

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국



(10) 국제공개번호

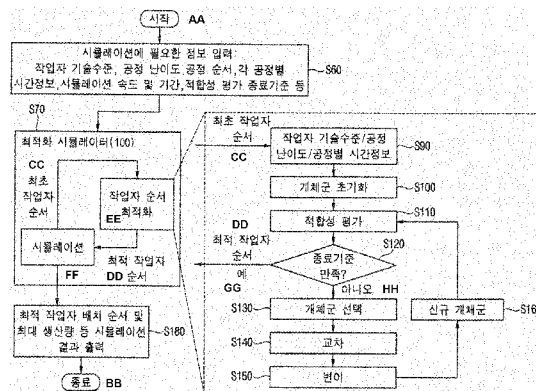
WO 2022/015059 A1

2022 년 1 월 20 일 (20.01.2022) WIPO | PCT

- (51) 국제특허분류: *G06Q 10/04* (2012.01) *G06Q 10/06* (2012.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2021/009061
- (22) 국제출원일: 2021 년 7 월 14 일 (14.07.2021)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2020-0087683 2020 년 7 월 15 일 (15.07.2020) KR
- (71) 출원인: 호전실업 주식회사 (HOJEON LIMITED) [KR/KR]; 04165 서울시 마포구 마포대로 19 11-12층, Seoul (KR). 서울대학교 산학협력단 (SEOUL NATIONAL UNIVERSITY R&DB FOUNDATION) [KR/KR]; 08826 서울시 관악구 관악로 1, Seoul (KR).
- (72) 발명자: 박용철 (PARK, Young Chul); 04165 서울시 마포구 마포대로 19, 12층, Seoul (KR). 안성훈 (AHN, Sung Hoon); 13589 경기도 성남시 분당구 중앙공원로 20, 414동 1401호, Gyeonggi-do (KR). 서은석 (SUH, Eun Suk); 08826 서울시 관악구 관악로 1, 122E-201호, Seoul (KR). 정우균 (JUNG, Woo Kyun); 24217 강원도 춘천시 동면 만천로 69, 105동 802호, Gangwon-do (KR). 송영욱 (SONG, Young Uk); 04111 서울시 마포구 서강대길 40, 101동 2204호, Seoul (KR). 이재원 (LEE, Jae Won); 13559 경기도 성남시 분당구 정자일로 120, B동 302호, Gyeonggi-do (KR).
- (74) 대리인: 박영우 (PARK, Young-woo); 06224 서울시 강남구 논현로 414, 세일빌딩 5층, 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,

(54) Title: PRODUCTION LINE OPTIMIZING SIMULATOR AND PRODUCTION LINE OPTIMIZING SIMULATION METHOD USING SAME

(54) 발명의 명칭: 생산라인 최적화 시뮬레이터 및 이를 이용한 생산라인 최적화 시뮬레이션 방법



S60 ... Input information required for simulation: worker skill level, process difficulty, process sequence, time information for each process, speed and period of simulation, conformity assessment termination criteria, and so on
S70 ... Optimizing simulator (100)
S90 ... Worker skill level/process difficulty/time information for each process
S100 ... Initialize population
S110 ... Conformity assess
S120 ... Termination criteria is satisfied?
S130 ... Select population
S140 ... Transposition
S150 ... Modification
S160 ... New population
S180 ... Output simulation result such as optimum worker arrangement order and maximum yield
AA ... Start
BB ... End
CC ... Initial worker order
DD ... Optimum worker order
EE ... Optimize worker order
FF ... Simulation
GG ... Yes
HH ... No

(57) Abstract: Disclosed are a production line optimizing simulator and a production line optimizing simulation method using same. The optimizing simulator comprises a worker order optimizing part and an optimizing simulation part. On the basis of an assumption that a production line is constructed according to an optimum worker arrangement order, the optimizing simulation part generates a simulation result by performing simulation of calculating workpiece moving time including work processing time and standby time required for producing a workpiece by using the constructed production line and predetermined input information. The worker order optimizing part: continuously generates a new worker population by using a part of the predetermined input information and an initial worker order as conformity assessment basic information until a predetermined conformity assessment termination criteria is satisfied; derives an

[다음 쪽 계속]



WO 2022/015059 A1

CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, 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, 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, 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))

optimum worker arrangement order satisfying the conformity assessment termination criteria through repeatedly performing conformity assessments for the new worker population; and provides the optimum worker arrangement order to the optimizing simulation part.

(57) 요약서: 생산라인 최적화 시뮬레이터 및 이를 이용한 생산라인 최적화 시뮬레이션 방법이 개시된다. 최적화 시뮬레이터는 작업자 순서 최적화부와 최적화 시뮬레이션부를 포함한다. 최적화 시뮬레이션부는 최적 작업자 배치순서로 생산라인을 구축하는 것을 가정하여, 그 구축된 생산라인과 소정의 입력정보를 이용하여 작업물 생산에 소요되는 작업 공정시간과 대기시간을 포함하는 작업물 이동시간을 산출하는 시뮬레이션을 수행하여 시뮬레이션 결과를 생성한다. 작업자 순서 최적화부는 최초 작업자 순서와 상기 소정의 입력정보의 일부를 적합성 평가 기본정보를 이용하여, 소정의 적합성 평가 종료기준을 만족할 때까지 지속적으로 신규 작업자 개체군을 생성하고, 그 신규 작업자 개체군에 대한 적합성 평가를 하는 것을 반복적으로 수행하는 것을 통해 상기 적합성 평가 종료기준을 만족하는 최적 작업자 배치 순서를 도출하여 상기 최적화 시뮬레이션부에 제공한다.

명세서

발명의 명칭: 생산라인 최적화 시뮬레이터 및 이를 이용한 생산라인 최적화 시뮬레이션 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 생산라인 최적화 시뮬레이션 기술에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 의류 생산라인에 배치된 작업자의 기술 수준과 각 공정의 난이도를 고려하여 최적의 작업자 배치 순서를 도출하고, 이를 시뮬레이션하여 최적의 생산량을 예측할 수 있는 시뮬레이터와 이를 이용한 의복 생산라인 최적화 시뮬레이션 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 의류 산업은 세계 반도체 시장에 버금가는 규모의 글로벌 시장 규모를 가지고 있으나, 대표적인 노동 집약적 산업분야이다. 의류 제조를 위한 대부분의 작업들은 인력에 의해 이루어지고 있는 실정이다. 특히, 기존에는 의류 생산 공장에서 생산성을 향상시키기 위한 작업자 배치 등과 같은 생산라인의 설계와 조정 등이 경험 많은 현장 작업 관리자의 경험에 기초한 직관적 판단에 대부분 의존하고 있다.
- [3] 제품의 납기 준수와 생산량을 예측하는 일은 공장의 운영에 중요하다. 최상의 생산량을 얻기 위해 생산라인을 최적화하는 작업이 매우 중요하다. 그런데 이러한 일들도 정량적인 지표와 객관화된 방법 없이 현장 작업 관리자의 경험적 판단에 기반하여 수행되고 있다. 제품 생산과 관련하여 현재의 정확한 상태를 알 수 없을 뿐만 아니라 납기 내 목표 물량의 생산 가능 여부를 정확하게 예측하기가 어렵다. 생산량의 예측이 모호한 상황은 원자재의 수급과 납기의 판단에 지장을 초래할 수 있다. 또한, 효율적인 생산 자원의 운영을 어렵게 할 수 있다. 결과적으로, 타 업체와의 경쟁력을 저하시킬 수 있다.
- [4] 이러한 상황에서, 의류 생산라인을 구축하고 생산량을 예측함에 있어서 관리자의 경험에 기초한 직관적 판단을 뛰어넘을 수 있는 좀 더 객관적이고 과학적인 방안이 강구될 필요가 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [5] 본 발명의 일 목적은 작업자들의 기술 수준과 작업공정의 난이도에 관한 객관적인 데이터에 근거하여 생산라인에 투입되는 작업자들의 최적 배치 방안을 자동으로 도출하고, 그 최적 배치 방안에 기초한 시뮬레이션을 통해 제품 생산량을 정확하게 예측할 수 있는 컴퓨터 기반 생산라인 최적화 시뮬레이터를 제공하는 것이다.
- [6] 본 발명의 다른 목적은 위와 같은 컴퓨터 기반 생산라인 최적화 시뮬레이터를 이용하여 생산라인의 작업자 구성과 배치 순서를 자동으로 최적화할 수 있는

최적화 시뮬레이션 방법을 제공하는 것이다.

- [7] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 상술한 과제들에 한정되는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위에서 다양하게 확장될 수 있을 것이다.

기술적 해결방법

- [8] 상기 본 발명의 일 목적을 실현하기 위한 실시예들에 따른 생산라인 최적화 시뮬레이터는 최적화 시뮬레이션부와 작업자 순서 최적화부를 포함한다. 상기 최적화 시뮬레이션부는 최적 작업자 배치순서로 생산라인을 구축하는 것을 가정하여, 그 구축된 생산라인과 소정의 입력정보를 이용하여 작업물 생산에 소요되는 작업 공정시간과 대기시간을 포함하는 작업물 이동시간을 산출하는 시뮬레이션을 수행하여 시뮬레이션 결과를 생성하도록 구성된다. 상기 작업자 순서 최적화부는 최초 작업자 순서와 상기 소정의 입력정보의 일부를 적합성 평가 기본정보를 이용하여, 소정의 적합성 평가 종료기준을 만족할 때까지 지속적으로 신규 작업자 개체군을 생성하고, 그 신규 작업자 개체군에 대한 적합성 평가를 하는 것을 반복적으로 수행하는 것을 통해 상기 적합성 평가 종료기준을 만족하는 최적 작업자 배치 순서를 도출하여 상기 최적화 시뮬레이션부에 제공하도록 구성된다.
- [9] 예시적인 실시예에 있어서, 상기 소정의 입력정보는 상기 생산라인의 최초 공정순서, 각 작업공정별 작업시간, 작업자별 기술수준, 수행할 작업공정별 난이도, 시뮬레이션 속도 및/또는 기간, 그리고 적합성 평가 종료기준에 관한 정보를 포함하는 시뮬레이션 수행 조건에 관한 정보를 포함할 수 있다.
- [10] 예시적인 실시예에 있어서, 상기 소정의 적합성 평가 기본정보는 작업자별 기술수준, 수행할 작업공정별 난이도, 작업공정별 작업시간에 관한 정보, 그리고 적합성 평가 종료기준에 관한 정보를 포함할 수 있다.
- [11] 예시적인 실시예에 있어서, 상기 적합성 평가 종료기준은 현재의 작업자 개체군으로 구성된 생산라인이 소정의 한 단위 작업을 완성하는 데 소요되는 총 생산시간이, 생산 지연 상황을 완충할 수 있는 소정의 허용율을 적용하지 않고, 표준작업시간(Standard Minute Value: SMV)으로 정해지는 총 생산시간과 같은 값을 가지는 것일 수 있다.
- [12] 예시적인 실시예에 있어서, 상기 총 생산시간은 표준작업시간(SMV)을 기준으로 각 공정의 작업시간의 총합(총 공정시간)과 하나의 작업공정에서 다음의 작업공정으로 이동하는 시간의 총합(총 이동시간)을 합친 시간일 수 있다.
- [13] 예시적인 실시예에 있어서, 상기 최적화 시뮬레이션부에서 생성되는 상기 시뮬레이션 결과는 현재 및/또는 미래의 시간에 따른 상기 생산라인에서의 생산량, 그 생산라인의 병목지점, 그 생산라인의 작업공정별 작업물의 입력수량 및 출력수량, 작업공정별 작업부하, 작업공정별 가용율, 그 생산라인의 최적

작업자 배치순서에 관한 정보를 포함할 수 있다.

- [14] 예시적인 실시예에 있어서, 상기 작업자 순서 최적화부는 현재의 작업자 개체군으로 구성된 생산라인이 소정의 한 단위 작업을 완성하는 데 소요되는 총 생산시간을 산출하는 것에 기초하여 상기 적합성 평가를 하고, 상기 적합성 평가 결과로 산출되는 총 생산시간이 최종적으로 상기 적합성 평가 종료기준을 만족하면 그 때의 작업자 배치 순서를 최적 작업자 순서로 판단하여 상기 최적화 시뮬레이션부로 환원하도록 구성될 수 있다.
- [15] 예시적인 실시예에 있어서, 상기 작업자 순서 최적화부는 산출된 총 생산시간이 상기 소정의 종료기준을 만족하지 못할 경우, 유전 알고리즘을 이용하여 작업자 개체군을 새로 선택하여 그 선택된 작업자 개체군에 대한 교차 및 변이 과정을 통해 신규 개체군을 생성하도록 구성될 수 있다.
- [16] 예시적인 실시예에 있어서, 상기 소정의 입력정보는 상기 생산라인의 최초 공정순서, 각 작업공정별 작업시간, 작업자별 기술수준, 수행할 작업공정별 난이도, 시뮬레이션 속도 및/또는 기간, 그리고 최적화 반복 횟수에 관한 정보를 포함할 수 있다.
- [17] 예시적인 실시예에 있어서, 상기 소정의 적합성 평가 기본정보는 작업자별 기술수준, 수행할 작업공정별 난이도, 작업공정별 작업시간에 관한 정보, 그리고 최적화(적합성 평가) 반복 횟수에 관한 정보를 포함할 수 있다.
- [18] 예시적인 실시예에 있어서, 상기 생산라인은 의류 봉제공장에서 의류 생산을 위한 봉제 작업물을 생산하는 라인일 수 있다.
- [19] 한편, 상기 본 발명의 일 목적을 실현하기 위한 실시예들에 따른 생산라인 최적화 시뮬레이션 방법은, 컴퓨터 장치에서 실행될 수 있는 컴퓨터 프로그램으로 구현되는 방법으로서, 최적화 시뮬레이션에 필요한 소정의 정보를 입력받는 단계; 최초 작업자 순서와 상기 소정의 입력정보의 일부를 적합성 평가 기본정보로 이용하여, 소정의 적합성 평가 종료기준을 만족할 때까지 지속적으로 신규 작업자 개체군을 생성하여 그 신규 작업자 개체군에 대한 적합성 평가를 반복적으로 수행하는 단계; 작업자 개체군에 대한 상기 적합성 평가를 통해 상기 적합성 평가 종료기준을 만족하는 최적 작업자 배치 순서를 도출하는 단계; 그리고 도출된 상기 최적 작업자 배치 순서로 생산라인을 구축하는 것을 가정하여, 그 구축된 생산라인과 소정의 입력정보를 이용하여 작업물 생산에 소요되는 작업 공정시간과 대기시간을 포함하는 작업물 이동시간을 산출하는 시뮬레이션을 수행하여 시뮬레이션 결과를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [20] 예시적인 실시예들에 있어서, 상기 소정의 입력정보는 상기 생산라인의 최초 공정순서, 각 작업공정별 작업시간, 작업자별 기술수준, 수행할 작업공정별 난이도, 시뮬레이션 속도 및/또는 기간, 그리고 적합성 평가 종료기준에 관한 정보를 포함하는 시뮬레이션 수행 조건에 관한 정보를 포함할 수 있다.
- [21] 예시적인 실시예들에 있어서, 상기 소정의 적합성 평가 기본정보는 작업자별

기술수준, 수행할 작업공정별 난이도, 작업공정별 작업시간에 관한 정보, 그리고 적합성 평가 종료기준에 관한 정보를 포함할 수 있다.

- [22] 예시적인 실시예들에 있어서, 상기 적합성 평가 종료기준은 현재의 작업자 개체군으로 구성된 생산라인이 소정의 한 단위 작업을 완성하는 데 소요되는 총 생산시간이, 생산 지연 상황을 완충할 수 있는 소정의 허용율을 적용하지 않고, 표준작업시간(SMV)으로 정해지는 총 생산시간과 같은 것일 수 있다.
- [23] 예시적인 실시예에 있어서, 상기 적합성 평가를 반복적으로 수행하는 단계는, 현재의 작업자 개체군으로 구성된 생산라인이 소정의 한 단위 작업을 완성하는 데 소요되는 총 생산시간을 산출하는 것에 기초하여 상기 적합성 평가를 하는 단계; 상기 적합성 평가 결과로 산출되는 총 생산시간이 최종적으로 상기 적합성 평가 종료기준을 만족하면 그 때의 작업자 배치 순서를 최적 작업자 순서로 판단하여 상기 시뮬레이션용으로 제공하는 단계; 산출되는 총 생산시간이 최종적으로 상기 적합성 평가 종료기준을 만족하지 못하면, 유전 알고리즘을 이용하여 작업자 개체군을 새로 선택하여 그 선택된 작업자 개체군에 대한 교차 및 변이 과정을 통해 신규 개체군을 생성하여 상기 적합성 평가용으로 제공하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [24] 본 발명의 예시적인 실시예들에 따르면, 제품의 생산라인의 설계 시 컴퓨터 장치에서 컴퓨터 프로그램을 이용한 최적화 시뮬레이션을 수행하여 최적의 인력 배치 순서를 자동으로 도출할 수 있다. 그 도출된 결과에 기초하여 최적의 작업자 배치를 갖는 생산라인을 신규로 설계하거나, 또는 기 구축된 생산라인의 효율성 제고를 위해 작업자를 재배치하는 등의 생산라인 최적화를 수행할 수 있다. 이렇게 본 발명의 실시예들은 생산라인의 최적화 설계와 조정에 적용하여, 생산성과 효율성을 예측하고 향상시키는 데 활용할 수 있다.
- [25] 본 발명은 특히 의류 봉제분야와 같이 다수의 작업자들에 의해 제품이 생산되는 노동집약적인 분야에 적용되기에 적합하고, 적용 효율성도 크게 나타날 수 있다. 또한, 본 발명은 의류 봉제 생산라인의 설계 및 조정 시 생산성 향상을 위한 객관적이고 정량화된 기준 척도를 반영한 데이터에 기반한 의사결정을 가능하게 해준다.
- [26] 본 발명에 따른 최적화 시뮬레이션은 측정을 통하여 정량화되고 축적된 객관적인 데이터 즉, 각 작업자별 공정시간, 작업자들의 기술 수준, 공정 작업의 난이도 등이 적용된 데이터를 기반으로 이루어질 수 있다. 따라서 본 발명은 기존의 전문 관리자의 경험적 판단에 의해 수행되던 작업자 배치 순서 도출 방식의 한계를 크게 뛰어넘을 수 있다. 수치화된 객관적인 데이터를 기반으로 컴퓨터를 이용하여 최적화 알고리즘 및 시뮬레이션을 통해 수행함으로써 납기 내 생산량 예측 가능성을 높일 수 있고, 공장의 생산성과 공장 운영의 효율성이 향상될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [27] 도 1은 의류생산과정에서의 의사결정 개요를 종래 방법과 본 발명을 대비하여 나타낸 도면이다.
- [28] 도 2는 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 생산라인 최적화 시뮬레이터의 입력정보 및 출력물을 예시한다.
- [29] 도 3은 본 발명의 예시적인 일 실시예에 따른 의류 봉제 작업 라인의 최적화 시뮬레이터의 처리 과정을 개략적으로 나타낸다.
- [30] 도 4는 본 발명의 다른 예시적인 실시예에 따른 의류 봉제 작업 라인의 최적화 시뮬레이터의 처리 과정을 개략적으로 나타낸다.
- [31] 도 5는 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 최적화 시뮬레이터의 생산 공정 연산 흐름을 예시한다.
- [32] 도 6은 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 의류 생산라인의 공정 구성의 예시도이다.
- [33] 도 7은 각 공정의 기준 작업 부하율과 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 최적화 시뮬레이터를 이용하여 도출된 작업부하율을 비교한 그래프이다.
- [34] 도 8은 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 최적화 시뮬레이터를 이용하여 수행한 최적화 결과를 예시한다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [35] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세하게 설명하고자 한다. 도면상의 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 사용하고 동일한 구성요소에 대해서 중복된 설명은 생략한다.
- [36] 본문에 개시되어 있는 본 발명의 실시예들에 대해서, 특정한 구조적 내지 기능적 설명들은 단지 본 발명의 실시예를 설명하기 위한 목적으로 예시된 것이다. 본 발명의 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있으며, 본문에 설명된 실시예들에 한정되는 것으로 해석되어서는 안 된다. 즉, 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고, 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [37] 본 발명은 특정 제품의 생산에 특별히 한정되는 것은 아니고 다양한 제품의 생산에 널리 적용될 수 있다. 이하에서는 그 중에서도 대표적인 적용 가능 분야인 의류 생산을 예로 하여 설명하기로 한다.
- [38] 도 1에는 의류생산과정에서의 일반적인 의사결정 절차의 개요가 예시되어 있다.
- [39] 도 1을 참조하면, 의류 생산 과정에서 앞서 기술한 기존 방법과 본 발명에서 제안하는 생산라인 최적화 시뮬레이터(100)를 적용한 생산라인 최적화 방법이 어떻게 관여되는지가 대비되어 있다. 의류의 생산은 크게 다음과 같은 과정을

거친다. 우선, 생산할 제품의 설계와 재료 공급, 생산수량 등을 고려한 생산계획의 수립(S10), 작업 공정을 분석하여 생산라인의 배치를 판단하는 생산라인 설계, 그리고 설계된 대로 생산장비와 작업자를 배치하는 생산라인 구성(S30)의 절차를 밟는다. 이러한 절차를 거친 후, 그 구성된 생산라인을 가동하여 의류 제품을 생산하고(S40), 최종적으로는 그 생산된 의류 제품의 품질 검사를 거쳐 제품 포장을 하게 된다 (S50).

- [40] 이러한 의류생산 과정에서, 생산라인의 설계를 위한 생산라인의 배치 판단과 생산라인의 구성을 위한 봉제작업자 및 재봉틀의 배치는 생산의 효율성을 결정하는 중요한 과정이다. 이 과정이 기존에는 앞서 설명한 바와 같이 생산 관리자의 정량화되지 않은 경험에 기반한 직관으로 결정되고 있다. 또한, 의류생산 과정에서 생산라인들 간의 작업속도 미스매치 등으로 인한 작업 병목현상이 발생할 수 있다. 생산라인에서 발생하는 병목현상의 해소도 생산 관리자의 판단에 따라 임시적으로 작업을 분배하는 형태로 조정되고 있다.
- [41] 경험에 기반한 현장 관리자(전문가)의 결정 방식은 여러 가지 문제가 있다. 첫째, 전문가의 판단에 전적으로 의존하기 때문에 전문가가 없을 시에는 판단이 불가능하고, 둘째, 전문가의 주관적인 의견과 판단이 반영된다는 점이다. 또한 무엇보다 중요한 문제점은 객관적이고 정량화된 데이터에 기반한 의사결정이 아니어서 전문가의 결정이 최적화된 것인지에 대한 검증이 불가능하다는 한계도 있다.
- [42] 이를 보완하기 위해서는 '데이터 기반'의 의사결정이 필요하다. 생산라인의 설계 및 생산준비 간에 시뮬레이션을 이용하여 생산라인의 구성과 작업자 및 재봉틀의 배치를 판단할 수 있다. 이때 SMV(Standard Minute Value)와 같은 이론적 작업시간 또는 센서를 통하여 측정한 공정별 작업시간과 각 봉제작업별 난이도, 각 봉제작업자의 기술수준 등의 정량화된 데이터를 반영하면 더욱 신뢰성 있는 판단을 할 수 있다.
- [43] 또한, 이미 가동 중인 생산라인에서 어떤 이유로 인해 병목현상이 발생할 수 있다. 생산과정에서 발생하는 병목현상의 문제는 생산라인들 간의 작업부하의 균형 잡힌 분산을 통해 해소할 수 있다. 균형 잡힌 작업부하의 분산을 위해, 최적화 시뮬레이션을 통하여 최적의 봉제작업자 재배치 순서를 도출하여 라인에 적용할 수 있다.
- [44] 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 생산라인 최적화 시뮬레이터(100)는 이와 같은 데이터 기반 의사결정을 보조하기 위하여 의류 생산라인의 최적 운영을 제안할 수 있는 기능을 포함한다. 생산라인 최적화 시뮬레이터(100)를 이용하여 봉제 라인의 구성을 최적화할 수 있다.
- [45] 도 2에는 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 생산라인 최적화 시뮬레이터의 개략적인 구성과 입력정보 및 출력물이 예시되어 있다.
- [46] 도 2를 참조하면, 생산라인 최적화 시뮬레이터(100)에 제공되는 입력정보(50)는 공정 순서(최초), 각 공정별 시간, 작업자별 기술수준, 공정별

난이도, 시뮬레이션 속도(예: 1 - 1,000배), 시뮬레이션 적용 기간(1시간 - 1년) 등에 관한 정보를 포함할 수 있다. 생산라인 최적화 시뮬레이터(100)는 이러한 입력정보(50)를 이용하여 작업물(의류)의 이동시간(작업 공정시간 + 대기시간) 등을 산출하는 소정의 시뮬레이션(이에 관한 자세한 사항은 후술함)을 수행하여 소정의 시뮬레이션 결과(60)를 출력할 수 있다. 그 시뮬레이션 결과(60)는 예컨대, 생산라인별 생산 정보(예: 현재의 실시간 생산량, 미래 소정 기간 동안의 예상 생산량 정보), 생산라인별 병목 지점 정보, 작업 공정별 생산 정보(입력/출력, 작업 부하, 가용율 등), 그리고 생산라인별 최적 작업자 배치 순서 등을 포함할 수 있다.

[47] 생산라인 최적화 시뮬레이터(100)는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 생산라인 최적화 시뮬레이터(100)를 위한 하드웨어는 예를 들어, 명령을 실행하고 응답할 수 있는 컴퓨팅 장치, 예컨대, 중앙연산처리장치(CPU) 및 메모리와 같은 연산처리를 위한 자원들과, 데이터 저장소, 입력 장치와 출력 장치 등을 포함할 수 있다. 예시적인 실시예로서, 생산라인 최적화 시뮬레이터(100)는 이들 하드웨어 자원을 포함하는 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 그 컴퓨터 장치는 작업이 수행되는 현장에 설치되어 독립적으로 운용되는 로컬 서버 컴퓨터이거나 또는 인터넷 통신을 통해 접근할 수 있는 클라우드 서버 컴퓨터일 수 있다.

[48] 생산라인 최적화 시뮬레이터(100)는 또한 후술하는 여러 가지 처리를 수행하도록 작성되어 다양한 컴퓨팅 장치를 통하여 실행될 수 있는 애플리케이션 프로그램을 포함할 수 있다. 상기 컴퓨팅 장치는 운영 체제(OS)를 실행하고, 그 운영 체제 상에서 상기 애플리케이션 프로그램을 수행할 수 있다. 또한, 그 컴퓨팅 장치는 그 애플리케이션 프로그램의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다.

[49] 예시적인 실시예에서, 생산라인 최적화 시뮬레이터(100)를 구성하는 애플리케이션 프로그램은 작업자 배치순서에 따른 생산량 등을 실시간으로 시뮬레이션 하는 최적화 시뮬레이션부(110), 그리고 작업자들의 최적 배치순서를 도출하는 작업자 순서 최적화부(120)를 포함할 수 있다. 그 애플리케이션 프로그램은 실행파일 형태로 만들어져 컴퓨터 장치의 데이터 저장소에 저장될 수 있고, 처리장치에 의해 실행될 수 있다.

[50] 생산라인 최적화 시뮬레이터(100)의 애플리케이션 프로그램은 컴퓨터 판독 가능 기록매체에 기록될 수 있다. 컴퓨팅 장치의 프로세서가 그 기록 매체에 저장된 그 컴퓨터 프로그램을 읽어 들여 실행하는 것에 의해 본 발명의 방법을 수행할 수 있다. 그 기록매체는 상기 컴퓨터 장치의 데이터 저장소의 기능을 할 수도 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 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.

- [51] 도 3에는 본 발명의 예시적인 일 실시예에 따른 의류 봉제를 위한 생산라인의 최적화 시뮬레이터의 처리 과정이 개략적으로 예시되어 있다. 도 2 및 3을 함께 참조하면서 생산라인 최적화 시뮬레이터(100) 및 이를 이용한 봉제 라인 최적화 방법의 구성 및 수행절차를 구체적으로 설명한다.
- [52] 도 3을 참조하면, 최적화 시뮬레이터(100)는 시뮬레이션에 필요한 정보를 입력받을 수 있다. 예시적인 실시예에서, 생산라인의 최초 공정순서, 각 작업공정별 작업시간, 작업자별 기술수준, 수행할 작업공정별 난이도, 시뮬레이션 수행 조건 (시뮬레이션 속도 및 기간) 등의 정보가 생산라인 최적화 시뮬레이터(100)에 입력정보로서 제공될 수 있다(S60).
- [53] 최적화 시뮬레이션부(110)에서는 그 최초 입력된 정보를 기반으로 최적화 시뮬레이션을 수행하여 시뮬레이션 결과를 출력할 수 있다(S70). 그 시뮬레이션 결과는 현재 및/또는 미래의 시간에 따른 (시간 단위(hourly)/일 단위(daily)) 생산라인별 생산량, 생산라인별 병목지점, 작업공정별 입력수량 및 출력수량, 작업공정별 작업부하, 작업공정별 가용율, 생산라인별 최적 작업자 배치순서 등에 관한 정보를 포함할 수 있다. 그 산출된 최초 시뮬레이션 정보는 데이터 저장소에 저장될 수 있다. 최적화 시뮬레이션부(110)는 최초 시뮬레이션에 적용한 최초 작업자 배치 순서에 관한 정보를 작업자 순서 최적화부(120)로 제공할 수 있다.
- [54] 작업자 순서 최적화부(120)는 각 작업자별 기술수준, 수행할 작업공정의 난이도, 각 작업공정별 시간 정보를 입력정보로 제공받을 수 있다. 또한, 작업자 순서 최적화부(120)는 최적화 시뮬레이션부(100)로부터 최초 작업자 순서에 관한 정보도 입력정보로서 제공받을 수 있다(S90).
- [55] 작업자 순서 최적화부(120)는 작업자 개체군의 초기화를 할 수 있다(S100). 예시적인 실시예에서, 작업자 순서 최적화부(120)는 작업자 개체군의 초기화를 위해 입력된 최초 작업자 순서로 작업자 개체군을 생성한다.
- [56] 그런 다음, 작업자 순서 최적화부(120)는 초기화된 개체군의 적합성을 평가할 수 있다(S110). 일례로, 초기화된 작업자 개체군을 기반으로 최적화 알고리즘의 하나인 유전 알고리즘을 이용하여 작업자 개체군의 적합성 평가를 수행할 수 있다. 유전 알고리즘은 최적화 알고리즘의 일례로서 제시된 것이고, 최적화 알고리즘은 유전 알고리즘이 아닌 다른 알고리즘으로 변경할 수 있다.
- [57] 작업자 순서 최적화부(120)는 그 적합성 평가 결과가 소정의 종료기준을 만족할 때까지(S120) 지속적으로 신규 작업자 개체군을 생성하고(S160), 그

생성된 작업자 개체군에 대하여 다시 적합성 평가(S110)를 수행하는 방식으로 작업자 개체군에 대한 적합성 평가를 수행할 수 있다(S120 - S160). 여기서, 상기 소정의 종료기준은 현재의 작업자 개체군으로 구성된 생산라인이 소정의 한 단위 작업을 완성하는 데 소요되는 총 생산시간을 최소화할 수 있는 조건일 수 있다. 통상적으로, 의류생산라인 설계 시에는 '표준작업시간(Standard Minute Value: SMV)+소정의 허용율을 감안한 여유작업시간'을 총 생산시간으로 적용할 수 있다. 예컨대, 한 벌의 옷을 생산하는 데 걸리는 생산시간은 표준작업시간(Standard Minute Value: SMV)과 어떤 작업공정에서 그 다음의 작업공정으로 이동하는 시간의 총합(총 이동시간)을 합친 시간으로 산출될 수 있다. 여기서 SMV는 자격을 갖춘 작업자가 '표준성과'로 주어진 작업을 수행하는 데 필요한 시간을 기준으로 각 공정의 작업시간의 총합(총 공정시간)으로 정의될 수 있다. 또한, 의류생산 공정의 설계 시에는 생산라인에서 발생할 수도 있는 생산지연 상황을 대비할 수 있도록 그 생산시간에 소정 크기의 허용율(예: 10%)을 적용하는 것이 일반적이다. 일례로 한 벌의 옷에 대해 SMV를 기준으로 100초의 생산시간을 가지는 생산라인의 경우 10%의 허용율을 적용하여 그 한 벌당 총 생산시간을 110초로 정할 수 있다.

[58] 도 3에 도시된 실시예에서, 만약 총 생산시간이 SMV만으로 정해지는 상황은 허용율이 적용되는 상황이 발생하지 않는다는 가정 하에 가능하다. 이는 허용율이 포함하고 있는 공정 간의 지연으로 인한 대기시간이 없는 상태이므로 현재의 상태에서는 최적화 되었다고 볼 수 있다. 그러므로 이러한 허용율(예: 10%)을 적용하지 않아도 되는 최적의 생산시간을 확보할 수 있는 작업자 배치 순서를 작업자 순서 최적화 루틴의 종료기준으로 판단할 수 있다.

[59] 최적화부(120)에서는 현재의 작업자 개체군의 적합성을 평가하고 종료기준에 만족하는지를 재평가할 수 있다(S120). 종료기준이 총 생산시간에 허용율을 반영한 생산시간으로 설정되어 있으므로, 적합성 평가는 현재의 작업자 개체군으로 생산라인을 구성하였을 때, 소정의 한 단위 작업을 완성하는 데 소요되는 총 생산시간을 산출하는 것이 될 수 있다. 작업자 순서 최적화부(120)는 적합성 평가 결과로 산출되는 총 생산시간이 최종적으로 상기 종료기준을 만족하면, 그 때의 작업자 배치 순서를 최적 작업자 순서로 판단하여 최적화 시뮬레이션부(110)로 환원할 수 있다.

[60] 만약 단계 S120에서, 산출된 총 생산시간이 상기 소정의 종료기준을 만족하지 못할 경우, 작업자 순서 최적화부(120)는 작업자 개체군을 새로 선택하여(S130) 그 선택된 작업자 개체군에 대한 교차 및 변이 과정을 통해 신규 개체군을 생성할 수 있다(S140, S150, S160). 여기서, 교차는 새로 선택된 작업자 개체군과 기존 작업자 개체군의 특징을 부분 결합하여 새로운 특징을 생성하는 과정이다. 즉, 단일 지점을 선정하여 선정된 지점의 앞 부분은 기존 개체군의 특징을, 뒷 부분은 새로 선택된 작업자 개체군을 적용할 수도 있고, 두 개의 지점을 선정하여 기존 개체군에 선정된 두 개의 지점 구간에만 새로 선택된 작업자

개체군의 특징을 적용할 수도 있다. 이를 통해서 새로 선택된 작업자 개체군이 기존 작업자 개체군의 특징을 유지하면서 부분적으로 변형되어 신규 개체군으로 생성될 때 기존 개체군의 좋은 특성을 유지하도록 한다. 변이는 교차를 통해 생성된 개체군에서 특성의 일부분을 변경시켜 기존 및 새로 선택된 작업자 개체군에 없는 속성을 가지도록 낮은 확률의 난수를 적용하거나 임의 위치의 순열을 서로 바꿈으로써 새로운 특성을 부여하여 신규 개체군을 생성하는 과정이다.

[61] 이렇게 최적화부(120)에서는 상기 종료기준을 만족할 때까지 지속적으로 신규 개체군을 생성하여 적합성 평가를 수행할 수 있다. 이를 통해, 작업자 순서 최적화부(120)는 최종적으로 종료기준을 만족하는 작업자 배치 순서(최적 작업자 순서)를 최적화 시뮬레이션부(110)로 환원할 수 있다.

[62] 예시적인 실시예에서, 최적화 시뮬레이션부(110)는 기 입력된 입력정보와 최적화부(120)에서 제공해준 새로운 최적 작업자 배치 순서를 적용하여 최적화 시뮬레이션을 수행할 수 있다(S70). 최적화 시뮬레이션부(110)는 그 시뮬레이션을 통해 최적 작업자 배치 순서로 생산라인을 구축하였을 경우 그 생산라인에서 얻을 수 있는 생산량 정보를 산출할 수 있다. 그 생산량 정보는 현재 및/또는 미래의 소정 기간 동안에 대해서 산출할 수도 있다. 또한, 시뮬레이션을 통해 병목현상이 생기는 지점에 관한 정보, 그리고 그 생산라인의 작업공정별 생산 관련 정보 예컨대, 작업공정별 작업물의 입력 및 출력 수량, 작업공정별 작업부하, 작업공정별 가용율 등에 관한 정보 등을 산출할 수 있다.

[63] 예시적인 실시예에서, 최적화 시뮬레이션부(110)는 그 최적 작업자 배치 순서에 국한되지 않고 임의의 작업자 배치 순서로 구성되는 생산라인에 대하여도 시뮬레이션을 수행하여 위와 같은 여러 가지 정보를 산출할 수 있다.

[64] 예시적인 실시예에서, 최적화 시뮬레이션부(110)는 시뮬레이션을 통해 얻어진 시뮬레이션 결과를 해당 작업자 배치순서 정보와 함께 출력할 수 있다(S180). 출력으로 제공되는 시뮬레이션 정보는 최적 작업자 배치 순서로 구성되거나 및/또는 임의의 작업자 배치 순서로 구성된 생산라인에 관한 것일 수 있다. 최적화 시뮬레이션부(110)는 수행된 시뮬레이션 결과로서, 시간에 따른 (예: 일자별 및 시간별) 생산라인의 생산정보(예컨대 현재 및 장래의 특정 기간 동안의 예상 생산량 정보), 해당 생산라인의 각 작업공정별 생산 정보(예컨대 작업공정별 입력 수량 및 출력수량, 작업 공정별 작업 부하 및 가용율), 생산라인 내에서의 병목지점에 관한 정보 등을 제공할 수 있다. 일례로, 현재 공정의 작업부하가 이전 공정의 작업부하에 비해 더 높은 경우, 그 현재 공정을 수행하는 지점이 병목지점이 될 수 있다. 예컨대 이전 공정에서는 작업부하가 98% 미만이나 현재 공정의 작업부하가 99%인 경우 현재 공정은 병목지점으로 볼 수 있다. 또한, 해당 생산라인을 구성하는 최적 작업자 배치 순서도 그 시뮬레이션 결과로서 함께 제공할 수 있다.

[65] 도 4에는 본 발명의 다른 예시적인 실시예에 따른 의류 봉제 작업 라인의

최적화 시뮬레이터의 처리 과정이 도시되어 있다.

- [66] 도 4를 참조하면, 이 실시예는 앞선 실시예와는 최적 작업자 배치 순서를 결정하는 방법에서 차이가 있다. 즉, 앞선 실시예는 소정 크기의 허용율을 적합성 평가 종료기준으로 적용하는데 비해, 이 실시예는 그러한 허용율을 적용하는 대신 최적화 평가 반복 횟수를 미리 설정하고 그 반복 횟수만큼 최적화 평가를 실행한 후 평가 결과에 기초하여 최적 작업자 배치 순서를 결정하는 방식을 따른다. 즉, 이 실시예에서는 최적화 평가 루틴의 종료기준을 최적화 반복 횟수(예: 100회 반복)로 지정할 수 있다.
- [67] 구체적으로, 작업자 순서 최적화부(120)는 각 작업자별 기술수준, 수행할 작업공정의 난이도, 각 작업공정별 시간에 관한 정보를 입력받는 것 외에도 최적화 반복횟수(예: 100회)를 입력정보로 더 제공받을 수 있다. 또한, 작업자 순서 최적화부(120)는 최적화 시뮬레이션부(100)로부터 최초 작업자 순서에 관한 정보도 입력정보로서 제공받을 수 있다(S200).
- [68] 작업자 순서 최적화부(120)는 작업자 개체군의 초기화를 한 다음(S210), 제공받은 입력정보를 이용하여 최적 작업자 배치순서를 결정하기 위한 적합성 평가 루프(S220, S230, S240, S250, S260)를 최적화 반복횟수 만큼 반복적으로 수행할 수 있다.
- [69] 작업자 개체군 초기화와 적합성 평가는 최적화 알고리즘의 하나인 유전 알고리즘을 이용하여 수행될 수 있다. 즉, 초기화된 작업자 개체군에 대하여 적합성 평가를 수행한 다음(S220), 새로운 작업자 개체군을 생성하여 다시 적합성 평가를 수행하는 것(S220)을 미리 설정된 최적화 반복횟수 만큼 반복적으로 수행할 수 있다. 새로운 작업자 개체군을 생성하기 위해, 유전 알고리즘에 따라 새로운 작업자 개체군을 선택하고, 그 선택된 작업자 개체군에 대한 교차(S240) 및 변이(S250) 처리를 거친다.
- [70] 지정된 최적화 반복횟수 만큼 적합성 평가를 수행하여 얻어지는 적합성 평가 결과들에 대하여 소정의 기준에 따라 최적 작업자 배치 순서를 결정할 수 있다(S220). 예시적인 실시예에서, 최고의 생산성 즉, 최대의 생산량을 나타내는 작업자 배치순서를 최적작업자 배치순서로 정할 수 있다. 이렇게 정한 최적 작업자 배치순서는 적어도 최적화 반복 횟수 내에서 총 생산시간이 가장 짧은 작업자 배치순서이다.
- [71] 도 5에는 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 생산라인 최적화 시뮬레이터(100)의 생산공정 연산 흐름이 예시되어 있다.
- [72] 도 5를 참조하면, 생산라인 최적화 시뮬레이터(100)의 생산공정 연산 흐름은 대표적으로 선형 연속 생산공정(도 5의 (A) 참조)과 조립 생산공정(도 5의 (B) 참조)으로 구분할 수 있다. 실제 의류 생산라인은 선형 연속 생산공정 및 조립 생산공정 외에 이의 확장 형태인 다단계 조립생산공정과 폐쇄 및 중복 선형 연속 생산공정을 더 포함할 수 있다. 이들 생산공정들은 필요에 따라 복합적으로 구성될 수 있다.

- [73] 선형 연속생산공정에 있어서, 각 단위 생산공정은 재봉틀(m_i, m_{ij})과 봉제작업자(O_i, O_{ij})로 구성된 장비(M_i, M_{ij})와, 다음 공정으로 투입되기 전 대기 위치인 B_i, B_{ij} 로 구성될 수 있다. 해당 단위공정으로 유입되는 재단물 또는 선행 공정에서 수행한 작업물은 기본 작업시간과 공정 내 작업시간(M_i 지연시간)이 합산된 시간 동안 해당 공정에 체류할 수 있다. 여기서, 그 공정 내 작업시간(M_i 지연시간)은 해당 공정의 난이도와 해당 작업자의 기술수준이 반영되어 예상되는 작업시간일 수 있다.
- [74] 이후, 현재 공정에서 다음 공정으로 이동하기 전에 작업물의 이동거리에 따른 이동시간과, 이후 작업자의 작업 진행으로 인한 대기시간 등을 합한 총 대기시간(B_i)만큼 대기한다. 이런 대기를 거친 후, 다음 공정으로 전환될 수 있다.
- [75] 각 공정의 유입 수량, 공정 내 작업시간, 각 공정의 반출 수량, 대기 위치 지연 시간을 연속적으로 계산하여 최초 작업 투입으로부터 의류생산라인의 종료지점까지 각 공정에서의 작업물을 시뮬레이터(100)를 통해 시뮬레이션을 수행할 수 있다.
- [76] 조립생산 공정은, 도 5의 (B)에 예시된 것처럼, 두 개 이상의 선형 연속 생산 공정이 각 공정의 끝단에서 새로운 하나의 선형 연속 생산 공정으로 합쳐지는 경우이다. 예컨대, 후드 자켓을 생산하는 라인의 경우, 앞판과 뒷판을 합치거나 팔 부분의 모듈을 몸통 부분에 합쳐 조립하는 공정이 그 예일 수 있다.
- [77] 도 6에는 실제 의류 생산라인을 대상으로 삼아 분석한 의류 생산라인의 공정 구성이 예시되어 있다.
- [78] 도 6을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 생산라인 최적화 시뮬레이터(100)를 이용하여 실제 의류 생산라인(200)을 대상으로 의류 생산라인의 최적화를 수행하는 것이 예시되어 있다. 실제 의류생산라인(200)은 도 6과 같이 선형 연속 생산공정(210), 1단계 조립 생산공정(220), 다단계 조립 생산공정, 폐쇄 선형 연속 생산공정 및 중복 선형 연속 생산공정(230)들로 복잡하게 구성되어 있을 수 있다. 생산라인 최적화 시뮬레이터(100)를 이용하여 예시 라인의 구성과 흐름을 모델링하고, 최초 작업자 배치에 기반한 공정순서, 공정 난이도, 작업자별 기술수준, 공정별 작업시간, 시뮬레이션 속도와 기간 등의 정보를 입력하여 시뮬레이션을 수행할 수 있다.
- [79] 도 7에는 각 공정의 기준 작업 부하율과 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 생산라인 최적화 시뮬레이터를 이용하여 도출된 작업 부하율을 비교한 그래프가 예시되어 있다.
- [80] 도 7을 참조하면, 전체 공정에 걸쳐, 본 발명에 따른 생산라인 최적화 시뮬레이터(100)를 이용하여 도출된 작업부하율이 각 공정의 기준 작업 부하율과 실질적으로 거의 100% 일치되는 것을 확인할 수 있다.
- [81] 도 8에는 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 생산라인 최적화 시뮬레이터를 이용하여 수행한 최적화 결과가 예시되어 있다.
- [82] 도 8을 참조하면, 최적화 수행은 아래의 5개 조건에 대하여 10회에 걸쳐

진행하였다.

- [83] (i) 기준 #1 : 각 단위공정 소요시간을 실시간 데이터가 아닌 이론적 기준시간(SMV)을 적용하여 최적화
- [84] (ii) 기준 #2 : 제약조건 없이 센서측정 실시간 데이터를 적용하여 최적화
- [85] (iii) 제약 #1 : 모듈 형태의 복합구간을 제외하고 선형 구간(도 6 예시 라인 공정 20-->37)에 대해서만 최적화
- [86] (iv) 제약 #2 : 각 모듈의 공정이 시작되는 재단물 투입지점(도 6 예시 라인 공정 1, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 20)을 제외하고 최적화
- [87] (v) 제약 #3 : 각 공정에 공정 난이도 보다 높은 기술수준의 작업자를 배치하고, 시간이 많이 소요되는 단위공정에 높은 기술수준의 작업자를 배치하여 최적화
- [88] 생산라인 최적화 시뮬레이터(100)를 이용하여 상기의 2개 기준조건과 3개 제약조건을 반영한 최적화 시뮬레이션을 수행해보았다. 시뮬레이션 결과, 이론적 시간을 적용한 최적화(기준#1)가 가장 낮은 결과를 보였고, 센서시간을 적용하고 다른 제약조건을 반영하지 않은 최적화(기준#2)가 가장 좋은 최적화 결과를 보였다. 3개의 제약조건을 반영한 경우에는 생산량이 월등히 증가하지는 않았지만, 10회 모두 가장 안정적인 최적화 결과를 보였다.
- [89] 도 8에 예시된 최적화 결과에 따르면, 이론적 시간을 적용한 최적화 결과를 기준으로 할 때, 작업자의 배치 순서를 조정하는 것만으로 생산성 향상을 달성할 수 있음을 알 수 있다. 실시간 데이터를 기반으로 제약조건이 없는 작업자 배치 순서의 최적화의 경우(기준#2)는 약 46.4%의 생산성이 향상되었고, 선형구간에서만 최적화를 제약조건으로 한 경우(제약#1)는 약 29.5%의 생산성이 향상되었다.
- [90] 또한, 최적화를 실시하지 않은 경우의 시뮬레이션 생산량인 218벌을 고려 시, 제약#1의 경우 8.7%, 기준#2의 경우 22.9%의 생산성 향상을 확인할 수 있었다.
- [91] 이상에서 설명한 바와 같이, 의류 생산공장에서 의복 봉제 작업을 수행함에 있어서 생산라인 최적화 시뮬레이터(100)는 공정별 작업시간, 작업자별 기술수준, 공정별 난이도 등을 고려하여 최적화 알고리즘과 시뮬레이션을 반복적으로 수행할 수 있다. 이를 통해, 최적의 봉제 작업자 배치 순서와 이에 따른 생산 예측 결과를 얻을 수 있다. 그러한 시뮬레이션 결과에 기초하여, 생산 효율이 최대화 되도록 작업자를 배치하여 최적화된 봉제 라인을 구성할 수 있다. 본 발명은 생산라인 매니저의 경험적 판단에 의존하던 기존의 방법을 대체할 수 있다.
- [92] 이상에서는 의복 생산을 위한 봉제 작업 라인을 예로 하여 설명하였다. 그런데 본 발명은 의류 제조공장에만 국한되는 것이 아니라, 노동 집약적인 다양한 제조설비공장으로 확대 적용 될 수 있다.

산업상 이용가능성

- [93] 본 발명은 의류 제조산업 뿐만 아니라 다양한 제조산업에 적용되어 생산라인의

최적화와 생산량 등의 예측 수단으로 활용될 수 있다. 본 발명은 제조공장(예컨대, 의류 봉제공장 등)의 생산 원가 및 납기 판단, 생산기간 단축을 위한 생산량 예측 등에 활용될 수 있다.

- [94] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 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. 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

청구범위

- [청구항 1] 최적 작업자 배치순서로 생산라인을 구축하는 것을 가정하여, 그 구축된 생산라인과 소정의 입력정보를 이용하여 작업물 생산에 소요되는 작업 공정시간과 대기시간을 포함하는 작업물 이동시간을 산출하는 시뮬레이션을 수행하여 시뮬레이션 결과를 생성하도록 구성된 최적화 시뮬레이션부; 및
- 최초 작업자 순서와 상기 소정의 입력정보의 일부를 적합성 평가 기본정보를 이용하여, 소정의 적합성 평가 종료기준을 만족할 때까지 지속적으로 신규 작업자 개체군을 생성하고, 그 신규 작업자 개체군에 대한 적합성 평가를 하는 것을 반복적으로 수행하는 것을 통해 상기 적합성 평가 종료기준을 만족하는 최적 작업자 배치 순서를 도출하여 상기 최적화 시뮬레이션부에 제공하도록 구성된 작업자 순서 최적화부를 포함하는 것을 특징으로 하는 생산라인 최적화 시뮬레이터.
- [청구항 2] 제1항에 있어서, 상기 소정의 입력정보는 상기 생산라인의 최초 공정순서, 각 작업공정별 작업시간, 작업자별 기술수준, 수행할 작업공정별 난이도, 시뮬레이션 속도 및/또는 기간, 그리고 적합성 평가 종료기준에 관한 정보를 포함하는 시뮬레이션 수행 조건에 관한 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 생산라인 최적화 시뮬레이터.
- [청구항 3] 제1항에 있어서, 상기 소정의 적합성 평가 기본정보는 작업자별 기술수준, 수행할 작업공정별 난이도, 작업공정별 작업시간에 관한 정보, 그리고 적합성 평가 종료기준에 관한 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 생산라인 최적화 시뮬레이터.
- [청구항 4] 제1항에 있어서, 상기 적합성 평가 종료기준은 현재의 작업자 개체군으로 구성된 생산라인이 소정의 한 단위 작업을 완성하는 데 소요되는 총 생산시간이, 생산 지연 상황을 완충할 수 있는 소정의 허용율을 적용하지 않고, 표준작업시간(Standard Minute Value: SMV)으로 정해지는 총 생산시간과 같은 값을 가지는 것인 것을 특징으로 하는 생산라인 최적화 시뮬레이터.
- [청구항 5] 제4항에 있어서, 상기 총 생산시간은 표준작업시간(SMV)을 기준으로 각 공정의 작업시간의 총합(총 공정시간)과 하나의 작업공정에서 다음의 작업공정으로 이동하는 시간의 총합(총 이동시간)을 합친 시간인 것을 특징으로 하는 생산라인 최적화 시뮬레이터.
- [청구항 6] 제1항에 있어서, 상기 최적화 시뮬레이션부에서 생성되는 상기 시뮬레이션 결과는 현재 및/또는 미래의 시간에 따른 상기 생산라인에서의 생산량, 그 생산라인의 병목지점, 그 생산라인의 작업공정별 작업물의 입력수량 및 출력수량, 작업공정별 작업부하, 작업공정별 가용율, 그 생산라인의 최적 작업자 배치순서에 관한 정보를

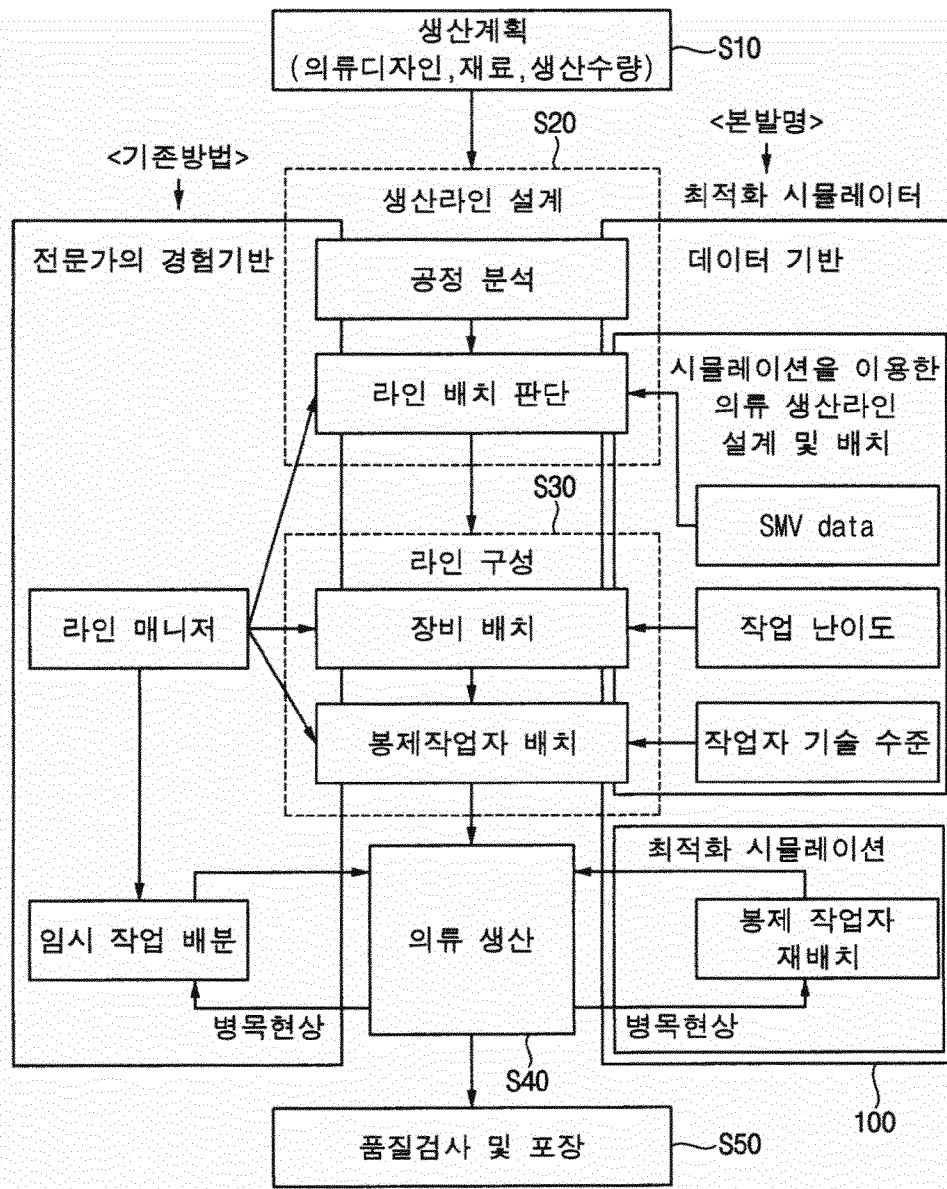
- 포함하는 것을 특징으로 하는 생산라인 최적화 시뮬레이터.
- [청구항 7] 제1항에 있어서, 상기 작업자 순서 최적화부는 현재의 작업자 개체군으로 구성된 생산라인이 소정의 한 단위 작업을 완성하는 데 소요되는 총 생산시간을 산출하는 것에 기초하여 상기 적합성 평가를 하고, 상기 적합성 평가 결과로 산출되는 총 생산시간이 최종적으로 상기 적합성 평가 종료기준을 만족하면 그 때의 작업자 배치 순서를 최적 작업자 순서로 판단하여 상기 최적화 시뮬레이션부로 환원하도록 구성된 것을 특징으로 하는 생산라인 최적화 시뮬레이터.
- [청구항 8] 제7항에 있어서, 상기 작업자 순서 최적화부는 산출된 총 생산시간이 상기 소정의 종료기준을 만족하지 못할 경우, 유전 알고리즘을 이용하여 작업자 개체군을 새로 선택하여 그 선택된 작업자 개체군에 대한 교차 및 변이 과정을 통해 신규 개체군을 생성하도록 구성된 것을 특징으로 하는 생산라인 최적화 시뮬레이터.
- [청구항 9] 제1항에 있어서, 상기 소정의 입력정보는 상기 생산라인의 최초 공정순서, 각 작업공정별 작업시간, 작업자별 기술수준, 수행할 작업공정별 난이도, 시뮬레이션 속도 및/또는 기간, 그리고 최적화 반복 횟수에 관한 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 생산라인 최적화 시뮬레이터.
- [청구항 10] 제1항에 있어서, 상기 소정의 적합성 평가 기본정보는 작업자별 기술수준, 수행할 작업공정별 난이도, 작업공정별 작업시간에 관한 정보, 그리고 최적화(적합성 평가) 반복 횟수에 관한 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 생산라인 최적화 시뮬레이터.
- [청구항 11] 제1항에 있어서, 상기 생산라인은 의류 봉제공장에서 의류 생산을 위한 봉제 작업물을 생산하는 라인인 것을 특징으로 하는 생산라인 최적화 시뮬레이터.
- [청구항 12] 컴퓨터 장치에서 실행될 수 있는 컴퓨터 프로그램으로 구현되는 방법으로서,
 최적화 시뮬레이션에 필요한 소정의 정보를 입력받는 단계;
 최초 작업자 순서와 상기 소정의 입력정보의 일부를 적합성 평가 기본정보로 이용하여, 소정의 적합성 평가 종료기준을 만족할 때까지 지속적으로 신규 작업자 개체군을 생성하여 그 신규 작업자 개체군에 대한 적합성 평가를 반복적으로 수행하는 단계;
 작업자 개체군에 대한 상기 적합성 평가를 통해 상기 적합성 평가 종료기준을 만족하는 최적 작업자 배치 순서를 도출하는 단계; 그리고
 도출된 상기 최적 작업자 배치 순서로 생산라인을 구축하는 것을 가정하여, 그 구축된 생산라인과 소정의 입력정보를 이용하여 작업물 생산에 소요되는 작업 공정시간과 대기시간을 포함하는 작업물 이동시간을 산출하는 시뮬레이션을 수행하여 시뮬레이션 결과를

생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 생산라인 최적화 시뮬레이션 방법.

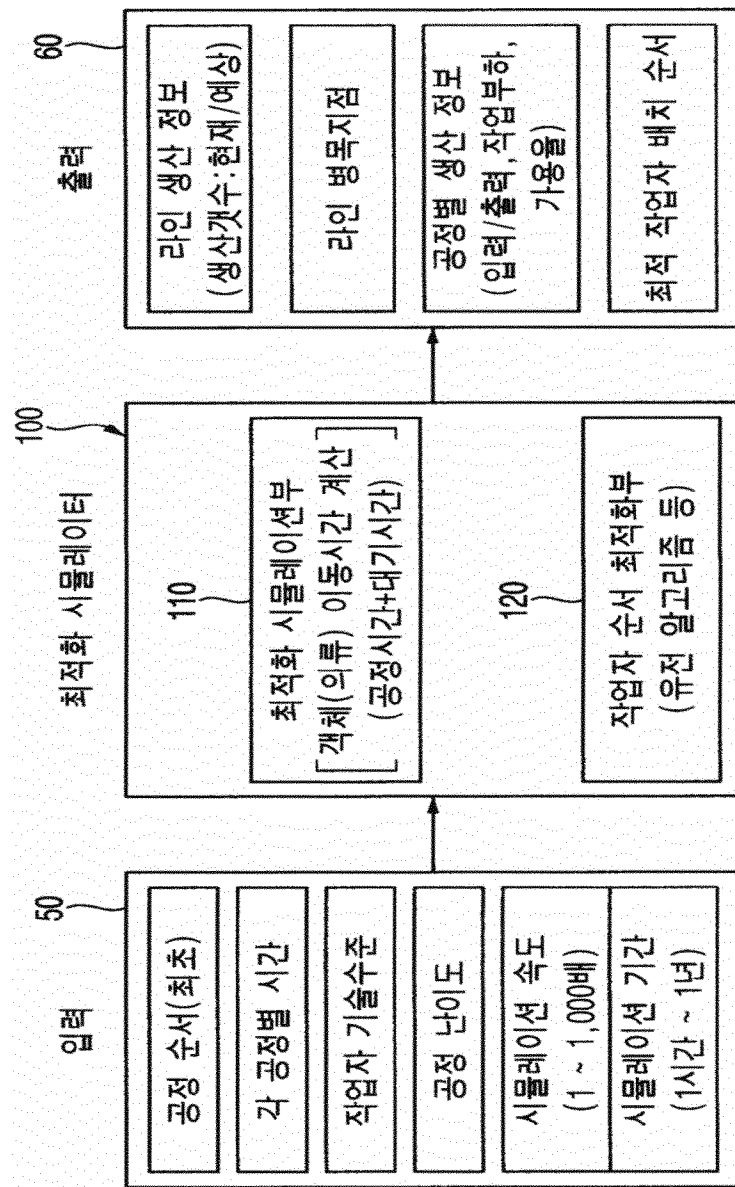
- [청구항 13] 제12항에 있어서, 상기 소정의 입력정보는 상기 생산라인의 최초 공정순서, 각 작업공정별 작업시간, 작업자별 기술수준, 수행할 작업공정별 난이도, 시뮬레이션 속도 및/또는 기간, 그리고 적합성 평가 종료기준에 관한 정보를 포함하는 시뮬레이션 수행 조건에 관한 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 생산라인 최적화 시뮬레이션 방법.
- [청구항 14] 제12항에 있어서, 상기 소정의 적합성 평가 기본정보는 작업자별 기술수준, 수행할 작업공정별 난이도, 작업공정별 작업시간에 관한 정보, 그리고 적합성 평가 종료기준에 관한 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 생산라인 최적화 시뮬레이션 방법.
- [청구항 15] 제12항에 있어서, 상기 적합성 평가 종료기준은 현재의 작업자 개체군으로 구성된 생산라인이 소정의 한 단위 작업을 완성하는 데 소요되는 총 생산시간이, 생산 지연 상황을 완충할 수 있는 소정의 허용율을 적용하지 않고, 표준작업시간(SMV)으로 정해지는 총 생산시간과 같은 것인 것을 특징으로 하는 생산라인 최적화 시뮬레이션 방법.
- [청구항 16] 제15항에 있어서, 상기 총 생산시간은 표준 작업시간(SMV)을 기준으로 각 공정의 작업시간의 총합(총 공정시간)과 하나의 작업공정에서 다음의 작업공정으로 이동하는 시간의 총합(총 이동시간)을 합친 시간인 것을 특징으로 하는 생산라인 최적화 시뮬레이션 방법.
- [청구항 17] 제12항에 있어서, 상기 적합성 평가를 반복적으로 수행하는 단계는, 현재의 작업자 개체군으로 구성된 생산라인이 소정의 한 단위 작업을 완성하는 데 소요되는 총 생산시간을 산출하는 것에 기초하여 상기 적합성 평가를 하는 단계; 상기 적합성 평가 결과로 산출되는 총 생산시간이 최종적으로 상기 적합성 평가 종료기준을 만족하면 그 때의 작업자 배치 순서를 최적 작업자 순서로 판단하여 상기 시뮬레이션용으로 제공하는 단계; 산출되는 총 생산시간이 최종적으로 상기 적합성 평가 종료기준을 만족하지 못하면, 유전 알고리즘을 이용하여 작업자 개체군을 새로 선택하여 그 선택된 작업자 개체군에 대한 교차 및 변이 과정을 통해 신규 개체군을 생성하여 상기 적합성 평가용으로 제공하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 생산라인 최적화 시뮬레이션 방법.
- [청구항 18] 제12항에 있어서, 상기 소정의 입력정보는 상기 생산라인의 최초 공정순서, 각 작업공정별 작업시간, 작업자별 기술수준, 수행할 작업공정별 난이도, 시뮬레이션 속도 및/또는 기간, 그리고 최적화 반복 횟수에 관한 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 생산라인 최적화 시뮬레이션 방법.

- [청구항 19] 제12항에 있어서, 상기 소정의 적합성 평가 기본정보는 작업자별 기술수준, 수행할 작업공정별 난이도, 작업공정별 작업시간에 관한 정보, 그리고 최적화(적합성 평가) 반복 횟수에 관한 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 생산라인 최적화 시뮬레이션 방법.
- [청구항 20] 제12항 내지 제19항 중 어느 한 항에 기재된 생산라인 최적화 시뮬레이션 방법을 수행하기 위하여 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 저장된 컴퓨터 실행가능 프로그램.
- [청구항 21] 제12항 내지 제19항 중 어느 한 항에 기재된 생산라인 최적화 시뮬레이션 방법을 수행하기 위한 컴퓨터 프로그램이 기록된 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체.

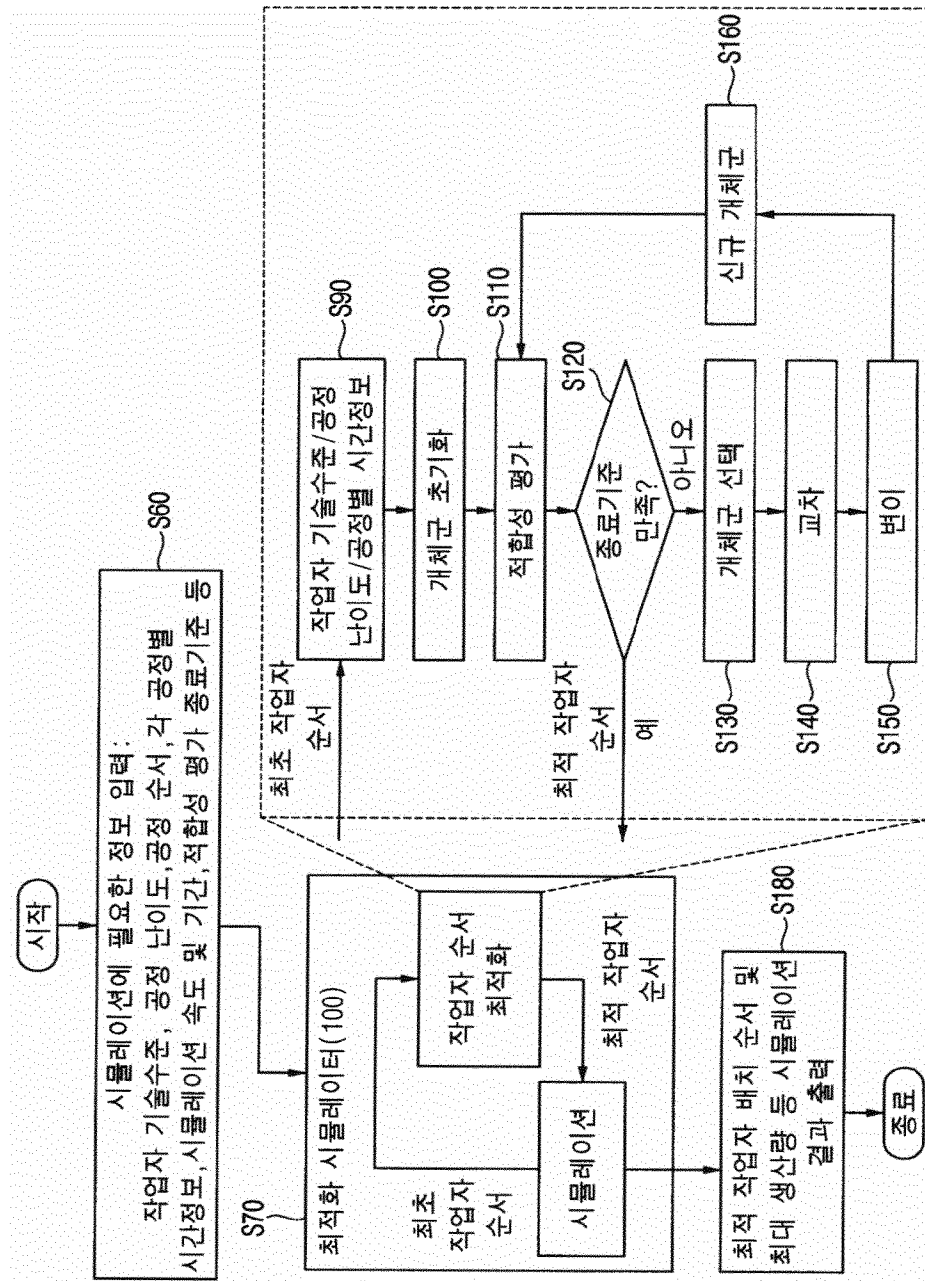
[도1]



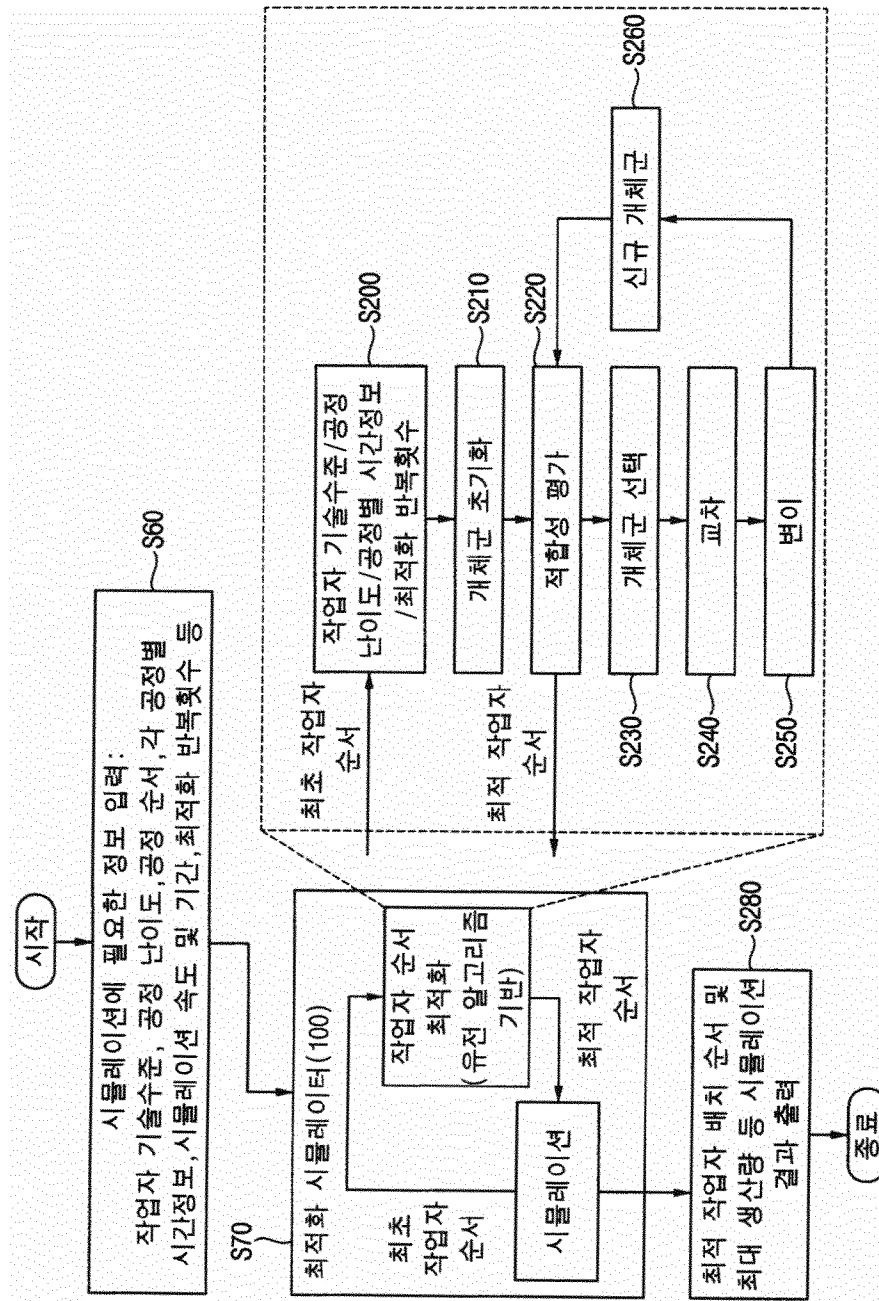
[도2]



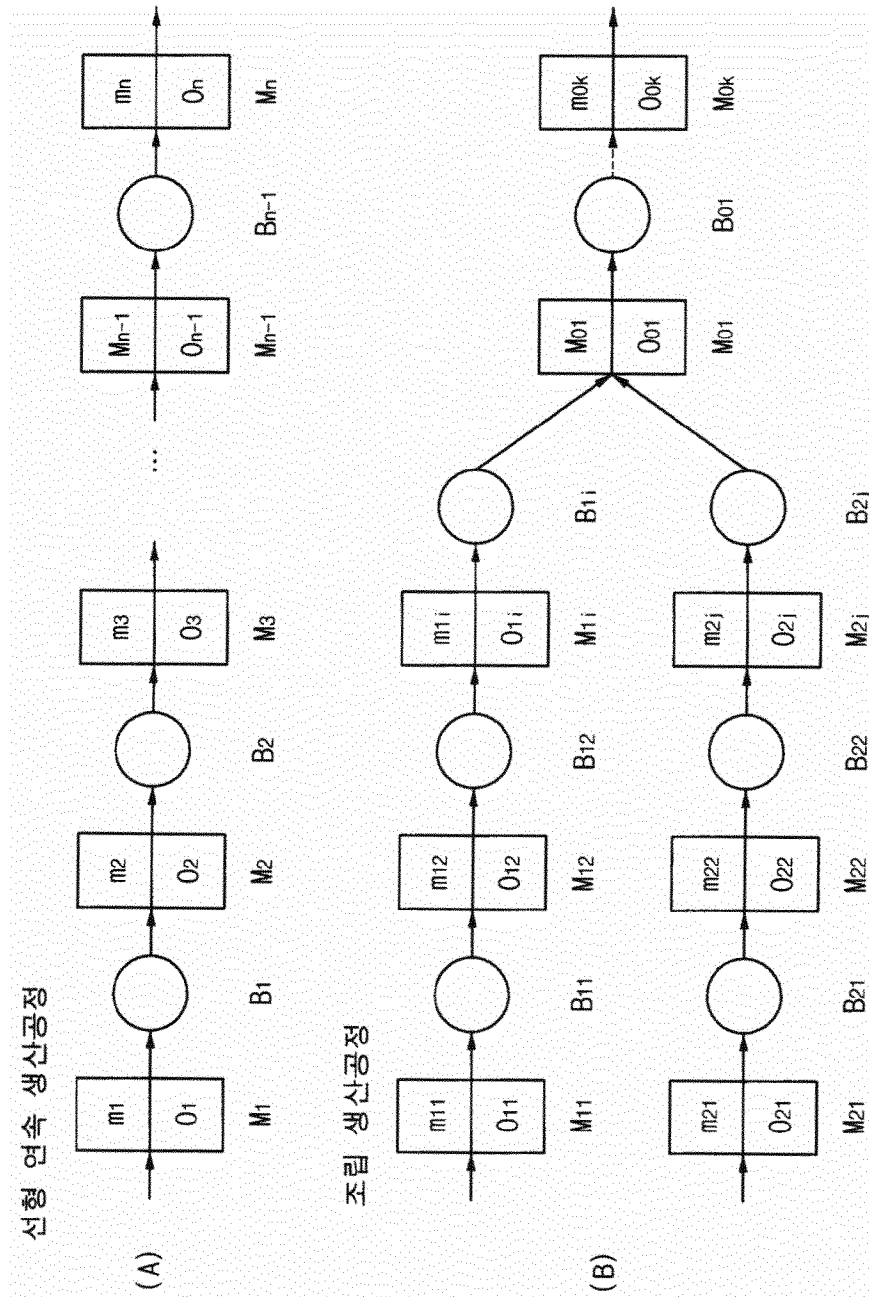
[도3]



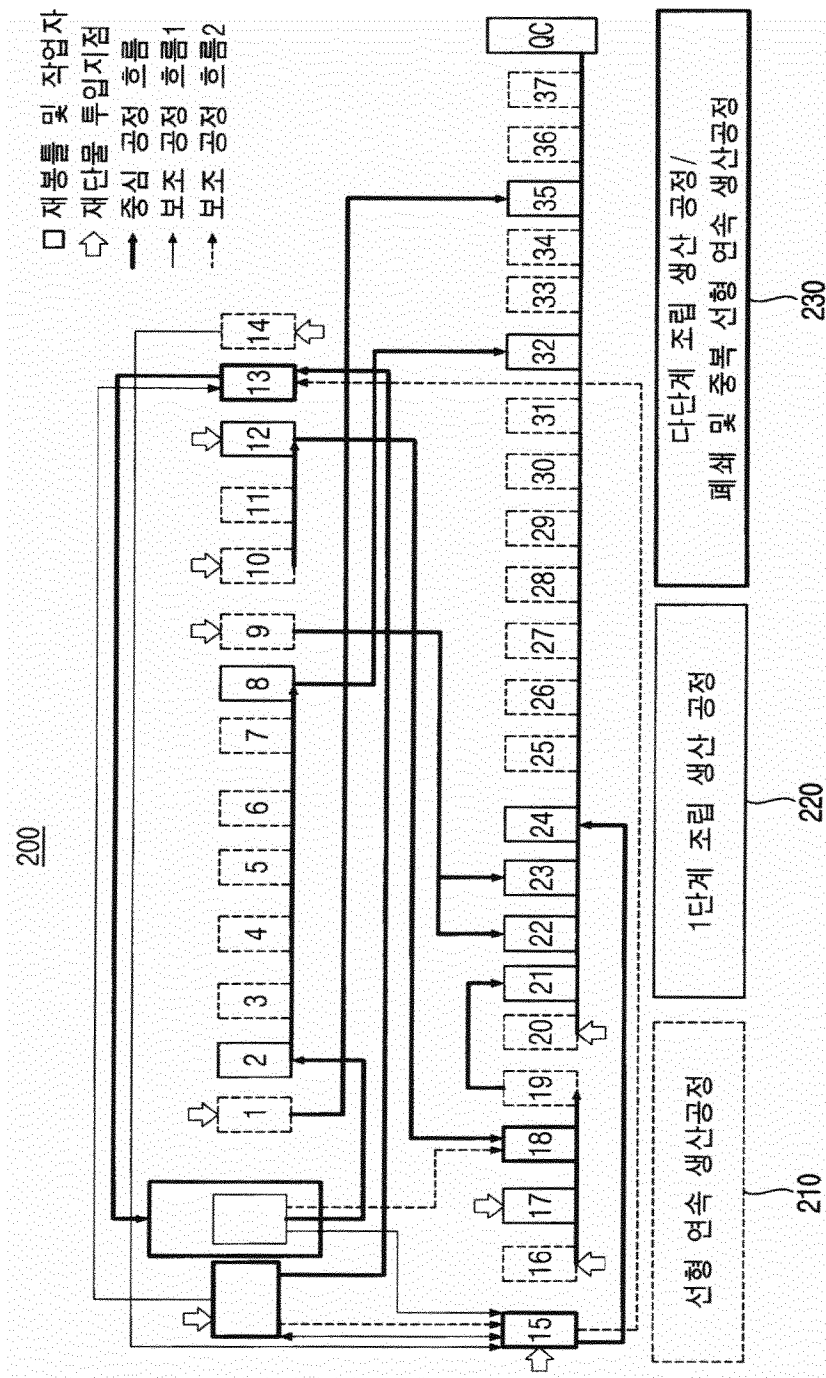
[도4]



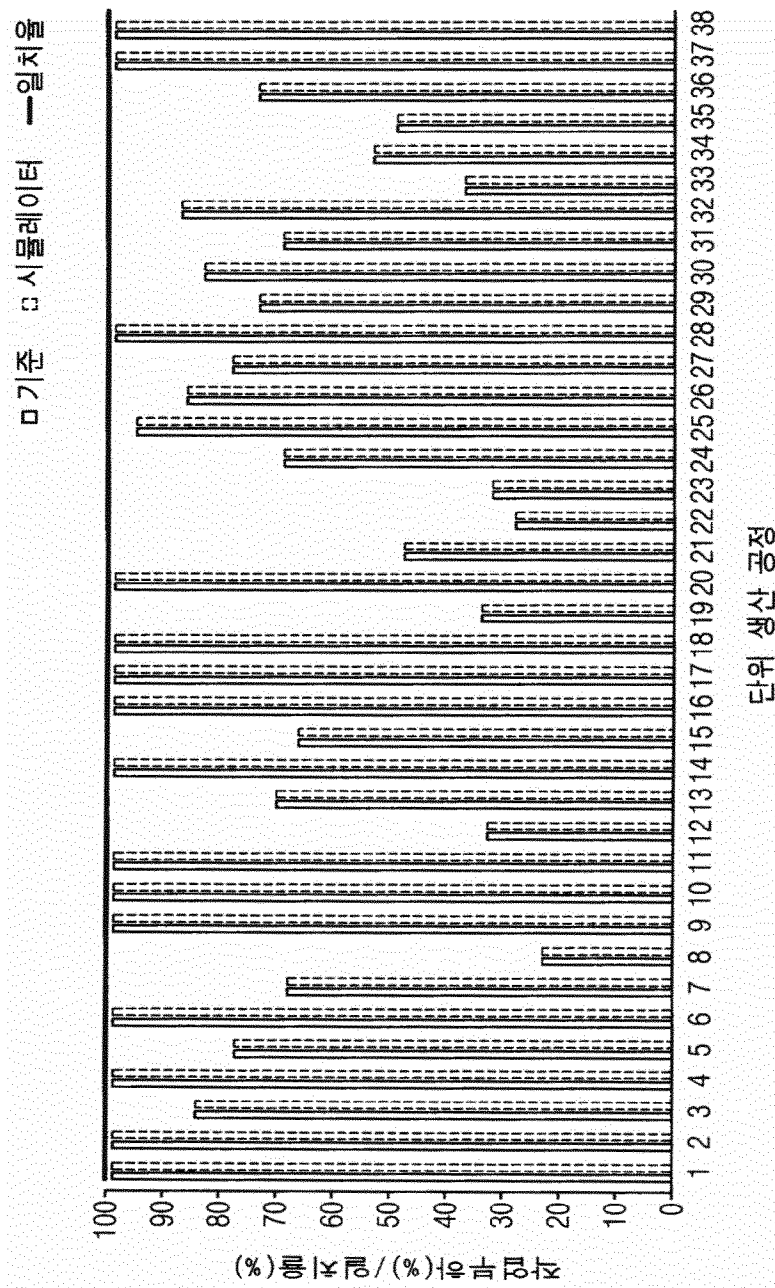
[도5]



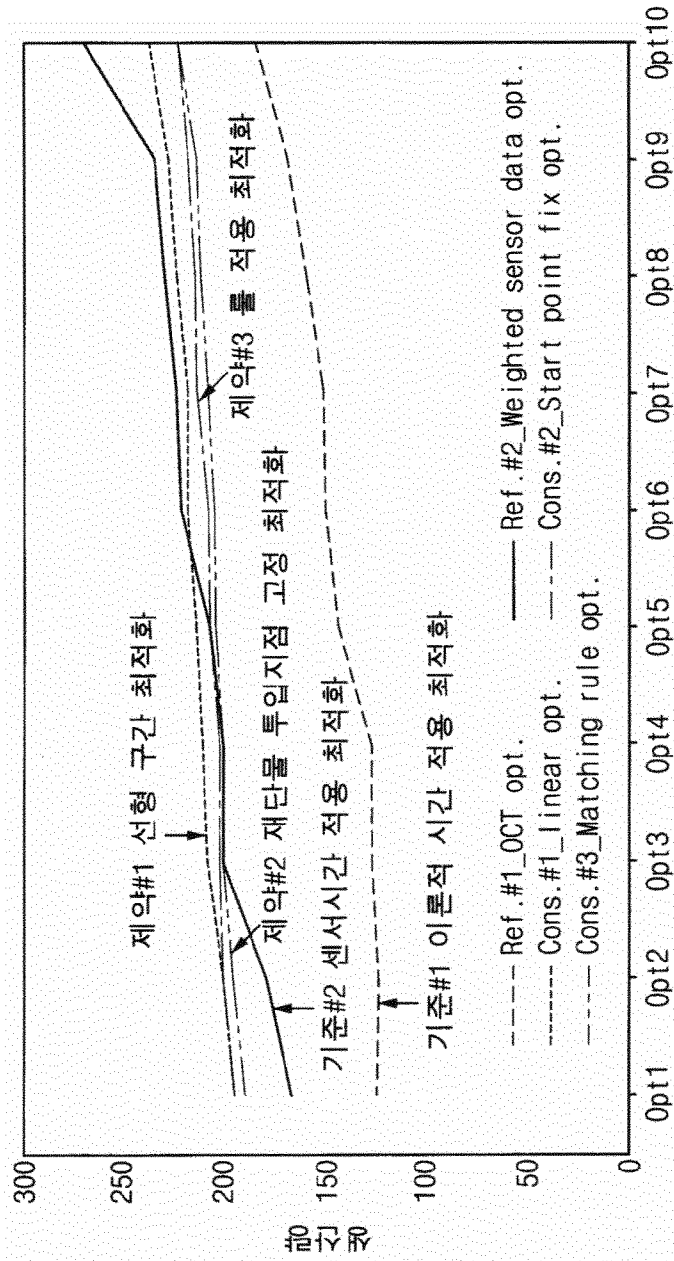
[도6]



[도7]



[도8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2021/009061

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G06Q 10/04(2012.01)i; G06Q 10/06(2012.01)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) G06Q 10/04(2012.01); G05B 19/418(2006.01); G06Q 10/00(2006.01); G06Q 50/00(2006.01); G06Q 50/04(2012.01) 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: 최적화(optimization), 작업자 개체군(worker population), 배치(placement), 순서(order), 시뮬레이션(simulation), 결과(result)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2018-128766 A (JFE STEEL CORP.) 16 August 2018 (2018-08-16) See paragraphs [0028], [0035]-[0036], [0044]-[0047], [0051]-[0058], [0067]-[0068] and [0074]-[0083] and claim 1.	1-21
Y	JP 2009-099039 A (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 07 May 2009 (2009-05-07) See paragraphs [0017], [0022]-[0028] and [0056]-[0061] and claim 1.	1-21
Y	JP 2004-288011 A (SHARP CORP.) 14 October 2004 (2004-10-14) See paragraphs [0015]-[0016], [0019]-[0022] and [0141]-[0143].	2-3,9-10,13-14,18-19
A	JP 4581252 B2 (ISUZU MOTORS LTD.) 17 November 2010 (2010-11-17) See entire document.	1-21
A	KR 10-0238738 B1 (NEC CORPORATION) 15 January 2000 (2000-01-15) See entire document.	1-21
☐ 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 01 November 2021		Date of mailing of the international search report 01 November 2021
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
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2021/009061

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
JP	2018-128766	A	16 August 2018	None		
JP	2009-099039	A	07 May 2009	JP	5194708 B2	08 May 2013
JP	2004-288011	A	14 October 2004	None		
JP	4581252	B2	17 November 2010	JP	2002-215860 A	02 August 2002
KR	10-0238738	B1	15 January 2000	JP	09-330861 A	22 December 1997
				JP	2746264 B2	06 May 1998
				KR	10-1998-0004145 A	30 March 1998

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) G06Q 10/04(2012.01)i; G06Q 10/06(2012.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) G06Q 10/04(2012.01); G05B 19/418(2006.01); G06Q 10/00(2006.01); G06Q 50/00(2006.01); G06Q 50/04(2012.01) 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: 최적화(optimization), 작업자 개체군(worker population), 배치(placement), 순서(order), 시뮬레이션(simulation), 결과(result)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	JP 2018-128766 A (JFE STEEL CORP.) 2018.08.16 단락 28, 35-36, 44-47, 51-58, 67-68, 74-83 및 청구항 1 참조.	1-21
Y	JP 2009-099039 A (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 2009.05.07 단락 17, 22-28, 56-61 및 청구항 1 참조.	1-21
Y	JP 2004-288011 A (SHARP CORP.) 2004.10.14 단락 15-16, 19-22, 141-143 참조.	2-3,9-10,13-14,18-19
A	JP 4581252 B2 (ISUZU MOTORS LTD.) 2010.11.17 전체 문서 참조.	1-21
A	KR 10-0238738 B1 (닛폰덴키가부시키키가이샤) 2000.01.15 전체 문서 참조.	1-21
☐ 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 2021년11월01일(01.11.2021)		국제조사보고서 발송일 2021년11월01일(01.11.2021)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578		심사관 박혜련 전화번호 +82-42-481-3463

국 제 조 사 보 고 서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호

PCT/KR2021/009061

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 2018-128766 A	2018/08/16	없음	
JP 2009-099039 A	2009/05/07	JP 5194708 B2	2013/05/08
JP 2004-288011 A	2004/10/14	없음	
JP 4581252 B2	2010/11/17	JP 2002-215860 A	2002/08/02
KR 10-0238738 B1	2000/01/15	JP 09-330861 A	1997/12/22
		JP 2746264 B2	1998/05/06
		KR 10-1998-0004145 A	1998/03/30