(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0130477
(43) 공개일자 2024년08월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05B 19/418 (2024.01) *G06Q 10/06* (2012.01)
(52) CPC특허분류
G05B 19/41885 (2013.01)
G05B 19/41865 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0023728
(22) 출원일자 2023년02월22일
심사청구일자 2023년02월22일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
권상진
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
김재성
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 무한

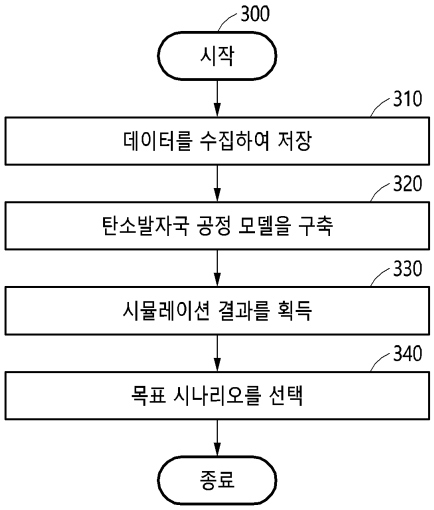
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 **제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 장치 및 방법**

(57) 요 약

일 실시예에 따른 제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 장치는 제조공정별 탄소 배출과 관련된 데이터를 수집하여 저장하는 메모리 및 상기 제조공정에 대한 적어도 하나의 시설 및 적어도 하나의 공정 단계에서의 탄소 배출 데이터에 기초하여 상기 제조공정을 탄소 배출량 관점에서 모델링함으로써 탄소발자국 공정 모델을 구축하고, 상기 구축된 탄소발자국 공정 모델에서 생성된 결과에 기초한 시뮬레이션을 수행함으로써 시뮬레이션 결과를 획득하며, 상기 시뮬레이션 결과에 기초하여 생성된 복수의 시나리오들 중 제조공정에서 배출된 탄소가 감소되는 목표 시나리오를 선택하는 프로세서를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도3



(52) CPC특허분류
G06Q 10/063 (2023.01)
Y02P 90/84 (2015.11)
(72) 발명자
윤유선
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
권나현
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
강태엽
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

명 세 서

청구범위

청구항 1

제조공정별 탄소 배출과 관련된 데이터를 수집하여 저장하는 메모리; 및

상기 제조공정에 대한 적어도 하나의 시설 및 적어도 하나의 공정 단계에서의 탄소 배출 데이터에 기초하여 상기 제조공정을 탄소 배출량 관점에서 모델링함으로써 탄소발자국 공정 모델을 구축하고,

상기 구축된 탄소발자국 공정 모델에서 생성된 결과에 기초한 시뮬레이션을 수행함으로써 시뮬레이션 결과를 획득하며,

상기 시뮬레이션 결과에 기초하여 생성된 복수의 시나리오들 중 제조공정에서 배출된 탄소가 감소되는 목표 시나리오를 선택하는 프로세서

를 포함하는 제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 적어도 하나의 공정 단계의 각 공정 단계마다 탄소 배출량을 산출하는 상기 탄소발자국 공정 모델을 생성하는,

제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 프로세서는,

각 공정 단계에서 상기 적어도 하나의 시설의 각 시설마다 탄소 배출량을 산출하는 상기 탄소발자국 공정 모델을 생성하는,

제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 탄소발자국 공정 모델에서 상기 적어도 하나의 공정 단계 중 하나 이상의 공정 단계를 위해 탄소 저감 장치가 설치된 경우의 수를 이용하여 상기 시뮬레이션을 수행하는,

제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 탄소발자국 공정 모델에서 상기 적어도 하나의 시설 중 하나 이상의 시설을 위해 탄소 저감 장치가 설치된 경우의 수를 이용하여 상기 시뮬레이션을 수행하는,

제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 복수의 시나리오들 중에서 장치 투자비용 또는 탄소 저감량 중 적어도 하나에 기초하여 상기 목표 시나리오를 선택하는,

제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 복수의 시나리오들 중 장치 투자비용 및 탄소 저감량에 기초한 관심영역 지표를 이용하여 상기 목표 시나리오를 선택하는,

제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 복수의 시나리오들 별로 탄소 저감량을 비용으로 환산함으로써 탄소 저감량 비용을 획득하고,

상기 복수의 시나리오들 중 장치 투자비용 대비 상기 탄소 저감량 비용의 비율로 계산된 관심영역 지표 값이 가장 높은 시나리오를 상기 목표 시나리오로 선택하는,

제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 프로세서는,

전체 제조공정에서의 탄소 배출을 최적화하는 상기 시뮬레이션을 수행하는 탄소 배출 최적화 모델의 목적식을 설정하고,

각 제조공정에서의 작동되는 시설의 수, 탄소 배출량, 작업자 수 및 예산과 관련된 상기 탄소 배출 최적화 모델의 복수의 제약식을 설정하는,

제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 목적식은,

상기 제조공정에서 사용되는 시설에 대한 정보와 상기 제조공정에서 사용되는 시설에 대한 정보에 기초하여 산출되는 복수의 탄소 배출원을 고려한 탄소 배출 비용을 이용하는,

제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 탄소 배출 비용은, 직접 탄소 배출량, 열에너지 및 간접 탄소 배출량을 포함하는,

제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 장치.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 복수의 제약식은,

상기 제조공정에서 작동되는 시설의 개수가 시설 수 제한 값 이상인지 여부, 상기 제조공정에서 배출되는 탄소 배출량이 탄소 배출 제한 값 이하인지 여부, 상기 제조공정에 투입되는 작업자 수가 작업자 제한 값 이하인지 여부 및 상기 제조공정에서 탄소 저감 장치를 설치하는 총 비용이 예산 제한 값 이하인지 여부를 이용하는,

제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 시설 수 제한 값, 상기 탄소 배출 제한 값, 상기 작업자 제한 값 및 상기 예산 제한 값은, 상기 탄소 배출과 관련된 데이터에 기초하여 설정되는,

제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 장치.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 제조공정에서 생산되는 각 제품에 대한 데이터를 제품 식별자로 지정하고, 상기 제품 식별자에 행해지는 각각의 작업에 대한 데이터를 작업 식별자로 지정하는,

제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 장치.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 제품 식별자 및 작업 식별자에 기초하여 상기 탄소 배출과 관련된 데이터를 분류하여 수집하는,

제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 장치.

청구항 16

프로세서에 의해 수행되는 제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 방법에 있어서,

제조공정별 탄소 배출과 관련된 데이터를 수집하여 저장하는 단계;

상기 제조공정에 대한 적어도 하나의 시설 및 적어도 하나의 공정 단계에서의 탄소 배출 데이터에 기초하여 상기 제조공정을 탄소 배출량 관점에서 모델링함으로써 탄소발자국 공정 모델을 구축하는 단계;

상기 구축된 탄소발자국 공정 모델에서 생성된 결과에 기초한 시뮬레이션을 수행함으로써 시뮬레이션 결과를 획득하는 단계; 및

상기 시뮬레이션 결과에 기초하여 생성된 복수의 시나리오들 중 제조공정에서 배출된 탄소가 감소되는 목표 시나리오를 선택하는 단계

를 포함하는 제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 방법.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 목표 시나리오를 선택하는 단계는,

상기 복수의 시나리오들 별로 탄소 저감량을 비용으로 환산함으로써 탄소 저감량 비용을 획득하는 단계; 및

상기 복수의 시나리오들 중 장치 투자비용 대비 상기 탄소 저감량 비용의 비율로 계산된 관심영역 지표 값이 가장 높은 시나리오를 상기 목표 시나리오로 선택하는 단계

를 포함하는 제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 방법.

청구항 18

제16항에 있어서,

상기 시뮬레이션 결과를 획득하는 단계는,

전체 제조공정에서의 탄소 배출을 최적화하는 상기 시뮬레이션을 수행하는 탄소 배출 최적화 모델의 목적식을 설정하는 단계; 및

각 제조공정에서의 작동되는 시설의 수, 탄소 배출량, 작업자 수 및 예산과 관련된 상기 탄소 배출 최적화 모델의 복수의 제약식을 설정하는 단계

를 포함하는 제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 방법.

청구항 19

제16항에 있어서,

상기 데이터를 수집하여 저장하는 단계는,

상기 제조공정에서 생산되는 각 제품에 대한 데이터를 제품 식별자로 지정하고 단계;

상기 제품 식별자에 행해지는 각각의 작업에 대한 데이터를 작업 식별자로 지정하는 단계; 및

상기 제품 식별자 및 작업 식별자에 기초하여 상기 탄소 배출과 관련된 데이터를 분류하여 수집하는 단계

를 포함하는 제조공정에서의 탄소저감 최적화 모델 구축 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 이하, 제조공정 단계에서의 탄소중립을 도달하는 것에 관한 기술이 제공된다.

배 경 기 술

[0003] 이산화탄소(CO_2)(이하, '탄소')는 대기 중의 산소나 수소와 달리 우주로 발산하는 적외선 복사열을 흡수 또는 반사하는 온실가스 중 하나이다. 탄소의 증가는 대기 온도를 상승시키는 주된 원인으로써, 대기 온도 상승에 의해 빙하가 융해(melting)되면 해수면 상승과 같은 환경의 변화가 초래될 수 있다. 2016년 지구 평균 온도는 14.9℃로, 20세기 지구 평균 온도인 13.9℃ 평균에 비해 1℃가 상승하였다. 또한, 국내 평균 상승 온도는 지구 평균 상승 온도인 1℃보다 높은 1.8℃로 상승하였으며, 특히 최근 30년 사이에 1.4℃로 급격하게 상승하는 특징을 보이고 있다. 이에 국내에서도 해외에서 진행하는 탄소 감축 정책과 같이 지구의 온도 상승을 억제하기 위해 다양한 방안을 필요로 한다.

[0004] 위에서 설명한 배경기술은 발명자가 본원의 개시 내용을 도출하는 과정에서 보유하거나 습득한 것으로서, 반드시 본 출원 전에 일반 공중에 공개된 공지기술이라고 할 수는 없다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국 공개 특허공보 10-2013-0044079(2013년 05월 02일 공고)에는 탄소성적표지 산출시스템이 제시된다.

(특허문헌 0002) 한국 공개 특허공보 10-2016-0105412(2016년 09월 06일 공고)에는 식육 생산 동물의 사료 효율 및 탄소 발자국을 추정하기 위한 시스템 및 방법이 제시된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 일 실시예에 따른 제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 장치 및 방법은 투자 가능 비용, 운용 가능 인원 등 기업의 환경에 맞는 조건뿐만 아니라 탄소 저감 장치에 대한 정보 또한 고려한 탄소발자국 공정 모델을 구축할 수 있다.

[0008] 일 실시예에 따른 제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 장치 및 방법은 탄소발자국 공정 모델을 구축하고 구축된 탄소발자국 공정 모델에 기초한 시뮬레이션을 수행함에 따라 전체 제조공정에서 배출된 탄소가 감소되는 최적의 시나리오를 선택할 수 있다.

[0009] 다만, 기술적 과제는 상술한 기술적 과제들로 한정되는 것은 아니며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 일 실시예에 따른 제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 장치는 제조공정별 탄소 배출과 관련된 데이터를 수집하여 저장하는 메모리 및 상기 제조공정에 대한 적어도 하나의 시설 및 적어도 하나의 공정 단계에서의 탄소 배출 데이터에 기초하여 상기 제조공정을 탄소 배출량 관점에서 모델링함으로써 탄소발자국 공정 모델을 구축하고, 상기 구축된 탄소발자국 공정 모델에서 생성된 결과에 기초한 시뮬레이션을 수행함으로써 시뮬레이션 결과를 획득하며, 상기 시뮬레이션 결과에 기초하여 생성된 복수의 시나리오들 중 제조공정에서 배출된 탄소가 감소

되는 목표 시나리오를 선택하는 프로세서를 포함할 수 있다.

[0012] 상기 프로세서는, 상기 적어도 하나의 공정 단계의 각 공정 단계마다 탄소 배출량을 산출하는 상기 탄소발자국 공정 모델을 생성할 수 있다.

[0013] 상기 프로세서는, 각 공정 단계에서 상기 적어도 하나의 시설의 각 시설마다 탄소 배출량을 산출하는 상기 탄소발자국 공정 모델을 생성할 수 있다.

[0014] 상기 프로세서는, 상기 탄소발자국 공정 모델에서 상기 적어도 하나의 공정 단계 중 하나 이상의 공정 단계를 위해 탄소 저감 장치가 설치된 경우의 수를 이용하여 상기 시뮬레이션을 수행할 수 있다.

[0015] 상기 프로세서는, 상기 탄소발자국 공정 모델에서 상기 적어도 하나의 시설 중 하나 이상의 시설을 위해 탄소 저감 장치가 설치된 경우의 수를 이용하여 상기 시뮬레이션을 수행할 수 있다.

[0016] 상기 프로세서는, 상기 복수의 시나리오들 중에서 장치 투자비용 또는 탄소 저감량 중 적어도 하나에 기초하여 상기 목표 시나리오를 선택할 수 있다.

[0017] 상기 프로세서는, 상기 복수의 시나리오들 중 장치 투자비용 및 탄소 저감량에 기초한 관심영역 지표를 이용하여 상기 목표 시나리오를 선택할 수 있다.

[0018] 상기 프로세서는, 상기 복수의 시나리오들 별로 탄소 저감량을 비용으로 환산함으로써 탄소 저감량 비용을 획득하고, 상기 복수의 시나리오들 중 장치 투자비용 대비 상기 탄소 저감량 비용의 비율로 계산된 관심영역 지표 값이 가장 높은 시나리오를 상기 목표 시나리오로 선택할 수 있다.

[0019] 상기 프로세서는, 전체 제조공정에서의 탄소 배출을 최적화하는 상기 시뮬레이션을 수행하는 탄소 배출 최적화 모델의 목적식을 설정하고, 각 제조공정에서의 작동되는 시설의 수, 탄소 배출량, 작업자 수 및 예산과 관련된 상기 탄소 배출 최적화 모델의 복수의 제약식을 설정할 수 있다.

[0020] 상기 목적식은, 상기 제조공정에서 사용되는 시설에 대한 정보와 상기 제조공정에서 사용되는 시설에 대한 정보에 기초하여 산출되는 복수의 탄소 배출원을 고려한 탄소 배출 비용을 이용할 수 있다.

[0021] 상기 탄소 배출 비용은, 직접 탄소 배출량, 열에너지 및 간접 탄소 배출량을 포함할 수 있다.

[0022] 상기 복수의 제약식은, 상기 제조공정에서 작동되는 시설의 개수가 시설 수 제한 값 이상인지 여부, 상기 제조공정에서 배출되는 탄소 배출량이 탄소 배출 제한 값 이하인지 여부, 상기 제조공정에 투입되는 작업자 수가 작업자 제한 값 이하인지 여부 및 상기 제조공정에서 탄소 저감 장치를 설치하는 총 비용이 예산 제한 값 이하인지 여부를 이용할 수 있다.

[0023] 상기 시설 수 제한 값, 상기 탄소 배출 제한 값, 상기 작업자 제한 값 및 상기 예산 제한 값은, 상기 탄소 배출과 관련된 데이터에 기초하여 설정될 수 있다.

[0024] 상기 프로세서는, 상기 제조공정에서 생산되는 각 제품에 대한 데이터를 제품 식별자로 지정하고, 상기 제품 식별자에 행해지는 각각의 작업에 대한 데이터를 작업 식별자로 지정할 수 있다.

[0025] 상기 프로세서는, 상기 제품 식별자 및 작업 식별자에 기초하여 상기 탄소 배출과 관련된 데이터를 분류하여 수집할 수 있다.

[0026] 일 실시예에 따른 제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 방법은 제조공정별 탄소 배출과 관련된 데이터를 수집하여 저장하는 단계, 상기 제조공정에 대한 적어도 하나의 시설 및 적어도 하나의 공정 단계에서의 탄소 배출 데이터에 기초하여 상기 제조공정을 탄소 배출량 관점에서 모델링함으로써 탄소발자국 공정 모델을 구축하는 단계, 상기 구축된 탄소발자국 공정 모델에서 생성된 결과에 기초한 시뮬레이션을 수행함으로써 시뮬레이션 결과를 획득하는 단계, 상기 시뮬레이션 결과에 기초하여 생성된 복수의 시나리오들 중 제조공정에서 배출된 탄소가 감소되는 목표 시나리오를 선택하는 단계를 포함할 수 있다.

[0027] 상기 목표 시나리오를 선택하는 단계는, 상기 복수의 시나리오들 별로 탄소 저감량을 비용으로 환산함으로써 탄소 저감량 비용을 획득하는 단계 및 상기 복수의 시나리오들 중 장치 투자비용 대비 상기 탄소 저감량 비용의 비율로 계산된 관심영역 지표 값이 가장 높은 시나리오를 상기 목표 시나리오로 선택하는 단계를 포함할 수 있다.

[0028] 상기 시뮬레이션 결과를 획득하는 단계는, 전체 제조공정에서의 탄소 배출을 최적화하는 상기 시뮬레이션을 수행하는 탄소 배출 최적화 모델의 목적식을 설정하는 단계 및 각 제조공정에서의 작동되는 시설의 수, 탄소 배출

량, 작업자 수 및 예산과 관련된 상기 탄소 배출 최적화 모델의 복수의 제약식을 설정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0029] 상기 데이터를 수집하여 저장하는 단계는, 상기 제조공정에서 생산되는 각 제품에 대한 데이터를 제품 식별자로 지정하고 단계, 상기 제품 식별자에 행해지는 각각의 작업에 대한 데이터를 작업 식별자로 지정하는 단계 및 상기 제품 식별자 및 작업 식별자에 기초하여 상기 탄소 배출과 관련된 데이터를 분류하여 수집하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0031] 일 실시예에 따른 제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 장치 및 방법은 탄소 저감뿐만 아니라 탄소 저감에 따른 비용 및 이익을 모두 고려하여 해당 기업의 경제성을 고려한 최적의 탄소저감 시나리오를 도출할 수 있다.

[0032] 일 실시예에 따른 제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 장치 및 방법은 탄소 저감 시나리오를 수학적으로 도출함으로써, 최적의 탄소저감 공정 운영 시나리오가 선택되도록 논리적으로 기업의 의사결정을 지원할 수 있다.

[0033] 일 실시예에 따른 제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 장치 및 방법은 제조공정의 다양한 탄소 배출원을 모두 고려하는 복수의 탄소저감 시나리오를 생성하여 기존보다 더 다양한 복수의 탄소저감 시나리오 중 제조공정에서 배출되는 탄소량을 최대로 저감시킬 수 있는 최적의 탄소저감 시나리오가 선택될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0035] 도 1은 일 실시예에 따른 제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 장치를 도시한 블록도를 도시한다.

도 2는 일 실시예에 따른 제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 장치에서 탄소 배출 최적화 모델이 최적값을 찾는 경우의 수 중 하나인 예시도를 도시한다.

도 3은 일 실시예에 따른 제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 방법의 흐름도를 도시한다.

도 4는 일 실시예에 따른 제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 방법을 구체적으로 도식화한 흐름도를 도시한다.

도 5는 일 실시예에 따른 제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 방법 중 공정 모델링 과정을 도시한다.

도 6은 일 실시예에 따른 제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 방법 중 탄소발자국 공정 모델을 구축하는 단계의 흐름도를 도시한다.

도 7은 일 실시예에 따른 탄소발자국 공정 모델을 이용하여 전체 공정에서의 각 시설별 탄소 배출량을 나타내는 예시도를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0036] 실시예들에 대한 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 예시를 위한 목적으로 개시된 것으로서, 다양한 형태로 변경되어 구현될 수 있다. 따라서, 실제 구현되는 형태는 개시된 특정 실시예로만 한정되는 것이 아니며, 본 명세서의 범위는 실시예들로 설명한 기술적 사상에 포함되는 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.

[0037] 제1 또는 제2 등의 용어를 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 이런 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 해석되어야 한다. 예를 들어, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.

[0038] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.

[0039] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 설명된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함으로 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0040] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0041] 이하, 실시예들을 첨부된 도면들을 참조하여 상세하게 설명한다. 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일한 참조 부호를 부여하고, 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0042] 탄소 감축 정책은 다양한 산업군에서 배출되는 탄소를 포집하여 저장하거나 재활용하는 방식과 배출되는 탄소를 효율적으로 관리하는 방식 등을 포함할 수 있다. 본 발명에서는 배출한 탄소를 효율적으로 관리하는 방식 중 탄소 배출이 경제적으로 저감되도록 제조공정을 설계하는 방식을 수행할 수 있다.

[0043] 도 1은 일 실시예에 따른 제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 장치를 도시한 블록도를 도시한다.

[0044] 탄소저감 시나리오 결정 장치(예: 전자 장치(100))는 프로세서(110) 및 메모리(120)를 포함할 수 있다.

[0045] 프로세서(110)는 제조공정을 탄소 배출량 관점에서 모델링함으로써 탄소발자국 공정(process) 모델을 구축할 수 있다. 프로세서(110)는 제조공정에 대한 적어도 하나의 시설 및 적어도 하나의 공정 단계에서의 탄소 배출 데이터에 기초하여 탄소 배출량을 모델링할 수 있다. 예를 들면, 프로세서(110)는 적어도 하나의 공정 단계의 각 공정 단계마다 탄소 배출량을 산정하는 탄소발자국 공정 모델을 생성할 수 있다. 탄소발자국 공정 모델은 시설별 및/또는 공정 단계 별 공정 변수(예: 설비의 가동률, 가동시간, 에너지 사용량)로부터 탄소 배출량(예: 예측 탄소 배출량)을 출력하도록 설계된 모델일 수 있다. 또한, 프로세서(110)는 각 공정 단계에서 적어도 하나의 시설의 각 시설마다 탄소 배출량을 산정하는 탄소발자국 공정 모델을 생성할 수 있다. 탄소발자국 공정 모델을 구축하는 방법은 도6에서 상세하게 후술한다.

[0046] 프로세서(110)는 구축된 탄소발자국 공정 모델에서 생성된 결과에 기초한 시뮬레이션을 수행함으로써 시뮬레이션 결과를 획득할 수 있다.

[0047] 프로세서(110)는 시뮬레이션 플랫폼(예: 시뮬레이터)을 통해 탄소발자국 공정 모델에서 생성된 결과를 시뮬레이션하여 로그(예: 시뮬레이션 로그(simulated log)) 데이터를 추출하고 공정(process) 모델을 생성할 수 있다. 프로세서(110)는 시뮬레이터를 통해 시뮬레이션 결과인 로그 데이터의 통계량 분석을 수행할 수 있다. 또한, 프로세서(110)는 시뮬레이터를 통해 실제 공정 로그 데이터를 기반으로 공정 단계, 설비의 가동률, 가동시간, 에너지 사용량 등과 같은 필수적 정보(예: 공정 변수)에 추가로 탄소 저감 장치에 대한 정보(예: 추가 공정 변수)를 수집할 수 있다. 프로세서(110)는 시뮬레이터를 통해 수집된 정보를 도출된 공정 모델에 적용시킬 수 있다. 이에 따라 프로세서(110)는 시뮬레이터를 통해 투자 가능 비용, 운용 가능 인원 등 기업의 환경에 맞는 조건에 대해서는 제한하나, 탄소 저감 장치 설치 조합에 관해서는 모든 경우의 수를 고려할 수 있다.

[0048] 프로세서(110)는 탄소 배출 최적화 모델을 이용하여 생성된 공정 모델을 최적화함에 따라 복수의 시나리오들을 설계할 수 있다. 또한, 프로세서(110)는 탄소 배출 최적화 모델을 이용하여 복수의 시나리오들 중 최적의 공정 모델을 선택할 수 있다.

[0049] 도 2는 일 실시예에 따른 제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 장치에서 탄소 배출 최적화 모델이 최적값을 찾는 경우의 수 중 하나인 예시도를 도시한다.

[0050] 탄소 배출 최적화 모델이 최적값을 찾는 경우의 수는 각 공정별 시설을 선택하는 흐름을 의미할 수 있으나, 이에 한정되지 않고, 연속되지 않은 일부의 공정에서만 시설을 선택하는 경우도 포함될 수 있다. 예를 들어, 최적값을 찾는 경우의 수 중 어느 하나의 경우는 제1 공정에서 제1 시설을 사용하고, 제2 공정에서 제1 시설을 사용하며, 제3 공정에서 제2 시설을 사용한 흐름을 의미할 수 있다. 또 다른 예를 들어, 최적값을 찾는 경우의 수 중 또 다른 어느 하나의 경우는 제2 공정에서 제1 시설을 사용하고, 제6 공정에서 제3 시설을 사용하며, 제8 공정에서 제2 시설을 사용한 경우를 의미할 수 있다.

[0051] 탄소 배출 최적화 모델은 전체 제조공정에서의 탄소 배출을 최소화하는 목적식을 나타내는 하기의 식(1)과 이를 제한하는 제약식을 나타내는 식(2) 내지 (5)를 이용할 수 있다. 목적식은 전체 제조공정에서 탄소 배출이 최소화되도록 x_{ij}를 도출할 수 있다. 프로세서(110)는 x_{ij}를 이용하여 시나리오를 생성할 수 있다. x_{ij}는 결정변수

로써, i번째 공정에서 j시설의 사용여부에 따른 결과값을 나타낼 수 있다. 프로세서(110)는 x_{ij}를 이용함에 따라 각 공정에서 사용되는 시설(예: 탄소 배출원)을 모두 고려하여 탄소 배출을 최소화하는 결과를 생성할 수 있다. x_{ij}의 결과값은, 예를 들어, i번째 공정에서 j시설을 사용한 경우에 1로 하고, i번째 공정에서 j시설을 사용하지 않은 경우엔 0으로 할 수 있다. 또한, c_{ij}는 변수로써, i번째 공정에서 j시설을 사용한 경우, 모든 탄소 배출원들에 의한 탄소 배출 비용을 나타낼 수 있다. c_{ij}는 Scope1(CO_2(폐기물) 양)(예: 탄소 배출량), Scope2(열에너지)(예: 전기량) 및 Scope3(작업자로 인한 간접 탄소 배출량)에 기초한 지수(index)를 의미할 수 있다. 또한, 프로세서(110)는 Scope1 내지 3의 각 파라미터들을 정규화하여 합산한 값들을 c_{ij}에 적용할 수 있다.

$$\text{Minimize } z = \sum_{i\in I}\sum_{j\in J} c_{ij}x_{ij} \qquad (1)$$

subject to

$$\sum_{j\in J} x_{ij} = 1, \forall i \in I \qquad (2)$$

$$\sum_{i\in I}\sum_{j\in J} w_{ij}x_{ij} \le M \qquad (3)$$

$$\sum_{i\in I}\sum_{j\in J} p_{ij}x_{ij} \le m \qquad (4)$$

$$\sum_{i\in I}\sum_{j\in J} a_{ij}x_{ij} \le B \qquad (5)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \forall i \in I, \forall j \in J$$
$$w_{ij} \ge 0, \forall i \in I, j \in J$$
$$p_{ij} \ge 0, integer, \forall i \in I, j \in J$$
$$w_{ij} \ge 0, \forall i \in I, j \in J$$

[0052]

[0053] 제약식은 4개로 예시하지만 이에 한정되지 않고, 제조공정별 조건에 따라 증가 또는 감소될 수 있다. 식(2)는 공정별 시설을 한정하는 제약식으로써 시설 수 제한 값을, 예를 들어, 1로 하여 각 공정에서 한개의 시설이 작동되어야하는 것을 의미할 수 있다. 이는 어느 한 공정에서 복수의 시설 중 한 개의 시설만 작동되어야 하는 것을 의미할 수 있다. 식(3)은 공정에서 배출되는 폐기물 양을 한정하는 제약식일 수 있다. w_{ij}은 변수로써, i번째 공정에서 j시설을 사용했을 때 배출되는, 예를 들어, 0(예: 탄소 배출 제한 값) 이상인 폐기물의 양을 나타낼 수 있다. M은 변수로써 한 공정에서 나올 수 있는 폐기물 양을 나타낼 수 있다. 이에 시나리오는 각 공정에서 배출되는 폐기물 양의 합이 한 공정에서 나올 수 있는 폐기물 양보다 작거나 같은 경우에만 생성될 수 있다. 식(4)는 공정에 투입되는 작업자 수를 한정하는 제약식일 수 있다. p_{ij}은 변수로써, i번째 공정에서 j시설을 사용했을 때 필요한, 예를 들어, 0(예: 작업자 제한 값) 이상 정수(integer)인 작업자 수를 나타낼 수 있다. m은 변수로써 한 공정에서 가능한 작업자 수를 나타낼 수 있다. 이에 시나리오는 각 공정에서 배출되는 작업자 수의 합이 한 공정에서 나올 수 있는 작업자 수보다 작거나 같은 경우에만 생성될 수 있다. 식(5)는 탄소 저감 장치 설치 비용을 한정하는 제약식일 수 있다. a_{ij}은 변수로써, i번째 공정에서 j시설을 사용했을 때 필요한, 예를 들어, 0(예: 예산 제한 값) 이상인 탄소 저감 장치 설치 비용을 나타낼 수 있다. B는 변수로써 탄소 저감 장치를 설치할 수 있는 예산을 나타낼 수 있다. 이에 시나리오는 각 공정에서 탄소 저감 장치를 설치하는 비용이 예산 B보다 작거나 같은 경우에만 생성될 수 있다. 시설 수 제한 값, 탄소 배출 제한 값, 작업자 제한 값 및 예산 제한 값은, 탄소 배출과 관련된 데이터에 기초하여 설정될 수 있거나 사용자에 의해 입력될 수 있다.

[0054] 프로세서(110)는 목적식 및 제약식을 통해 설계되는 전체 제조공정 중 탄소 저감 장치 및/또는 히트 펌프(heat pump)가 설치 가능한 공정 또는 시설(예: x_{ij})을 이용하여 복수의 시나리오들을 생성할 수 있다. 탄소 저감 장치 및/또는 히트 펌프는 해당 기업의 설치 가능현황을 조사하여 전체 제조공정 중 설치 가능한 공정 또는 시설을 파악할 수 있다. 이에 따라, 탄소 저감 장치는 조사하여 파악한 기업의 공정 조건에 맞춰 설치할 수 있다.

또한, 히트 펌프도 기업의 공정 조건에 맞춰 탄소 저감 장치에 추가로 설치할 수 있다. 예를 들어, 아홉개의 제조공정 중 첫번째 제조공정, 네번째 제조공정 및 여덟번째 제조공정에서 탄소 저감 장치 및/또는 히트 펌프의 설치가 가능할 수 있다. 이에 프로세서(110)는 첫번째 제조공정, 네번째 제조공정 및 여덟번째 제조공정에서 탄소 저감 장치 및/또는 히트 펌프의 설치유무에 대한 경우의 수를 나타내는 시나리오를 생성할 수 있다. 예를 들어, 첫번째 제조공정에서는 탄소 저감 장치 및 히트 펌프가 설치 가능하고, 네번째 제조공정 및 여덟번째 제조공정에서는 탄소 저감 장치가 설치 가능한 경우, 16개의 시나리오가 생성될 수 있다. 16개의 시나리오는 전체 제조공정에 탄소 저감 장치 또는 히트 펌프를 설치하지 않은 시나리오 또한 포함할 수 있다. 해당 시나리오는 탄소저감을 하기 전 탄소 배출량을 표시하므로 탄소 저감량 산출 시 기준점이 될 수 있다.

[0055] 또한, 복수의 시나리오들은 탄소 저감 장치에 의하여 최소화된 탄소 배출량에 기초하여 배열될 수 있다. 예를 들면, 복수의 시나리오들 중 첫번째 시나리오는 탄소 배출량이 제일 적고 탄소 저감량이 제일 큰 시나리오로써, 이는 전체 공정에 대하여 탄소 저감 장치가 설치된 것을 의미할 수 있다.

[0056] 프로세서(110)는 시뮬레이션 결과에 기초하여 생성된 복수의 시나리오들 중 제조공정에서 배출된 탄소가 감소되는 목표 시나리오를 선택할 수 있다. 프로세서(110)는 목표 시나리오를 선택하기 위하여 각각의 시나리오에 대한 경제성 분석을 수행할 수 있다. 프로세서(110)는 전술한 탄소발자국 공정 모델을 통해 각 시나리오별 전체 탄소 배출량(kg)을 측정할 수 있다. 예를 들어, 전체 제조공정에 탄소 저감 장치를 설치한 시나리오(예: 제1 시나리오)로부터 나온 전체 탄소 배출량은 전체 시나리오 중에 가장 낮은 탄소 배출량을 나타낼 수 있다. 또한, 전체 제조공정에 탄소 저감 장치를 설치 않은 시나리오(예: 제16 시나리오)로부터 나온 전체 탄소 배출량은 탄소저감을 하기 전 탄소 배출량을 나타낼 수 있다. 프로세서(110)는 탄소 저감량(kg)를 산출할 수 있다. 탄소 저감량은 탄소저감을 하기 전에 배출된 탄소량에서 탄소저감장치 및/또는 히트 펌프를 설치한 후 탄소발자국 공정 모델을 통해 도출된 탄소 배출량 간의 차이일 수 있다. 프로세서(110)는 각 시나리오별로 탄소 저감량 비용을 투자비용으로 나눈 ROI를 산출할 수 있다. 탄소 저감량 비용은 탄소 저감량을 비용(예: 원)으로 환산한 값을 나타내고, 투자비용은 (1년 기준) 탄소저감장치 및/또는 히트 펌프의 설치비용을 나타낼 수 있다. 프로세서(110)는 ROI, 장치 투자비용 또는 탄소 저감량 중 적어도 하나에 기초로 목표 시나리오를 선택할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다. 예를 들어, 프로세서(110)는 투자대비 효율이 증대되도록 ROI를 기준으로 최대값을 표시한 시나리오를 선택할 수 있다.

[0057] 메모리(120)는 제조공정별 탄소 배출과 관련된 데이터(예: 이벤트 로그(event log))를 수집하여 저장할 수 있다. 또한, 메모리(120)는 복수의 시나리오들 및 시뮬레이션 수행에 의한 결과 데이터(예: 시뮬레이션 로그)를 추가로 저장할 수 있다. 복수의 시나리오들은 공정별 탄소 저감 장치의 설치 조합에 대한 정보를 포함할 수 있다. 메모리(120)는 제조공정별 탄소 배출과 관련된 데이터, 복수의 시나리오들 및 시뮬레이션 수행에 의한 결과 데이터를 개별적으로 임시적 또는 영구적 저장 방식을 선택하여 저장할 수 있다.

[0058] 도 3은 일 실시예에 따른 제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 방법의 흐름도를 도시한다.

[0059] 단계(310)에서, 프로세서는 제조공정별 탄소 배출과 관련된 데이터를 수집하여 저장할 수 있다. 제조공정별 탄소 배출과 관련된 데이터는 시설별 전력 사용량 및 연료 사용량을 포함할 수 있다. 제조공정별 탄소 배출과 관련된 데이터는, 예를 들어, 3개월 기간의 데이터일 수 있으나, 이에 한정되지 않는다. 상세한 데이터를 수집하여 저장하는 방법은 도4에서 후술한다.

[0060] 단계(320)에서, 프로세서는 탄소발자국 공정 모델을 구축할 수 있다. 프로세서는 제조공정에 대한 적어도 하나의 시설 및 적어도 하나의 공정 단계에서의 탄소 배출 데이터에 기초하여 모델링함으로써 모델을 구축할 수 있다. 또한, 프로세서는, 예를 들어, 구축된 탄소발자국 공정 모델을 이용하여 현재 공정 상태에서의 각 시설별 탄소 배출량을 산출할 수 있다. 상세한 탄소발자국 공정 모델 구축 방법은 도5 및 도6에서 후술한다.

[0061] 단계(330)에서, 프로세서는 탄소발자국 공정 모델에서 생성된 결과에 기초하여 시뮬레이션을 수행함에 따라 시뮬레이션 결과를 획득할 수 있다.

[0062] 단계(340)에서, 프로세서는 상기 시뮬레이션 결과에 기초하여 생성된 복수의 시나리오들 중 제조공정에서 배출된 탄소가 감소되는 목표 시나리오를 선택할 수 있다. 복수의 시나리오들은 각 공정에서 하나 이상의 탄소를 저감시키는 구성의 설치유무에 대한 조합을 의미할 수 있다. 탄소를 저감시키는 구성은, 예를 들어, 탄소 저감 장치 및 히트 펌프를 포함할 수 있다. 이에 시나리오는 복수의 공정에 대하여 각 공정에서 탄소 저감 장치와 히트 펌프가 설치되는지 여부에 대한 조합을 포함할 수 있다.

[0063] 도 4는 일 실시예에 따른 제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 방법을 구체적으로 도식화한 흐름도를 도시한

다.

[0064] 단계(410)은 데이터를 설계 및 수집하는 단계(411)와 데이터를 전처리하는 단계(412)를 포함할 수 있다.

[0065] 단계(411)에서, 프로세서는 제조실행시스템(MES, Manufacturing Execution System)을 통해 모든 제조공정과 관련된 데이터를 수집할 수 있다. 제조실행시스템은 제조공정을 최적화하기 위한 정보전달 시스템으로써, 사용자가 설정한 설계를 기준으로 데이터가 수집될 수 있다. 프로세서는 제조공정에서 생산되는 각 제품에 대한 데이터를 제품 식별자(예: Case ID)로 지정하는 설계를 포함할 수 있다. 또한, 프로세서는 상기 제품 식별자에 행해지는 각각의 작업에 대한 데이터를 작업 식별자(예: Event ID)로 지정하는 설계를 포함할 수 있다. 이에 따라 모든 제조공정과 관련된 데이터는 각각의 작업에서 사용된 시설, 작업자 등에 대한 정보를 속성 변수(attribute variable)로 포함할 수 있다.

[0066] 단계(412)에서, 프로세서는 수집된 모든 제조공정과 관련된 데이터를 별도로 조사된 시설별 전력 사용량 및 연료 사용량 등 탄소 배출의 영향요인과 융합하는 데이터 전처리과정을 수행할 수 있다. 예를 들어, 전처리된 데이터는 시계열로 제품 식별자, 작업 식별자, 작업시간, 시설, 전력 사용량 및 전기 사용량 정보를 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.

[0067] 도 5는 일 실시예에 따른 제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 방법 중 공정 모델링 과정을 도시한다.

[0068] 단계(421)에서, 프로세서는 단계(410)에서 저장된 제조공정별 탄소 배출과 관련된 데이터로부터 공정 과정을 모델링할 수 있다. 예를 들어, 프로세서는 제조공정별 탄소 배출과 관련된 데이터를 BPMN(Business Process Mining Notation)형식으로 모델링할 수 있다. BPMN 모델은 제조 공정을 가시화 또는 시각화할 수 있다. 또한, 프로세서는 BPMN 모델을 DFG(Direct Follow Graph)형식으로 변환할 수 있다. 프로세서는 DFG 모델이 직접적인 흐름 관계만 표현하여 직관적이고 쉽게 해석할 수 있으므로 사용할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.

[0069] 단계(422)에서, 프로세서는 DFG 모델을 이용하여 탄소발자국 공정 모델을 구축할 수 있다.

[0070] 도 6은 일 실시예에 따른 제조공정에서의 탄소저감 시나리오 결정 방법 중 탄소발자국 공정 모델을 구축하는 단계의 흐름도를 도시한다.

[0071] 단계(611)에서, 프로세서는 탄소발자국 공정 모델을 구축하기 위하여 별도의 추가 수집없이 도 4의 공정과정을 모델링하는 단계(421)에서 사용된 모든 제조공정과 관련된 데이터를 사용할 수 있다. 또한, 프로세서는 DFG 모델을 기초로 하여 각 단계별 시설에 대한 부가정보(예: 가동시간, 전력사용량, 증기사용량 등)를 입력한 가상 MES 로그를 생성할 수 있다.

[0072] 단계(612)에서, 프로세서는 가상 MES 로그를 정의된 시설별 탄소 배출량과 융합하는 전처리과정을 수행할 수 있다. 정의된 시설별 탄소 배출량은, 예를 들어, 시설에서 사용되는 하나 이상의 시설의 구동에 의한 탄소 배출량의 합과 작업자 수에 의해 발생될 수 있는 탄소 배출량의 합을 포함하여 산출된 값일 수 있으나, 이에 한정되지 않는다. 프로세서는 융합된 데이터를 탄소 배출량 모델링을 위한 표준 데이터로 정의할 수 있다.

[0073] 단계(620)에서, 프로세서는 정의된 표준 데이터를 이용하여 공정 관점의 모델링을 수행할 수 있다. 모델링을 통해 생성된 공정 관점의 모델은 DFG 모델을 이용함에 따라 결과에 전체 공정의 흐름이 나타날 수 있다. 또한, 공정 관점의 모델을 이용한 결과에서 각 노드는, 예를 들어, 공정의 종류, 시설의 종류 및 작업 식별자가 표시될 수 있다. 그러나 공정 관점의 모델은 탄소 배출량이 산출되지 않으므로 추가적인 모델링이 필요할 수 있다. 이에 프로세서는 공정 관점의 모델이 탄소 배출량 관점의 모델로 전환되도록 탄소 배출량 관점의 모델링을 수행할 수 있다. 모델링의 변환은 결과에서 표시되는 정보의 종류가 달라지는 것을 의미할 수 있다. 프로세서는 표준 데이터 내 정의된 시설별 탄소 배출량을 이용하여 탄소 배출량 관점의 모델링을 수행할 수 있다. 프로세서는 탄소 배출량 관점의 모델링을 통해 탄소발자국 공정 모델을 구축할 수 있다. 프로세서는 탄소발자국 공정 모델에 가상 MES 로그를 입력하여 전체 공정에서의 각 시설별 탄소 배출량을 산출할 수 있다.

[0074] 탄소 배출량(예: 온실가스 배출량)은 직접 배출량과 간접 배출량으로 구분할 수 있다. 직접 배출량은 (예를 들어, 직접 배출원에 의해) 직접적으로 탄소(예: 온실가스)가 배출되는 양을 의미하고, 기업에서 직접 발생하는 온실가스 배출원에서 수집한 데이터를 통해 추정할 수 있다. 간접 배출량은 직접적으로 온실가스를 배출하진 않지만 (예를 들어, 간접 배출원에 의해) 에너지 생산단계에서 온실가스가 배출되는 양을 의미하고, 기업이 소비한 전기 및 열에너지를 바탕으로 온실가스 배출 변환식을 이용하여 추정할 수 있다.

[0075] 도 7은 일 실시예에 따른 탄소발자국 공정 모델을 이용하여 전체 공정에서의 각 시설별 탄소 배출량을 나타내는

예시도를 도시한다.

[0076] 프로세서는 탄소발자국 공정 모델을 통해 시설의 종류, 산출된 각 시설별 탄소 배출량뿐만 아니라 소비 전력량 또한 표시되는 결과를 출력할 수 있다. 예를 들어, 프로세서는 전술한 DFG 모델을 이용함에 따라 전체적인 공정의 흐름이 표시되는 결과를 출력할 수 있다. 여기에 프로세서는 각 시설별 탄소 배출량이 시각적으로 인식될 수 있도록 흐름의 각 노드에 원을 표시할 수 있다. 원은 탄소 배출량에 비례하여 크기가 조절되어 표시될 수 있다.

[0077] 프로세서는 이후에 수행될 시뮬레이션을 위하여 탄소발자국 공정 모델의 정확도를 산출할 수 있다. 산출된 정확도는 평가지표로 사용하여 탄소발자국 공정 모델을 구축하는 방식을 수정할 수 있다.

[0078] 이상에서 설명된 실시예들은 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치, 방법 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 컨트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0079] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치에 저장될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0080] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있으며 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.

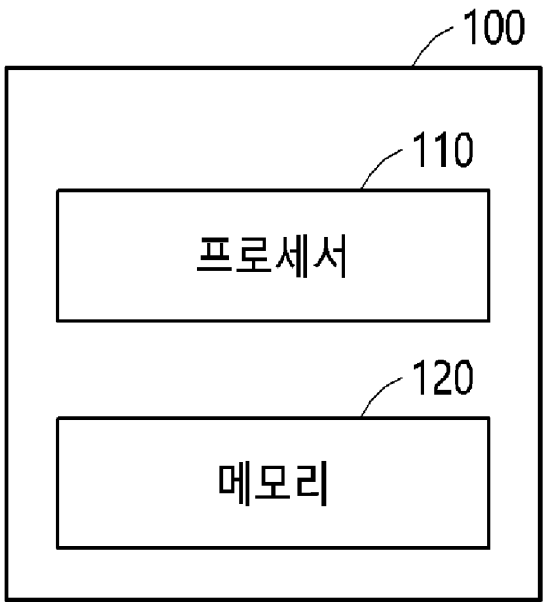
[0081] 위에서 설명한 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 또는 복수의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0082] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이를 기초로 다양한 기술적 수정 및 변형을 적용할 수 있다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

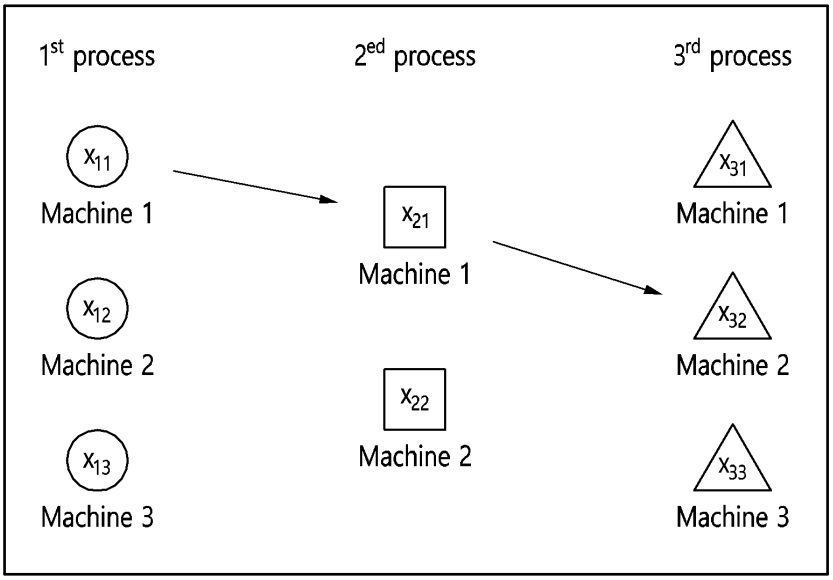
[0083] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

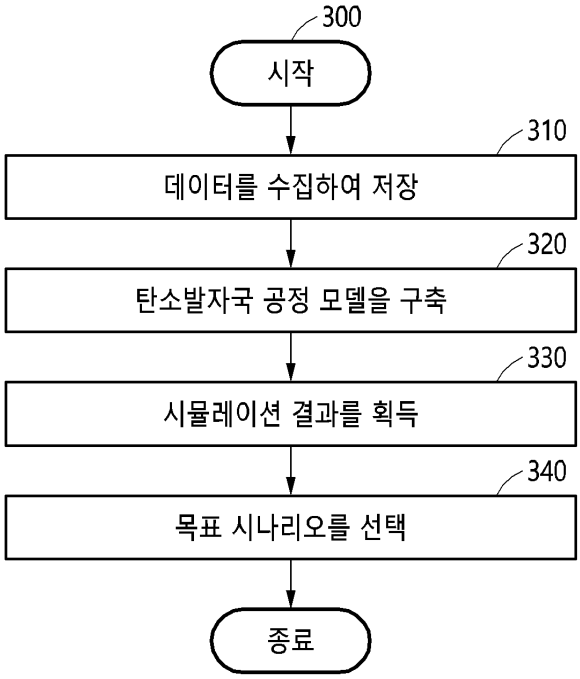
도면1


100
110
프로세서
120
메모리

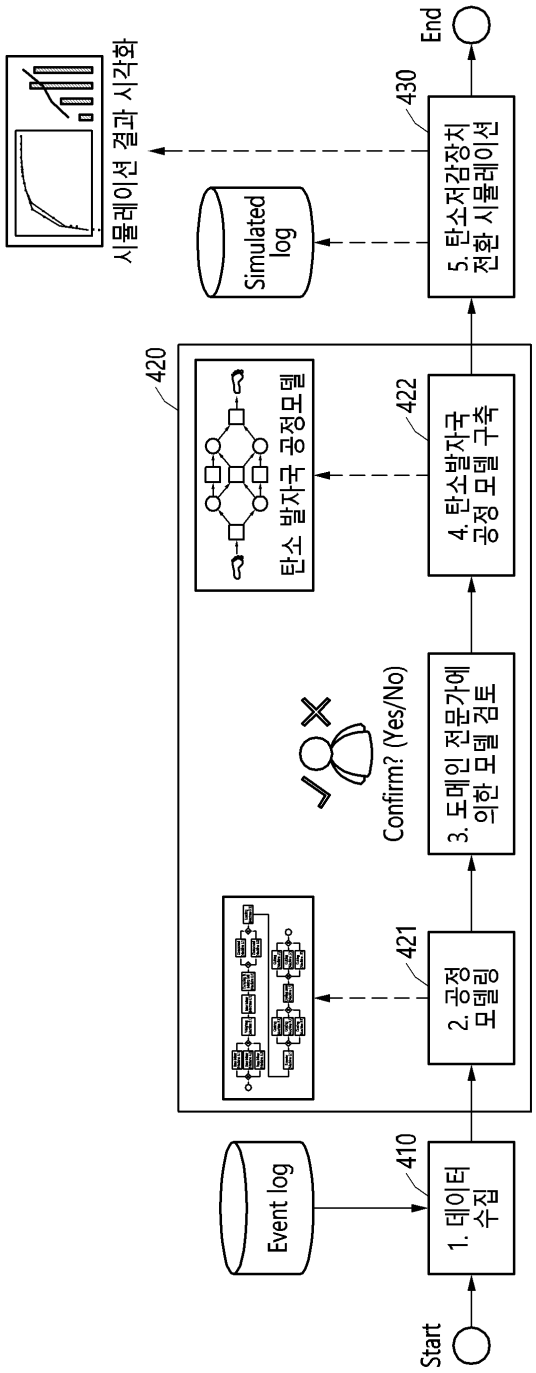
도면2


1st process
2ed process
3rd process
x11
Machine 1
x12
Machine 2
x13
Machine 3
x21
Machine 1
x22
Machine 2
x31
Machine 1
x32
Machine 2
x33
Machine 3

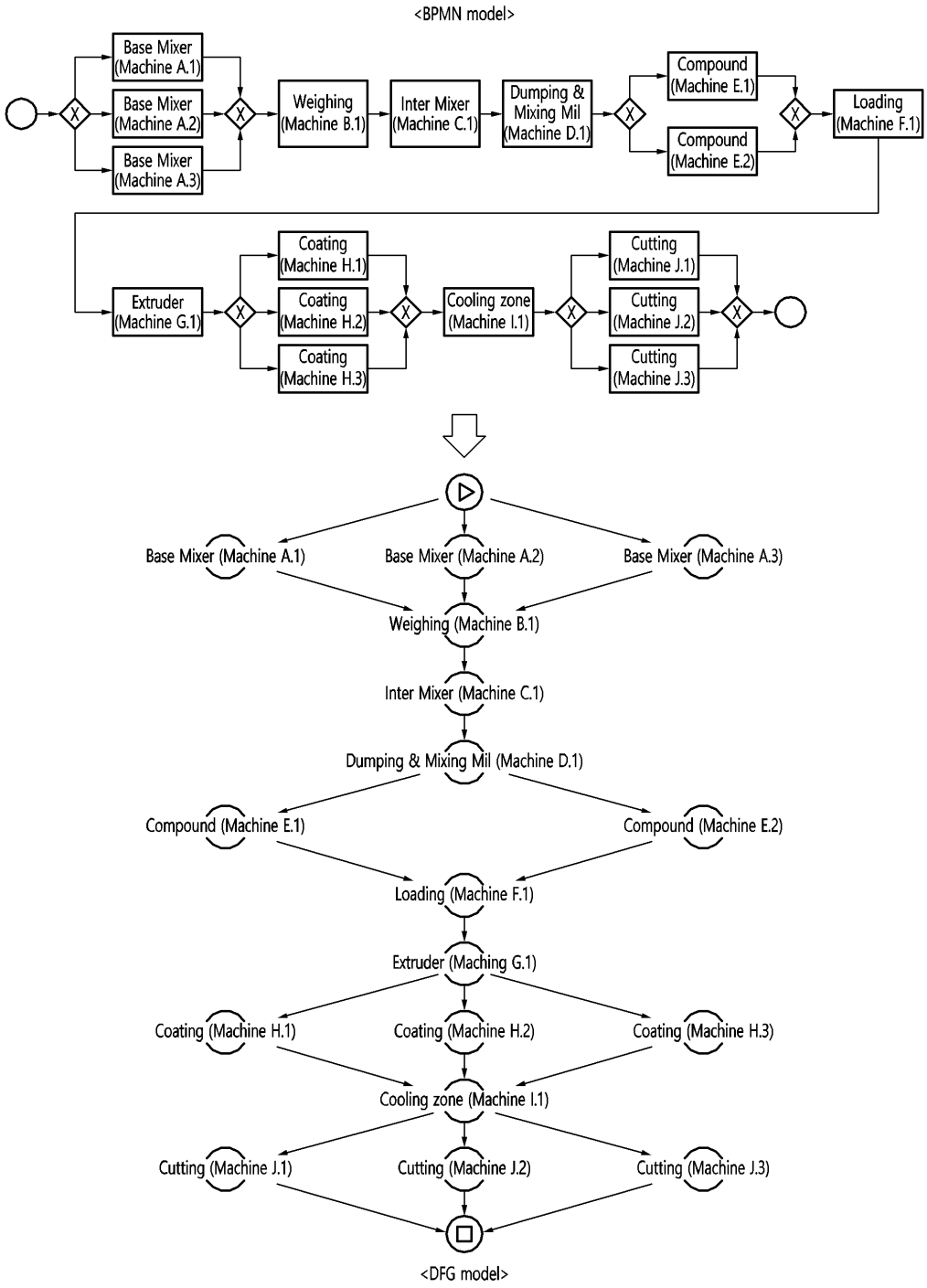
도면3


300
시작
310
데이터를 수집하여 저장
320
탄소발자국 공정 모델을 구축
330
시뮬레이션 결과를 획득
340
목표 시나리오를 선택
종료

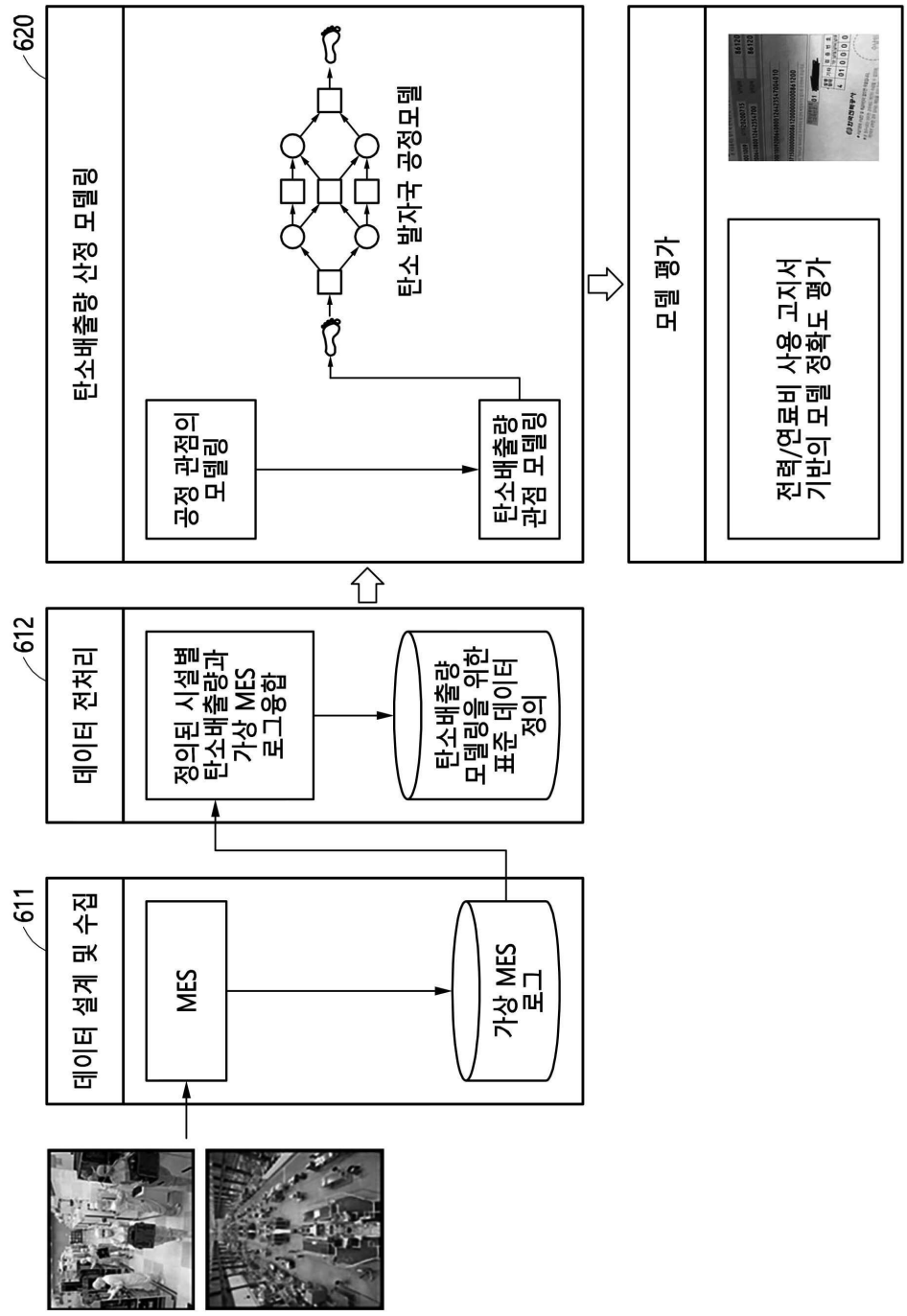
도면4


Start
1. 데이터 수집
410
Event log
2. 공정 모델링
421
3. 도메인 전문가에 의한 모델 검토
Confirm? (Yes/No)
4. 탄소발자국 공정 모델 구축
422
탄소 발자국 공정모델
420
5. 탄소저감장치 전환 시뮬레이션
430
Simulated log
시뮬레이션 결과 시각화
End

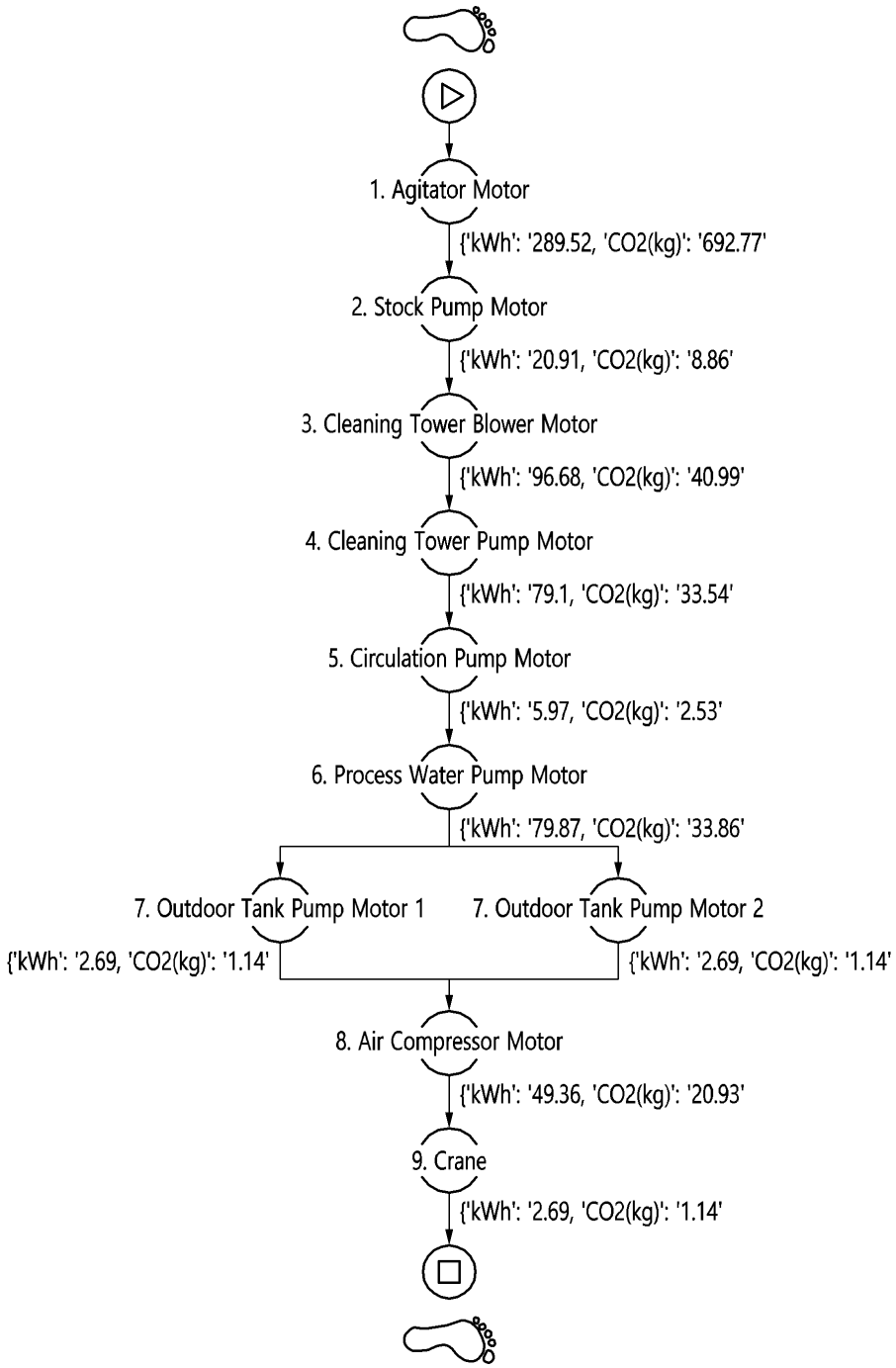
도면5


<BPMN model>
Base Mixer (Machine A.1)
Base Mixer (Machine A.2)
Base Mixer (Machine A.3)
Weighing (Machine B.1)
Inter Mixer (Machine C.1)
Dumping & Mixing Mil (Machine D.1)
Compound (Machine E.1)
Compound (Machine E.2)
Loading (Machine F.1)
Extruder (Machine G.1)
Coating (Machine H.1)
Coating (Machine H.2)
Coating (Machine H.3)
Cooling zone (Machine I.1)
Cutting (Machine J.1)
Cutting (Machine J.2)
Cutting (Machine J.3)
Base Mixer (Machine A.1)
Base Mixer (Machine A.2)
Base Mixer (Machine A.3)
Weighing (Machine B.1)
Inter Mixer (Machine C.1)
Dumping & Mixing Mil (Machine D.1)
Compound (Machine E.1)
Compound (Machine E.2)
Loading (Machine F.1)
Extruder (Maching G.1)
Coating (Machine H.1)
Coating (Machine H.2)
Coating (Machine H.3)
Cooling zone (Machine I.1)
Cutting (Machine J.1)
Cutting (Machine J.2)
Cutting (Machine J.3)
<DFG model>

도면6


620
탄소배출량 산정 모델링
공정 관점의 모델링
탄소 발자국 공정모델
탄소배출량 관점 모델링
모델 평가
전력/연료비 사용 고지서 기반의 모델 정확도 평가
612
데이터 전처리
정의된 시설별 탄소배출량과 가상 MES 로그융합
탄소배출량 모델링을 위한 표준 데이터 정의
611
데이터 설계 및 수집
MES
가상 MES 로그

도면7


1. Agitator Motor
{'kWh': '289.52, 'CO2(kg)': '692.77'
2. Stock Pump Motor
{'kWh': '20.91, 'CO2(kg)': '8.86'
3. Cleaning Tower Blower Motor
{'kWh': '96.68, 'CO2(kg)': '40.99'
4. Cleaning Tower Pump Motor
{'kWh': '79.1, 'CO2(kg)': '33.54'
5. Circulation Pump Motor
{'kWh': '5.97, 'CO2(kg)': '2.53'
6. Process Water Pump Motor
{'kWh': '79.87, 'CO2(kg)': '33.86'
7. Outdoor Tank Pump Motor 1
{'kWh': '2.69, 'CO2(kg)': '1.14'
7. Outdoor Tank Pump Motor 2
{'kWh': '2.69, 'CO2(kg)': '1.14'
8. Air Compressor Motor
{'kWh': '49.36, 'CO2(kg)': '20.93'
9. Crane
{'kWh': '2.69, 'CO2(kg)': '1.14'