		200~250	25~60	$r_1 = \frac{a e^{-b/RT} K_1^{0.5} P_{H_2}^f}{(1 + K_1^{0.5} (2 + 1/K_4) P_{H_2}^{0.5} + \frac{K_1^{0.5}}{K_3 K_4 P_{H_2}^{0.5}} + \frac{K_1^{0.5} P_{H_2O}}{K_2 K_3 K_4 P_{H_2}^3})}$
Methanation (MTN)		300~700	2~77	$r_1 = \frac{k_1 K_C P_{CO}^{0.5} P_{H_2}^{0.5}}{(1 + K_C P_{CO} + K_{OH} P_{H_2O} P_{H_2}^{-0.5})^2}$ $r_2 = \frac{k_2 (K_2 P_{CO} P_{H_2} P_{H_2}^{-0.5} - P_{CO_2} P_{H_2}^{0.5} / K_{eq})}{(1 + K_C P_{CO} + K_{OH} P_{H_2O} P_{H_2}^{-0.5})^2}$

도면5



도면6

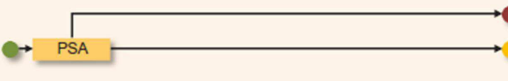
관리 서버 100



도면7

Questions (q)	Given product (1)	Given feedstock (2)	Given product/feedstock (3)
Criteria (c)			
Product cost (1)	M_{11} : Min Z_1 s.t. eqns. (22)-(26) with $\delta_{mi}=1, \delta_{mi}=0$ if $i \neq i' \in I^P$ $\rho_{mi}=L, \forall i \in I^F$	M_{21} : Min Z_1 s.t. eqns. (22)-(26) with $\delta_{mi}=1 \forall i \in I^P$ $\rho_{mi}=L, \rho_{mi}=0$ if $i \neq i' \in I^F$	M_{31} : Min Z_1 s.t. eqns. (22)-(26) with $\delta_{mi}=1, \delta_{mi}=0$ if $i \neq i' \in I^P$ $\rho_{mi}=L, \rho_{mi}=0$ if $i \neq i'' \in I^F$
Energy consumption (2)	M_{12} : Min Z_2 s.t. eqns. (22)-(26) with $\delta_{mi}=1, \delta_{mi}=0$ if $i \neq i' \in I^P$ $\rho_{mi}=L, \forall i \in I^F$	M_{22} : Min Z_2 s.t. eqns. (22)-(26) with $\delta_{mi}=1 \forall i \in I^P$ $\rho_{mi}=L, \rho_{mi}=0$ if $i \neq i' \in I^F$	M_{32} : Min Z_2 s.t. eqns. (22)-(26) with $\delta_{mi}=1, \delta_{mi}=0$ if $i \neq i' \in I^P$ $\rho_{mi}=L, \rho_{mi}=0$ if $i \neq i'' \in I^F$
Product quantity (3)	M_{13} : Max Z_3 s.t. eqns. (22) and (24)-(26) with $\delta_{mi}=L, \delta_{mi}=0$ if $i \neq i' \in I^P$ $\rho_{mi}=1, \forall i \in I^F$	M_{23} : Max Z_3 s.t. eqns. (22) and (24)-(26) with $\delta_{mi}=L \forall i \in I^P$ $\rho_{mi}=1, \rho_{mi}=0$ if $i \neq i' \in I^F$	M_{33} : Max Z_3 s.t. eqns. (22) and (24)-(26) with $\delta_{mi}=L, \delta_{mi}=0$ if $i \neq i' \in I^P$ $\rho_{mi}=1, \rho_{mi}=0$ if $i \neq i'' \in I^F$
Profit (4)	M_{14} : Max Z_4 s.t. eqns. (22)-(26) with $\delta_{mi}=1, \delta_{mi}=0$ if $i \neq i' \in I^P$ $\rho_{mi}=L, \forall i \in I^F$	M_{24} : Max Z_4 s.t. eqns. (22)-(26) with $\delta_{mi}=1 \forall i \in I^P$ $\rho_{mi}=L, \rho_{mi}=0$ if $i \neq i' \in I^F$	M_{34} : Max Z_4 s.t. eqns. (22)-(26) with $\delta_{mi}=1, \delta_{mi}=0$ if $i \neq i' \in I^P$ $\rho_{mi}=L, \rho_{mi}=0$ if $i \neq i'' \in I^F$

도면8

Problem	Strategy (COG → H ₂)	Description	Value
(a) Min UPC		• Total capital cost: 17.6M\$/y • H₂ amount: 50,496ton/y	0.35\$/kg
(b) Min UEC		• No utility consumption	0.35\$/kg
(c) Max amount		• H₂ amount: 1.48 × 10⁵ton/y	1.48 × 10 ⁵ ton/y
(d) Max profit		• H₂ amount: 130,874ton/y • Production cost: 84.1M\$/y • Revenue: 261.7M\$/y	177.6M\$/y