(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년02월04일
(11) 등록번호 10-1490049
(24) 등록일자 2015년01월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 19/00 (2011.01) *G06F 17/50* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0116516
(22) 출원일자 2013년09월30일
심사청구일자 2013년09월30일
(56) 선행기술조사문헌
Meiping Wu 외 2인, 'Knowledge-Based Approach to Assembly Sequence Planning for Wind-Driven Generator', Hindawi Publishing Corporation Mathematical Problems in Engineering, 2013.07.26
R.Vigano 외 1인, 'A computer tool to extract feasible assembly sequences from a product CAD model, in automated way', Proceedings of the IMProVe 2011, 2011.06.15., pp.248-253
Ma Tieqiang 외 2인, 'Virtual Assembly Method Based on Cad Model Reuse', 2012 Asian Network for Scientific Information, 2012, pp.160-165
Li-Ming Ou 외 1인, 'Relationship matrix based automatic assembly sequence generation from a CAD model', Computer-Aided Design, 2013.04, pp.1053-1067

(73) 특허권자
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93
(72) 발명자
박홍석
울산 중구 운곡3길 24, 101동 1305호 (다운동, 삼성아파트)
박진우
울산 중구 다운6길 16, 103동 111호 (다운동, 다운아파트)
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 8 항 심사관 : 박재용

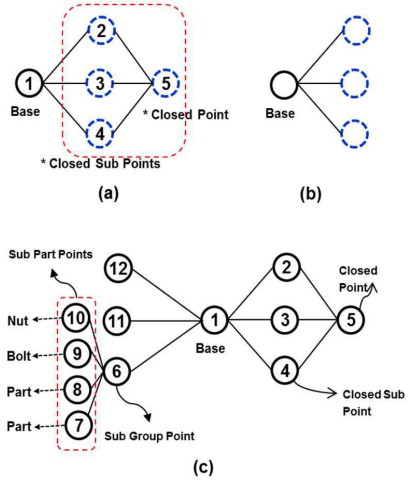
(54) 발명의 명칭 **행렬 기반의 부품의 조립 순서 추출 방법 및 그 장치**

(57) 요 약

본 발명은 행렬 기반의 부품의 조립 순서 추출 방법 및 그 장치에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 조립모델을 구성하는 부품들의 연결 관계를 노드 간의 계층적 연결 그래프로 구현한 연관 그래프 정보를 로딩하는 단계와, 상기 연관 그래프를 구성하는 각 노드의 속성을 분석하는 단계와, 상기 분석된 각 노드의 속성을 바탕으로 행렬

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도2



의 크기를 결정하는 단계와, 상기 연관 그래프 정보를 상기 각 노드를 원소로 하는 행렬 테이블로 변환하되, 몸통 부품에 해당되는 최상위 레벨의 노드를 기준으로 계층 구조로 구분되는 각 레벨의 노드가 상기 연결 관계에 따라 열 방향으로 차례로 할당되고 각각의 행 별로 서로 다른 경로의 연결 관계의 노드가 할당되는 단계, 및 상기 각 노드에 대응하는 부품의 종류 및 상기 각 노드의 속성을 참조하여 상기 행렬 테이블로부터 상기 조립모델에 대한 조립 순서를 도출하는 단계를 포함하는 행렬 기반의 부품의 조립 순서 추출 방법을 제공한다.

상기 행렬 기반의 부품의 조립 순서 추출 방법 및 그 장치에 따르면, 조립모델의 조립 순서 생성을 위해 기 구축된 연관 그래프 정보를 행렬 테이블로 행렬화한 다음 지식 기반의 룰을 적용하여 행렬 데이터로부터 하나의 신뢰성 있는 조립 순서를 신속하게 도출할 수 있는 이점이 있다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	10033163
부처명	산업통상자원부
연구관리전문기관	한국산업기술평가관리원
연구사업명	산업원천기술개발사업
연구과제명	c-MES 공정지원 플랫폼 기술(2-3)
기 여 율	1/1
주관기관	한국과학기술연구원
연구기간	2013.01.01 ~ 2013.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

부품의 조립 순서 추출 장치에서의 행렬 기반의 부품의 조립 순서 추출 방법에 있어서,

조립모델을 구성하는 부품들의 연결 관계를 노드 간의 계층적 연결 그래프로 구현한 연관 그래프 정보를 로딩하는 단계;

상기 연관 그래프를 구성하는 각 노드의 속성을 분석하는 단계;

상기 분석된 각 노드의 속성을 바탕으로 행렬의 크기를 결정하는 단계;

상기 연관 그래프 정보를 상기 각 노드를 원소로 하는 행렬 테이블로 변환하되, 몸통 부품에 해당되는 최상위 레벨의 노드를 기준으로 계층 구조로 구분되는 각 레벨의 노드가 상기 연결 관계에 따라 열 방향으로 차례로 할당되고 각각의 행 별로 서로 다른 경로의 연결 관계의 노드가 할당되는 단계; 및

상기 각 노드에 대응하는 부품의 종류 및 상기 각 노드의 속성을 참조하여 상기 행렬 테이블로부터 상기 조립모델에 대한 조립 순서를 도출하는 단계를 포함하며,

상기 각 노드의 속성을 분석하는 단계는,

상기 각 노드를 속성별로 구분하되, 상기 몸통 부품에 해당하는 베이스 포인트(Base Point),

복수의 상위 노드를 가지는 클로우즈 타입의 클로우즈 포인트(Closed Point), 상기 클로우즈 포인트에 대한 복수의 상위 노드인 클로우즈 서브 포인트(Closed Sub Point),

하위 노드가 없고 상위 노드가 상기 클로우즈 포인트인 클로우즈 타입의 노말 포인트(Normal Point), 하위 노드가 없고 상위 노드가 상기 클로우즈 포인트가 아닌 오픈 타입의 노말 포인트,

적어도 하나의 상위 노드와 복수의 하위 노드를 가지는 서브 그룹 포인트(Sub Group Point), 상기 서브 그룹 포인트에 대한 복수의 하위 노드인 서브 파트 포인트(Sub Part Point)로 구분하며,

L×M 크기를 갖는 상기 행렬의 열의 개수 M은 상기 연관 그래프의 계층 구조로 구분되는 각 레벨의 개수에 대응하고, 행의 개수 L은 상기 베이스 포인트로부터 하위 레벨의 포인트까지의 모든 가능한 경로의 경우의 수로서 아래의 수학식으로 결정되는 행렬 기반의 부품의 조립 순서 추출 방법:

L = 상기 오픈 타입의 노말 포인트의 개수 + (제1 클로우즈 서브 포인트의 개수 × 상기 제1 클로우즈 서브 포인트에 대응하는 제1 클로우즈 포인트와 연결되면서 하위 노드가 존재하지 않는 노말 포인트의 개수) + … + (제N 클로우즈 서브 포인트의 개수 × 상기 제N 클로우즈 서브 포인트에 대응하는 제N 클로우즈 포인트와 연결되면서 하위 노드가 존재하지 않는 노말 포인트의 개수).

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 조립모델에 대한 조립 순서를 도출하는 단계는,

상기 행렬 테이블의 첫 행 및 첫 열의 원소에 해당하는 몸통 부품의 노드를 상기 조립 순서의 첫 순위로 추가한 다음, 행렬의 상단에서 하단 방향으로 나머지 원소의 노드들에 대한 상기 부품의 종류 및 상기 포인트의 속성을 각각 분석하여 해당 노드를 다음 순서로 이어 추가하는 초기 분석 과정을 포함하며,

상기 초기 분석 과정은,

l(1≤l≤L)번째 행 내에서 m(1≤m≤M)번째 열의 노드가 체결구이면 해당 노드를 조립 순서에 추가하지 않고 다음 행의 분석으로 이동하고, 상기 m번째 열의 노드가 체결구가 아닌 일반 부품이면 해당 노드를 이전의 조립 순서에 이어 추가한 이후 다음 열의 노드에 대한 분석으로 이동하고,

l(1≤l≤L)번째 행 내에서 상기 m번째 열의 노드가 상기 일반 부품이면서 서브 그룹 포인트인 경우 해당 노드 및 그 서브 파트 포인트들을 하나의 조립군으로 하여 이전의 조립 순서에 이어 추가한 이후 다음 행의 분석으로 이동하며,

l(1≤l≤L)번째 행 내에서 상기 m번째 열의 노드가 상기 일반 부품이면서 클로우즈 포인트인 경우, 해당 노드를 이전의 조립 순서에 이어 추가한 이후 이전 열의 전체 행에서 이 해당 노드와 연결된 모든 클로우즈 서브 포인트의 노드를 부품의 종류와 무관하게 이 해당 노드의 순서에 이어 추가하고,

상기 서브 그룹 포인트의 속성 및 상기 클로우즈 포인트의 속성을 동시에 가지는 노드의 경우 상기 서브 그룹 포인트의 속성을 우선 적용하며,

상기 조립 순서에 추가하는 과정에서, 해당 노드가 이미 조립 순서에 추가된 노드인 경우 상기 분석을 생략하고 다음 열의 분석으로 이동하는 행렬 기반의 부품의 조립 순서 추출 방법.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 조립모델에 대한 조립 순서를 도출하는 단계는,

상기 초기 분석 과정에 따라 상기 L개의 행 중 마지막 행의 분석까지 완료되면, 순서의 추가가 진행된 열들에 대한 모든 행의 데이터 검사를 상기 열 별로 수행하되 상기 열이 빠른 순으로 차례로 수행하는 데이터 검사 과정을 더 포함하되,

상기 데이터 검사 과정은,

검사 대상의 노드가 상기 조립 순서에 이미 추가된 노드이거나 체결구인 경우 해당 노드에 대한 검사를 생략하고 다음 행의 검사로 이동하며,

검사 대상의 노드가 일반 부품이면서 클로우즈 포인트인 경우 해당 노드를 이전의 조립 순서에 이어 추가한 이후, 다음 열의 부품이 일반 부품이면 조립 순서에 이어 추가한 다음, 이전 열의 전체 행에서 이 해당 노드와 연결된 모든 클로우즈 서브 포인트의 노드를 부품의 종류와 무관하게 조립 순서에 이어 추가하고,

검사 대상의 노드가 서브 파트 포인트인 경우 상기 검사를 생략하고 다음 행의 검사로 이동하며,

상기 데이터 검사가 완료되면, 상기 데이터 검사가 완료된 열의 다음 열인 상기 데이터 검사가 수행되지 않은 열에 대하여 상기 초기 분석 과정 내지 상기 데이터 검사 과정을 반복 수행하는 행렬 기반의 부품의 조립 순서 추출 방법.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 조립모델에 대한 조립 순서를 도출하는 단계는,

상기 초기 분석 과정 내지 상기 데이터 검사 과정의 반복 수행 이후,

상기 조립 순서에 추가되지 않은 잔여 체결구의 노드가 존재하면, 상기 잔여 체결구의 노드를 이전의 조립 순서에 이어 추가하되, 핀, 와셔, 스크류, 볼트, 너트의 순으로 추가하여 주 조립 순서를 생성하는 과정, 및

상기 생성된 주 조립 순서에 포함된 모든 조립군들의 레벨을 분석하여 상위 레벨의 조립군일수록 선 순위에 배치되도록 상기 조립군의 위치를 조정하고, 해당 노드가 몸통 부품의 노드와 단독 연결된 고무 재질의 부품인 노드는 상기 주 조립 순서의 후미로 위치를 조정하고, 상기 조립군 내의 부품 중에서 고무 재질의 부품인 노드는 해당 조립군 내에서 후미로 위치를 이동하여 상기 주 조립 순서를 수정하는 과정을 더 포함하는 행렬 기반의 부품의 조립 순서 추출 방법.

청구항 7

조립모델을 구성하는 부품들의 연결 관계를 노드 간의 계층적 연결 그래프로 구현한 연관 그래프 정보를 로딩하는 그래프 정보 로딩부;

상기 연관 그래프를 구성하는 각 노드의 속성을 분석하는 노드 속성 분석부;

상기 분석된 각 노드의 속성을 바탕으로 행렬의 크기를 결정하는 행렬 크기 결정부;

상기 연관 그래프 정보를 상기 각 노드를 원소로 하는 행렬 테이블로 변환하되, 몸통 부품에 해당되는 최상위 레벨의 노드를 기준으로 계층 구조로 구분되는 각 레벨의 노드가 상기 연결 관계에 따라 열 방향으로 차례로 할당되고 각각의 행 별로 서로 다른 경로의 연결 관계의 노드가 할당되는 행렬 테이블 생성부; 및

상기 각 노드에 대응하는 부품의 종류 및 상기 각 노드의 속성을 참조하여 상기 행렬 테이블로부터 상기 조립모델에 대한 조립 순서를 도출하는 조립 순서 도출부를 포함하며,

상기 노드 속성 분석부는,

상기 각 노드를 속성별로 구분하되, 상기 몸통 부품에 해당하는 베이스 포인트(Base Point),

복수의 상위 노드를 가지는 클로우즈 타입의 클로우즈 포인트(Closed Point), 상기 클로우즈 포인트에 대한 복수의 상위 노드인 클로우즈 서브 포인트(Closed Sub Point),

하위 노드가 없고 상위 노드가 상기 클로우즈 포인트인 클로우즈 타입의 노말 포인트(Normal Point), 하위 노드가 없고 상위 노드가 상기 클로우즈 포인트가 아닌 오픈 타입의 노말 포인트,

적어도 하나의 상위 노드와 복수의 하위 노드를 가지는 서브 그룹 포인트(Sub Group Point), 상기 서브 그룹 포인트에 대한 복수의 하위 노드인 서브 파트 포인트(Sub Part Point)로 구분하며.

L×M 크기를 갖는 상기 행렬의 열의 개수 M은 상기 연관 그래프의 계층 구조로 구분되는 각 레벨의 개수에 대응하고, 행의 개수 L은 상기 베이스 포인트로부터 하위 레벨의 포인트까지의 모든 가능한 경로의 경우의 수로서 아래의 수학식으로 결정되는 행렬 기반의 부품의 조립 순서 추출 장치:

L = 상기 오픈 타입의 노말 포인트의 개수 + (제1 클로우즈 서브 포인트의 개수 × 상기 제1 클로우즈 서브 포인트에 대응하는 제1 클로우즈 포인트와 연결되면서 하위 노드가 존재하지 않는 노말 포인트의 개수) + … + (제N 클로우즈 서브 포인트의 개수 × 상기 제N 클로우즈 서브 포인트에 대응하는 제N 클로우즈 포인트와 연결되면서 하위 노드가 존재하지 않는 노말 포인트의 개수).

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

청구항 7에 있어서,

상기 조립 순서 도출부는,

상기 행렬 테이블의 첫 행 및 첫 열의 원소에 해당하는 몸통 부품의 노드를 상기 조립 순서의 첫 순위로 추가한 다음, 행렬의 상단에서 하단 방향으로 나머지 원소의 노드들에 대한 상기 부품의 종류 및 상기 포인트의 속성을 각각 분석하여 해당 노드를 다음 순서로 이어 추가하는 초기 분석 과정을 수행하며,

상기 초기 분석 과정은,

l(1≤l≤L)번째 행 내에서 m(1≤m≤M)번째 열의 노드가 체결구이면 해당 노드를 조립 순서에 추가하지 않고 다음 행의 분석으로 이동하고, 상기 m번째 열의 노드가 체결구가 아닌 일반 부품이면 해당 노드를 이전의 조립 순서에 이어 추가한 이후 다음 열의 노드에 대한 분석으로 이동하고,

l(1≤l≤L)번째 행 내에서 상기 m번째 열의 노드가 상기 일반 부품이면서 서브 그룹 포인트인 경우 해당 노드 및 그 서브 파트 포인트들을 하나의 조립군으로 하여 이전의 조립 순서에 이어 추가한 이후 다음 행의 분석으로

이동하며,

l(1≤l≤L)번째 행 내에서 상기 m번째 열의 노드가 상기 일반 부품이면서 클로우즈 포인트인 경우, 해당 노드를 이전의 조립 순서에 이어 추가한 이후 이전 열의 전체 행에서 이 해당 노드와 연결된 모든 클로우즈 서브 포인트의 노드를 부품의 종류와 무관하게 이 해당 노드의 순서에 이어 추가하고,

상기 서브 그룹 포인트의 속성 및 상기 클로우즈 포인트의 속성을 동시에 가지는 노드의 경우 상기 서브 그룹 포인트의 속성을 우선 적용하며,

상기 조립 순서에 추가하는 과정에서, 해당 노드가 이미 조립 순서에 추가된 노드인 경우 상기 분석을 생략하고 다음 열의 분석으로 이동하는 행렬 기반의 부품의 조립 순서 추출 장치.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 조립 순서 도출부는,

상기 초기 분석 과정에 따라 상기 L개의 행 중 마지막 행의 분석까지 완료되면, 순서의 추가가 진행된 열들에 대한 모든 행의 데이터 검사를 상기 열 별로 수행하되 상기 열이 빠른 순으로 차례로 수행하는 데이터 검사 과정을 더 수행하되,

상기 데이터 검사 과정은,

검사 대상의 노드가 상기 조립 순서에 이미 추가된 노드이거나 체결구인 경우 해당 노드에 대한 검사를 생략하고 다음 행의 검사로 이동하며,

검사 대상의 노드가 일반 부품이면서 클로우즈 포인트인 경우 해당 노드를 이전의 조립 순서에 이어 추가한 이후, 다음 열의 부품이 일반 부품이면 조립 순서에 이어 추가한 다음, 이전 열의 전체 행에서 이 해당 노드와 연결된 모든 클로우즈 서브 포인트의 노드를 부품의 종류와 무관하게 조립 순서에 이어 추가하고,

검사 대상의 노드가 서브 파트 포인트인 경우 상기 검사를 생략하고 다음 행의 검사로 이동하며,

상기 데이터 검사가 완료되면, 상기 데이터 검사가 완료된 열의 다음 열인 상기 데이터 검사가 수행되지 않은 열에 대하여 상기 초기 분석 과정 내지 상기 데이터 검사 과정을 반복 수행하는 행렬 기반의 부품의 조립 순서 추출 장치.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 조립 순서 도출부는,

상기 초기 분석 과정 내지 상기 데이터 검사 과정의 반복 수행 이후,

상기 조립 순서에 추가되지 않은 잔여 체결구의 노드가 존재하면, 상기 잔여 체결구의 노드를 이전의 조립 순서에 이어 추가하되, 핀, 와셔, 스크류, 볼트, 너트의 순으로 추가하여 주 조립 순서를 생성하는 과정, 및

상기 생성된 주 조립 순서에 포함된 모든 조립군들의 레벨을 분석하여 상위 레벨의 조립군일수록 선 순위에 배치되도록 상기 조립군의 위치를 조정하고, 해당 노드가 몸통 부품의 노드와 단독 연결된 고무 재질의 부품인 노드는 상기 주 조립 순서의 후미로 위치를 조정하고, 상기 조립군 내의 부품 중에서 고무 재질의 부품인 노드는 해당 조립군 내에서 후미로 위치를 이동하여 상기 주 조립 순서를 수정하는 과정을 더 수행하는 행렬 기반의 부품의 조립 순서 추출 장치.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 행렬 기반의 부품의 조립 순서 추출 방법 및 그 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 조립 순서 생성을 위해 구축된 연관 그래프로부터 최적의 조립 순서를 생성할 수 있는 행렬 기반의 부품의 조립 순서 추출 방법 및 그 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 조립 공정 계획은 대개 전문가의 경험 및 지식에 의하여 수동으로 수행되고 있는 실정이다. 전통적인 조립 공정 계획 작업은 조립 공정 계획자의 경험 및 지식 기반의 판단에 의해 수동으로 수립되어 진다. 그러나 이러한 수동적인 공정 계획은 조립 부품의 수가 많아지고 복잡해질 경우 공정 계획 수행 시간이 크게 증가할 수 있으며, 공정 오류 발생의 가능성 또한 높아질 수 있다. 게다가 숙련된 계획자일지라도 최적의 조립 공정 계획을 수립하는 것이 쉽지 않다.

[0003] 그러나 CAD(Computer Aided Design) 및 CAPP(Computer Aided Process Planning) 기술을 활용한 표준화된 조립 공정도의 생성은 수작업에 비해 신속히 도출할 수 있으며, 3D Data를 신속히 조립 공정도에 포함시킬 수 있어 조립 공정의 해석에 큰 이점을 주고 있다.

[0004] 조립 순서는 조립 공정 계획의 가장 기본적인 요소이며 조립 순서 생성의 결과를 바탕으로 조립 장비 및 도구들이 결정되어 진다. 이러한 이유로 조립 공정 계획에 있어 조립 순서를 최적화하고 자동으로 생성하는 연구는 항상 끊임없이 관심 받아 오고 있으며 많은 연구자들이 다양한 방법으로 조립 순서 생성 및 최적화를 위한 연구에 몰두하고 있다.

[0005] 기존에는 부품 관의 연결 관계를 그래프로 나타낸 연관 그래프를 이용한 유전자 알고리즘, 인공 신경 회로망 알고리즘 등을 통해 제품의 조립 순서 생성 및 최적화가 이루어지고 있다. 대부분의알고리즘은 복잡한 제품에 대한 초기 조건 및 매개 변수의 상대적인 영향에 따라 생성되는 조립 순서가 좌우되며 이에 따라 부분의 최적해에서 수렴되는 경향이 종종 일어나게 된다. 이러한 경우 생성되는 조립 순서가 많아지므로 가장 적합한 조립 순서를 사용자가 최종 선택해야 하며 사용자 편의성이 떨어지는 문제가 있다.

[0006] 본 발명의 배경이 되는 기술은 한국공개특허 제1997-032351호(1997.06.26 공개)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은, 조립 순서 생성을 위해 기 구축한 연관 그래프를 행렬 테이블로 변환하여 이로부터 조립이 가능한 하나의 조립 순서를 최적으로 도출할 수 있는 행렬 기반의 부품의 조립 순서 추출 방법 및 그 장치를 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명은, 조립모델을 구성하는 부품들의 연결 관계를 노드 간의 계층적 연결 그래프로 구현한 연관 그래프 정보를 로딩하는 단계와, 상기 연관 그래프를 구성하는 각 노드의 속성을 분석하는 단계와, 상기 분석된 각 노드의 속성을 바탕으로 행렬의 크기를 결정하는 단계와, 상기 연관 그래프 정보를 상기 각 노드를 원소로 하는 행렬 테이블로 변환하되, 몸통 부품에 해당되는 최상위 레벨의 노드를 기준으로 계층 구조로 구분되는 각 레벨의 노드가 상기 연결 관계에 따라 열 방향으로 차례로 할당되고 각각의 행 별로 서로 다른 경로의 연결 관계의 노드가 할당되는 단계, 및 상기 각 노드에 대응하는 부품의 종류 및 상기 각 노드의 속성을 참조하여 상기 행렬 테이블로부터 상기 조립모델에 대한 조립 순서를 도출하는 단계를 포함하는 행렬 기반의 부품의 조립 순서 추출 방법을 제공한다.

[0009] 여기서, 상기 각 노드의 속성을 분석하는 단계는, 상기 각 노드를 속성별로 구분하되, 상기 몸통 부품에 해당하는 베이스 포인트(Base Point), 복수의 상위 노드를 가지는 클로우즈 타입의 클로우즈 포인트(Closed Point), 상기 클로우즈 포인트에 대한 복수의 상위 노드인 클로우즈 서브 포인트(Closed Sub Point), 하위 노드가 없고 상위 노드가 상기 클로우즈 포인트인 클로우즈 타입의 노말 포인트(Normal Point), 하위 노드가 없고 상위 노드가 상기 클로우즈 포인트가 아닌 오픈 타입의 노말 포인트, 적어도 하나의 상위 노드와 복수의 하위 노드를 가지는 서브 그룹 포인트(Sub Group Point), 상기 서브 그룹 포인트에 대한 복수의 하위 노드이며 상기 서브 그룹 포인트와 하나의 조립군을 형성하는 서브 파트 포인트(Sub Part Point)로 구분할 수 있다.

[0010] 또한, L×M 크기를 갖는 상기 행렬의 열의 개수 M은 상기 연관 그래프의 계층 구조로 구분되는 각 레벨의 개수에 대응하고, 행의 개수 L은 상기 베이스 포인트로부터 하위 레벨의 포인트까지의 모든 가능한 경로의 경우의 수로서 아래의 수학식으로 결정될 수 있다.

[0011] L = 상기 오픈 타입의 노말 포인트의 개수 + (제1 클로우즈 서브 포인트의 개수 × 상기 제1 클로우즈 서브 포

인트에 대응하는 제1 클로우즈 포인트와 연결되면서 하위 노드가 존재하지 않는 노말 포인트의 개수) + … + (제N 클로우즈 서브 포인트의 개수 × 상기 제N 클로우즈 서브 포인트에 대응하는 제N 클로우즈 포인트와 연결되면서 하위 노드가 존재하지 않는 노말 포인트의 개수).

[0012] 그리고, 상기 조립모델에 대한 조립 순서를 도출하는 단계는, 상기 행렬 테이블의 첫 행 및 첫 열의 원소에 해당하는 몸통 부품의 노드를 상기 조립 순서의 첫 순위로 추가한 다음, 행렬의 상단에서 하단 방향으로 나머지 원소의 노드들에 대한 상기 부품의 종류 및 상기 포인트의 속성을 각각 분석하여 해당 노드를 다음 순서로 이어 추가하는 초기 분석 과정을 포함할 수 있다. 이때, 상기 초기 분석 과정은, 상기 초기 분석 과정은, l(1≤l≤L)번째 행 내에서 m(1≤m≤M)번째 열의 노드가 체결구이면 해당 노드를 조립 순서에 추가하지 않고 다음 행의 분석으로 이동하고, 상기 m번째 열의 노드가 체결구가 아닌 일반 부품이면 해당 노드를 이전의 조립 순서에 이어 추가한 이후 다음 열의 노드에 대한 분석으로 이동하고, l(1≤l≤L)번째 행 내에서 상기 m번째 열의 노드가 상기 일반 부품이면서 서브 그룹 포인트인 경우 해당 노드 및 그 서브 파트 포인트들을 하나의 조립군으로 하여 이전의 조립 순서에 이어 추가한 이후 다음 행의 분석으로 이동하며, l(1≤l≤L)번째 행 내에서 상기 m번째 열의 노드가 상기 일반 부품이면서 클로우즈 포인트인 경우, 해당 노드를 이전의 조립 순서에 이어 추가한 이후 이전 열의 전체 행에서 이 해당 노드와 연결된 모든 클로우즈 서브 포인트의 노드를 부품의 종류와 무관하게 이 해당 노드의 순서에 이어 추가하고, 상기 서브 그룹 포인트의 속성 및 상기 클로우즈 포인트의 속성을 동시에 가지는 노드의 경우 상기 서브 그룹 포인트의 속성을 우선 적용하며, 상기 조립 순서에 추가하는 과정에서, 해당 노드가 이미 조립 순서에 추가된 노드인 경우 상기 분석을 생략하고 다음 열의 분석으로 이동할 수 있다.

[0013] 또한, 상기 조립모델에 대한 조립 순서를 도출하는 단계는, 상기 초기 분석 과정에 따라 상기 L개의 행 중 마지막 행의 분석까지 완료되면, 순서의 추가가 진행된 열들에 대한 모든 행의 데이터 검사를 상기 열 별로 수행하되 상기 열이 빠른 순으로 차례로 수행하는 데이터 검사 과정을 더 포함할 수 있다. 이때, 상기 데이터 검사 과정은, 상기 데이터 검사 과정은, 검사 대상의 노드가 상기 조립 순서에 이미 추가된 노드이거나 체결구인 경우 해당 노드에 대한 검사를 생략하고 다음 행의 검사로 이동하며, 검사 대상의 노드가 일반 부품이면서 클로우즈 포인트인 경우 해당 노드를 이전의 조립 순서에 이어 추가한 이후, 다음 열의 부품이 일반 부품이면 조립 순서에 이어 추가한 다음, 이전 열의 전체 행에서 이 해당 노드와 연결된 모든 클로우즈 서브 포인트의 노드를 부품의 종류와 무관하게 조립 순서에 이어 추가하고, 검사 대상의 노드가 서브 파트 포인트인 경우 상기 검사를 생략하고 다음 행의 검사로 이동하며, 상기 데이터 검사가 완료되면, 상기 데이터 검사가 완료된 열의 다음 열인 상기 데이터 검사가 수행되지 않은 열에 대하여 상기 초기 분석 과정 내지 상기 데이터 검사 과정을 반복 수행할 수 있다.

[0014] 또한, 상기 조립모델에 대한 조립 순서를 도출하는 단계는, 상기 초기 분석 과정 내지 상기 데이터 검사 과정의 반복 수행 이후, 상기 조립 순서에 추가되지 않은 잔여 체결구의 노드가 존재하면, 상기 잔여 체결구의 노드를 이전의 조립 순서에 이어 추가하되, 핀, 와셔, 스크류, 볼트, 너트의 순으로 추가하여 주 조립 순서를 생성하는 과정, 및 상기 생성된 주 조립 순서에 포함된 모든 조립군들의 레벨을 분석하여 상위 레벨의 조립군일수록 선순위에 배치되도록 상기 조립군의 위치를 조정하고, 해당 노드가 몸통 부품의 노드와 단독 연결된 고무 재질의 부품인 노드는 상기 주 조립 순서의 후미로 위치를 조정하고, 상기 조립군 내의 부품 중에서 고무 재질의 부품인 노드는 해당 조립군 내에서 후미로 위치를 이동하여 상기 주 조립 순서를 수정하는 과정을 더 포함할 수 있다.

[0015] 그리고, 본 발명은 조립모델을 구성하는 부품들의 연결 관계를 노드 간의 계층적 연결 그래프로 구현한 연관 그래프 정보를 로딩하는 그래프 정보 로딩부와, 상기 연관 그래프를 구성하는 각 노드의 속성을 분석하는 노드 속성 분석부와, 상기 분석된 각 노드의 속성을 바탕으로 행렬의 크기를 결정하는 행렬 크기 결정부와, 상기 연관 그래프 정보를 상기 각 노드를 원소로 하는 행렬 테이블로 변환하되, 몸통 부품에 해당되는 최상위 레벨의 노드를 기준으로 계층 구조로 구분되는 각 레벨의 노드가 상기 연결 관계에 따라 열 방향으로 차례로 할당되고 각각의 행 별로 서로 다른 경로의 연결 관계의 노드가 할당되는 행렬 테이블 생성부, 및 상기 각 노드에 대응하는 부품의 종류 및 상기 각 노드의 속성을 참조하여 상기 행렬 테이블로부터 상기 조립모델에 대한 조립 순서를 도출하는 조립 순서 도출부를 포함하는 행렬 기반의 부품의 조립 순서 추출 장치를 제공한다.

발명의 효과

[0016] 본 발명에 따른 행렬 기반의 부품의 조립 순서 추출 방법 및 그 장치에 따르면, 조립모델의 조립 순서 생성을 위해 기 구축된 연관 그래프 정보를 행렬 테이블로 행렬화한 다음 지식 기반의 룰을 적용하여 행렬 데이터로부터 하나의 신뢰성 있는 조립 순서를 신속하게 도출할 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 실시예에 사용되는 계층적 구조의 연관 그래프의 예를 나타낸다.

도 2는 본 발명의 실시예에서 열린 형태 및 닫힌 형태의 그래프를 설명하는 개념도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 행렬 기반의 부품의 조립 순서 추출 장치의 구성도이다.

도 4는 도 3의 장치를 이용한 행렬 기반의 부품의 조립 순서 추출 방법의 흐름도이다.

도 5는 도 4의 S410 내지 S420 단계를 설명하는 연관 그래프 정보의 예이다.

도 6은 도 4의 S440 단계에 따라 변환된 행렬 테이블을 나타낸다.

도 7 내지 도 9는 도 6으로부터 조립 순서를 도출하는 과정을 나타낸다.

도 10은 본 발명의 테스트에 사용된 연관 그래프의 예이다.

도 11은 도 10으로부터 연관 그래프를 구성하는 각 레벨을 파악하고 각 노드의 포인트 속성을 분석한 결과이다.

도 12는 도 11로부터 획득된 행렬 데이터 생성 결과이다.

도 13 내지 도 14는 도 12의 행렬 데이터로부터 조립 순서를 도출하는 과정을 나타낸다.

도 15는 도 12에 대하여 최종 생성된 조립 순서의 결과를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0019] 본 발명은 행렬 기반의 부품의 조립 순서 추출 방법 및 그 장치에 관한 것으로서 조립모델의 부품 간 연결 관계를 노드 간의 계층적 연결 그래프로 구현한 연관 그래프 정보를 각 노드의 속성을 바탕으로 행렬 테이블로 변환한 다음 지식 기반의 룰(rule)을 적용하여 행렬 데이터로부터 하나의 최적의 조립 순서를 신속히 생성할 수 있게 한다.

[0020] 본 발명의 실시예에 따른 조립 순서 추출 방법의 상세한 설명에 앞서, 연관 그래프에 관하여 상세히 설명한다. 연관 그래프는 조립모델을 구성하는 부품들의 연결 관계를 노드 간의 계층적 연결 그래프로 구현한 것이다. 조립모델로부터 각 부품에 대한 연관 그래프의 구축은 기 공지된 다양한 방법이 사용될 수 있다. 본 실시예의 경우, 기 구축된 연관 그래프 정보로부터 하나의 최적의 조립 순서를 생성한다.

[0021] 도 1은 본 발명의 실시예에 사용되는 계층적 구조의 연관 그래프의 예를 나타낸다. 도 1은 임의의 조립부품에 대해 구축된 연관 그래프의 한 예로서 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.

[0022] 연관 그래프는 노드와 링크의 조합으로 구성되며 중심점인 몸통 부품의 노드를 출발점으로 각 레벨의 단계별 진행에 따라 링크의 방향과 조립순서의 진행 방향이 결정된다. 중심에 있는 레벨 1의 노드는 다수의 부품과 연결되면서 타 부품과의 연관성이 가장 높은 몸통 부품으로서, 일반적으로 조립 순서에서 최우선이 된다. 도 1의 경우 레벨 1의 노드를 중심으로 이와 연관된 하위 노드들이 레벨 2~4까지 각 경로로 계층적으로 연결되어 있다. 도 1로부터, 각 레벨에 부여되는 넘버는 노드 1로부터 해당 노드까지의 경로의 길이에 따라 결정됨을 알 수 있다.

[0023] 이러한 연관 그래프는 보통 열린 형태(Open Type) 및 닫힌 형태(Closed Type)의 조합으로 구성되어 진다. 도 2는 본 발명의 실시예에서 열린 형태 및 닫힌 형태의 그래프를 설명하는 개념도이다. 도 2의 (a)는 닫힌 형태, (b)는 열린 형태, (c)는 닫힌 형태 및 열린 형태의 조합으로 구성된 그래프의 예시도이다.

[0024] 각각의 노드들은 자신의 상위 레벨에서 직접 연결된 'from'과 하위 레벨에 직접 연결된 'to'에 대한 정보를 포함하고 있다. 도 2의 (a)의 예시에서 몸통 부품에 해당하는 노드 1의 'from'은 존재하지 않으며 to'는 노드 2,3,4에 해당한다. 또한, 노드 2,3,4에 'from'은 모두 노드 1이고, to'는 모두 노드 5이다. 그리고, 노드 5에 대한 'from'은 노드 2,3,4이고, to'는 존재하지 않는다.

[0025] 이러한 정보들로부터 닫힌 형태(Closed Type)의 그래프 형태를 파악할 수 있다. 즉, 어떠한 노드의 from 정보를 조사하였을 때, 그 개수가 두 개 이상이면 이는 이전 레벨의 노드와 닫힌 형태를 보인다. 따라서 도 2의 (a)의

경우, 노드 5는 클로우즈 포인트(Closed Point)로 분류하고, 노드 5와 연결된 상위 노드들 2,3,4는 클로우즈 서브 포인트(Closed Sub Point)로 분류할 수 있다.

[0026] 대개 덮개 종류의 부품과, 그를 몸체와 고정하는 볼트들이 클로우즈 타입의 형태로 나타나며, 역으로 그래프 생성 시에 클로우즈 타입 형태로 구성되어 지는 영역에 해당하는 부품들은 대부분 볼트들이라 할 수 있다.

[0027] 도 2의 (b)는 열린 형태의 그래프이고, (c)는 오픈 형태와 클로우즈 형태가 공존하는 그래프의 경우이다. 도 2의 (c)에는 몸통 부품의 노드 1을 기준으로 좌측에는 오픈 타입의 그래프 및 우측에는 클로우즈 타입의 그래프가 도시되어 있다. 각각의 노드는 그 연결 관계를 바탕으로 개별 포인트 속성을 가지며 이는 후술할 예정이다.

[0028] 도 2의 (c)에서 서브 그룹 포인트 및 그 하위 노드인 서브 파트 포인트는 하나의 조립군을 형성하고 있다. 노드 6은 부품 종류가 일반 부품(Part)인 노드 7과 8, 볼트(Bolt)인 노드 9, 너트(Nut)인 노드 10과 각각 연결되어 있다. 이때, 노드 6은 볼트나 너트의 속성을 갖는 하위 노드를 가지기 때문에 필수적으로 일반 부품의 종류를 가져야 하며, 노드 6과 공통 체적을 가지는 일반 부품 노드 7 및 8을 조립군 내로 추가할 수 있다. 노드 6에 연결된 체결구 부품들 노드 9의 10은 이들의 연결 정보들을 확인하여 조립군에 추가 또는 배제를 판단할 수 있다. 즉, 체결구들의 연결 부품들이 모두 조립군 내에 존재한다면 일반 부품 및 체결구 부품들을 조립군으로 구분할 수 있다. 도 2의 (c)에서 노드 9의 연결 부품들인 노드 7, 8, 10이 모두 조립군 내에 존재하므로 노드 9를 조립군의 구성 부품으로 추가하며 마찬가지로 노드 10이 추가된다. 만약, 노드 6과 연결된 일반 부품의 노드 7과 8이 노드 6과 공동 체적을 가지지 않으면 체결구를 조립군에 추가하는 방법과 마찬가지로 연결 관계를 파악하여 조립군에 추가 또는 배제를 판단할 수도 있다. 이러한 방법으로 구분된 조립군 정보를 통해 노드 6을 서브 그룹 포인트, 조립군을 구성하는 노드들 7~10을 서브 파트 포인트들로 분류할 수 있다. 본 실시예에서는 부품의 노드 속성이 서브 그룹 포인트 및 그 서브 파트 포인트들로 정의된 경우에는 이들을 하나의 조립군으로 다룰 수 있다. 한편, 몸통 부품은 베이스 포인트로 분류하며, 상술한 과정에서 분류되지 않는 모든 노드들을 노말 포인트(Normal Point)로 분류할 수 있다. 노말 포인트는 다시 Fastener Point, Shaft Point, Part Point 등으로 분류될 수 있다.

[0029] 조립 순서를 생성하기 위해서는 그려진 연관 그래프로부터 정확한 단위 순서 정보들을 파악하여야만 한다. 이를 위해 본 실시예에서는 노드들의 'From'과 'To' 정보들을 바탕으로 연결된 노드들을 행렬화한다. 이후, 데이터 행렬을 바탕으로 조립 순서 규칙을 따라 순서를 생성한다.

[0030] 이하에서는 상기의 내용을 바탕으로 본 발명의 실시예에 관하여 상세히 설명한다. 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 행렬 기반의 부품의 조립 순서 추출 장치의 구성도이고, 도 4는 도 3의 장치를 이용한 행렬 기반의 부품의 조립 순서 추출 방법의 흐름도이다.

[0031] 도 3 및 도 4를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 행렬 기반의 부품의 조립 순서 추출 장치(100)는 그래프 정보 로딩부(110), 노드 속성 분석부(120), 행렬 크기 결정부(130), 행렬 테이블 생성부(140), 조립 순서 도출부(150)를 포함한다.

[0032] 먼저, 그래프 정보 로딩부(110)는 조립모델을 구성하는 부품들의 연결 관계를 노드 간의 계층적 연결 그래프로 구현한 연관 그래프 정보를 로딩한다(S410).

[0033] 도 5는 도 4의 S410 내지 S420 단계를 설명하는 연관 그래프 정보의 예이다. 연관 그래프를 구성하는 각각의 노드는 조립모델의 구성하는 각 부품에 대응하며 각각의 노드마다 고유 번호가 부여되어 있다. 설명의 편의를 위하여 최상위 레벨의 노드(Base)는 1, 그 이하의 레벨의 노드는 2 내지 16로 부여하여 예시한다.

[0034] 노드 속성 분석부(120)는 상기 로딩된 연관 그래프를 구성하는 각 노드의 속성을 분석한다(S420). 이러한 S420 단계에서 노드 속성 분석부(120)는 각 노드를 포인트 속성별로 베이스 포인트(Base Point), 클로우즈 포인트(Closed Point), 클로우즈 서브 포인트(Closed Sub Point), 클로우즈 타입 노말 포인트 및 오픈 타입의 노말 포인트(Normal Point), 서브 그룹 포인트(Sub Group Point), 서브 파트 포인트(Sub Part Point) 등으로 구분한다.

[0035] 베이스 포인트는 상기 몸통 부품에 해당하는 노드로서, 도 5에서 노드 1에 해당한다. 클로우즈 포인트는 앞서 상술한 바와 같이 복수의 상위 노드를 가지는 클로우즈 타입 노드로서 도 5에서 노드 5와 노드 10에 각각 해당한다. 클로우즈 서브 포인트는 클로우즈 포인트에 대한 복수의 상위 노드에 해당되는 것으로서, 노드 5에 대해서는 노드 2 내지 4, 그리고 노드 10에 대해서는 노드 8, 9가 각각 이에 해당한다.

[0036] 클로우즈 타입의 노말 포인트는 하위 노드가 없고 상위 노드가 클로우즈 포인트인 경우로서, 노드 6, 7과 노드

11이 이에 해당한다. 반대로 오픈 타입의 노말 포인트는 하위 노드가 없고 상위 노드가 클로우즈 포인트가 아닌 경우로서, 노드 13, 14와 노드 15, 16이 이에 해당한다.

[0037] 서브 그룹 포인트는 적어도 하나의 상위 노드와 복수의 하위 노드를 가지는 노드로서, 노드 12가 이에 해당하며, 서브 파트 포인트는 서브 그룹 포인트에 대한 복수의 하위 노드로서 노드 13, 14가 이에 해당한다. 서브 그룹 포인트는 그 서브 파트 포인트들과 하나의 조립군을 형성할 수 있다. 본 실시예에서 연관 그래프 내에 존재하는 각각의 노드는, 경우에 따라 하나의 속성 또는 여러 개의 포인트의 속성을 동시에 가질 수도 있다.

[0038] 이후, 행렬 크기 결정부(130)는 상기 분석된 각 노드의 속성을 바탕으로 행렬의 크기를 결정한다(S430). 행렬은 L×M 크기를 가지며, 행의 개수 L 및 열의 개수 M은 아래와 같이 결정된다.

[0039] 먼저, 행렬의 열의 개수 M은 상기 연관 그래프의 계층 구조로 구분되는 각 레벨의 개수에 대응한다. 도 5의 예에서는 레벨이 1 내지 4까지 존재하므로 M=4가 된다.

[0040] 그리고, 행의 개수 L은 상기 베이스 포인트인 노드 1로부터 하위 레벨의 포인트까지의 모든 가능한 경로의 경우의 수로서, 아래의 수학식으로 결정된다.

[0041] L = 상기 오픈 타입의 노말 포인트의 개수 + (제1 클로우즈 서브 포인트의 개수 × 상기 제1 클로우즈 서브 포인트에 대응하는 제1 클로우즈 포인트와 연결되면서 하위 노드가 존재하지 않는 노말 포인트의 개수) + … + (제N 클로우즈 서브 포인트의 개수 × 상기 제N 클로우즈 서브 포인트에 대응하는 제N 클로우즈 포인트와 연결되면서 하위 노드가 존재하지 않는 노말 포인트의 개수).

[0042] 상기 수학식은 L = A + (B1×C1) + ... + (BN×CN)로 요약될 수 있다. 도 5의 실시예의 경우 N은 2까지 존재하므로, L = A + (B1×C1) + (B2×C2)이다. 그 계산 예는 다음과 같다.

[0043] 도 5의 예에서, 오픈 타입의 노말 포인트의 개수(A)는 노드 13, 14 및 노드 15, 16을 포함한 4개이다. 즉, A=4이다.

[0044] 그리고, 제1 클로우즈 서브 포인트(closed sub point 1)의 개수(B1)는 노드 2, 3, 4를 포함한 3개이므로, B1=3이다. 이 제1 클로우즈 서브 포인트에 대응하는 제1 클로우즈 포인트인 노드 5와 연결되면서 하위 노드가 존재하지 않는 노말 포인트의 개수(C1)는 노드 6, 7을 포함한 2개이므로 C1=2이다.

[0045] 다음, 제2 클로우즈 서브 포인트(closed sub point 2)의 개수(B2)는 노드 8, 9를 포함한 2개이므로, B2=2이다. 이 제2 클로우즈 서브 포인트에 대응하는 제2 클로우즈 포인트인 노드 10과 연결되면서 하위 노드가 존재하지 않는 노말 포인트의 개수(C2)는 노드 11 밖에 없으므로 C2=1이다.

[0046] 그 결과, L = A + (B1×C1) + (B2×C2) = 4 + (3×2) + (2×1) = 12이다.

[0047] 이상과 같은 연산 결과, 도 5의 실시예의 경우, 이 연관 그래프로부터 도출 가능한 경로의 모든 경우의 수는 총 12이다. 즉, 본 실시예에 따르면, 연관 그래프를 구성하는 각 노드의 속성을 이용한 수학식 1의 연산 만으로, 해당 연관 그래프로부터 도출 가능한 모든 경로의 경우의 수를 쉽고 빠르게 계산할 수 있다.

[0048] 이와 같은 S430 단계에 따라 최종 생성되는 행렬의 크기는 12개의 행과 4개의 열로 구성된 12×4 크기를 갖는다. 이후에는, 상기 생성된 해당 크기의 행렬 내의 원소에 베이스 포인트를 시작으로 각 노드의 'To' 정보 즉, 하위 노드의 정보를 확인하며 순서대로 행렬에 추가하며, 노드의 'To' 정보가 비어있을 경우, 다음 열로 이동하여 노드들을 추가한다.

[0049] 더 상세하게는, S430 단계 이후, 행렬 테이블 생성부(140)는 상기 연관 그래프 정보를 상기 각 노드를 원소로 하는 행렬 테이블로 변환한다(S440).

[0050] 도 6은 도 4의 S440 단계에 따라 변환된 행렬 테이블을 나타낸다. 이러한 도 6의 연관 그래프 정보를 도 5를 행렬 테이블로 변환한 것이다. 여기서, 설명의 편의를 위하여 12개의 각 행은 Line 1 내지 Line 12로, 4개의 각 열은 Level 1 내지 Level 4로 표현하고 있다.

[0051] 이때, 도 6과 같이 몸통 부품에 해당되는 최상위 레벨의 노드(베이스 포인트; 몸통 부품, 노드 1)를 기준으로 계층 구조로 구분되는 각 레벨의 노드가 상기 연결 관계에 따라 열 방향(오른쪽 방향)으로 차례로 할당되고, 각각의 행 별로 서로 다른 경로의 연결 관계의 노드가 할당한다. 이는 행의 개수가 곧 경로의 경우의 수에 대응하는 것과 연관된다.

[0052] 도 6에선 Line 1의 경우, 도 5를 참조하여 몸통 부품인 노드 1을 시작으로, 노드 2, 노드 5, 노드 6이 할당되어

있다. Line 2의 경우, 몸통 부품인 노드 1을 시작으로, 노드 2, 노드 5, 노드 7이 할당되어 있다. 나머지 라인도 각각의 노드가 할당되어 있다. 이는 앞서와 같이 베이스 포인트를 시작하여 각 노드의 'To' 정보를 확인하며 순서대로 행렬에 추가한 것이다. 각각의 Line은 모두 노드 1을 기점으로 하므로 첫 열은 항상 노드 1로 할당된다.

[0053] 이후에는 이러한 행렬 데이터를 바탕으로 조립 순서 규칙에 따라 조립 순서를 결정한다. 즉, 조립 순서 도출부(150)는 상기 각 노드에 대응하는 부품의 종류 및 상기 각 노드의 속성을 참조하여, 상기 행렬 테이블로부터 상기 조립모델에 대한 조립 순서를 도출한다(S450).

[0054] 이때, 각 노드 별로 그에 대응하는 부품의 종류, 그리고 각 노드의 속성(포인트 속성)은 별도의 데이터베이스에 미리 저장될 수 있다. 여기서 부품의 종류는 일반 부품, 볼트, 스크류, 너트, 와셔, 핀 등을 의미한다. 노드의 속성 정보의 예는 앞서 설명한 바 있다.

[0055] 도 5 및 도 6의 각 노드에 대한 부품의 종류(Part Type) 및 포인트 속성(Point type)은 표 1과 같다.

표 1

[0056]

Node (Part) No.	Part Type	Point Type
1	Base	Base Point
2	Part	Closed Sub Point1
3	Bolt	Closed Sub Point1
4	Bolt	Closed Sub Point1
5	Part	Closed Point1, Sub Group Point1
6	Bolt	Normal Point of closed type1 (Last), Sub Parts Point1
7	Nut	Normal Point of closed type1 (Last), Sub Parts Point1
8	Bolt	Closed Sub Point2
9	Bolt	Closed Sub Point2
10	Part	Closed Point2
11	Part	Normal Point of closed type2 (Last)
12	Part	Sub Group Point2
13	Part	Normal Point of open type (Last), Sub Parts Point2
14	Part	Normal Point of open type (Last), Sub Parts Point2
15	Pin	Normal Point of open type (Last)
16	Pin	Normal Point of open type (Last)

[0057] 본 실시예에서는 이러한 표 1과 같이 각 노드들의 부품 종류 및 포인트 속성을 함께 기록하여 둔다. 여기서, 일부 노드의 경우, 다수의 포인트 속성을 동시에 가지는 것을 확인할 수 있다.

[0058] 조립 순서를 도출하는 방법은 크게 네 가지 과정으로 구성될 수 있다. 각 라인별 레벨 데이터의 확인 및 이에 기반한 순서 추가 과정(제1 단계, 초기 분석 과정), 모든 라인의 분석 종료 시에 현재 분석이 진행된 레벨들까지의 데이터 검사 및 이에 기반한 순서 추가 과정(제2 단계, 데이터 검사 과정), 잔여 체결구의 순서 추가 과정(제3 단계, 주 조립 순서 생성 과정), 그리고 주 조립 순서를 최종적으로 수정하는 과정(제4 단계, 최종 순서 수정 과정)을 포함한다.

[0059] 도 7 내지 도 9는 도 6으로부터 조립 순서를 도출하는 과정을 나타낸다. 여기서, 도 7은 제1 단계, 도 8은 제2 단계, 도 9는 제3 단계의 과정에 대응한다.

[0060] 먼저, 상기 제1 단계의 초기 분석 과정은, 행렬 테이블의 첫 행 및 첫 열(Line 1 및 Level 1)의 원소에 해당하는 몸통 부품의 노드를 조립 순서의 첫 순위로 추가한 다음, 행렬의 상단에서 하단 방향으로 나머지 원소의 노드들에 대하여 그 부품의 종류 및 포인트의 속성을 각각 분석하여 해당 노드를 다음 순서로 이어 추가하는 과정을 거친다.

[0061] 상기 제1 단계의 초기 분석 과정의 규칙은 다음과 같다.

[0062] I-1. 데이터 분석 시에 일반 부품은 항상 순서에 추가한 이후, 다음 열(Level)의 데이터 분석으로 이동한다.

[0063] I-2. 데이터 분석 시에 체결구는 순서에 추가하지 않고 다음 행(Line)의 분석으로 이동한다.

[0064] I-3. 행렬 데이터 중 일반 부품이 순서에 추가될 경우 동일 행(Line)의 이전의 열(Level)에서 지나친 체결구의 존재 유무를 확인하고, 지나친 체결구가 있을 경우에는 그 체결구를 추가한 다음 해당 일반 부품의 다음 열(Level)을 분석한다.

[0065] I-4. 일반 부품을 순서에 추가한 이후 다음 열(Level)의 분석 시에, 일반 부품, Sub Group Point, Shaft Point, Closed Point 속성의 노드가 존재하면 이를 이어서 추가한다.

[0066] I-5. Sub Group Point, Shaft는 순서에 추가 후 다음 행(Line)의 분석으로 이동한다.

[0067] I-6. Closed Point의 경우 순서 추가 후 다음 열(Level)을 분석하고, 이후에 이전 열(Level)에 해당하는 모든 행(Line)의 데이터를 확인하여 상기 Closed Point와 연결된 Closed Sub Point들을 부품 종류에 관계없이 모두 추가한다.

[0068] I-7. 데이터 분석 시에 이미 추가된 부품은 순서에 추가하지 않고 다음 열(Level)로 이동한다.

[0069] I-8. Sub Part Points는 순서에 추가하지 않고 다음 열(Level)로 이동한다.

[0070] I-9. 현재 행에서 마지막 열(Level)의 순서 추가가 완료되면 다음 행(Line)의 첫 열(Level)로 이동한다.

[0071] I-10. Closed Point와 Sub Group Point의 속성을 동시에 가질 경우 Sub Group Point의 규칙을 우선 적용한다.

[0072] I-11. 마지막 행(Line)의 모든 Level 데이터에 대해 순서 확인 및 추가가 종료된 경우 상기 제2 과정의 규칙에 따르는 데이터 검사의 단계로 진행한다.

[0073] 이상의 제1 단계의 규칙을 바탕으로, 행렬 데이터가 조립 순서에 추가되어 지는 과정을 도 7 및 표 1을 참조로 상세히 설명하면 다음과 같다. 이하의 설명은 도면의 화살표 순서를 참조한다.

[0074] 순서 추가 과정에서 가장 첫 번째로 추가되는 노드는 항상 몸통 부품에 해당된다. 도 7의 제1 행 및 제1 열(Line 1, Level 1)에 위치한 노드 1의 데이터를 표 1로부터 확인하면, 노드 1은 몸통 부품이며 일반 부품의 속성을 가진다. 따라서, 가장 먼저 조립 순서에 추가한다(조립 순서: '1').

[0075] 이후, 다음 열(Level 2)에 위치한 노드 2에 대한 부품의 종류 및 포인트 속성을 확인한다(규칙 I-1). Line 1 및 Level 2에 해당하는 노드 2는 표 1과 같이 부품의 종류가 일반 부품이므로 조립 순서에 이어 추가한다(조립 순서: '1→2').

[0076] 이와 같이, l(1≤l≤L)번째 행 내에서 m(1≤m≤M)번째 열의 노드가 체결구가 아닌 일반 부품이면 해당 노드를 이전의 조립 순서에 이어 추가한 이후 다음 열의 노드에 대한 분석으로 이동한다.

[0077] 마찬가지로, 다음 열(Level 3)에 위치한 노드 5에 대한 부품의 종류 및 포인트 속성을 확인한다(규칙 I-1). Line 1 및 Level 3에 해당하는 노드 5는 표 1과 같이 부품의 종류는 일반 부품이고, 포인트 속성은 Closed Point 및 Sub Group Point의 속성을 동시에 가지고 있다.

[0078] 이러한 경우, 규칙 I-10, 4, 6, 5에 따라, 우선 서브 파트 포인트의 속성을 우선으로 적용하여 노드 5 및 그 서브 파트 포인트들인 노드 6과 7을 하나의 조립군(SA;Sub Assembly)로 하여 순서에 추가한 다음, 다시 클로우즈 포인트의 속성을 적용하여 이전 레벨인 Level 2에서 노드 5에 대한 Closed Sub Point의 속성을 가진 부품들인 부품 3, 부품 4를 추가한다(조립 순서: '1→2→SA1(5)→3→4'; SA1(5)='5→6→7'). 이때, 노드 5에 대한 Closed Sub Point인 노드 2는 이미 앞서의 순서에 추가되어 있으므로 생략한다. 이후에는, 기존 위치인 Line 1 및 Level 4에 내한 노드의 확인 및 순서 추가를 진행한다. Line 1 및 Level 4의 노드 6은 Sub Part Points이므로 다음 열을 확인하되 현재 Level 4가 마지막 열이므로 다음 제2 행의 분석으로 이동한다(규칙 I-8,9).

[0079] 요약하면, l번째 행 내에서 m번째 열의 노드가 일반 부품이면서 서브 그룹 포인트인 경우 해당 노드 및 그 서브 파트 포인트들을 하나의 조립군으로 하여 이전의 조립 순서에 이어 추가한 이후 다음 행의 분석으로 이동한다. 또한, l번째 행 내에서 m번째 열의 노드가 일반 부품이면서 클로우즈 포인트인 경우, 해당 노드를 이전의 조립 순서에 이어 추가한 이후 이전 열(m-1번째 열)에 해당하는 전체 행에서 이 해당 노드와 연결된 모든 클로우즈 서브 포인트의 노드를 부품의 종류와 무관하게 이 해당 노드의 순서에 이어 추가하도록 한다.

[0080] 다음은 앞서와 같이 제2 행의 분석으로 이동하되, 해당 노드가 이미 조립 순서에 추가된 노드이면 상기 분석을 생략하고 다음 열의 분석으로 이동한다. 즉, 제2행(Line 2) 내지 제6 행(Line 6), 그리고 제7 행의 제1 열(Line 7, Level 1)까지는 이미 조립 순서에 추가된 노드들로서 규칙 I-7에 따라 노드의 분석은 생략하고 그 다음 열의 분석으로 이동한다.

[0081] 제7 행의 제2 열(Line 7, Level 2)의 노드 8은 부품의 속성이 체결구(볼트) 이므로 이는 조립 순서에 추가하지 않고 규칙 I-2에 따라 다음 행인 제8 행의 분석으로 이동한다. 제8 행의 제2 열(Line 8, Level 2)의 노드 9 또한 이와 마찬가지로 조립 순서에 추가하지 않고 제9 행의 분석으로 이동한다. 이를 요약하면, l번째 행 내에서 m번째 열의 노드가 체결구이면 해당 노드를 조립 순서에 추가하지 않고 다음 행(다음 Line)인 l+1번째 행의 분석으로 이동한다.

[0082] 이후, 제9 행의 제2 열(Line 9, Level 2)에 있는 노드 12는 일반 부품이면서 Sub Group Point의 속성을 가진다. 규칙 I-5에 따라 이러한 노드 12를 그 서브 파트 포인트인 노드 13, 14과 하나의 조립군(SA)으로 순서에 추가하고 이후 다음 행(다음 Line)의 분석으로 이동한다(조립 순서: '1→2→SA1(5)→3→4→SA2(12)'; SA2(12)='12→13→14').

[0083] 이후, 조립 순서에 이미 추가된 노드를 포함하는 제 10행(Line 10)은 건너뛴다. 그리고, 제11 행의 제2열(Line 11, Leve l2)의 노드 15은 부품의 속성이 체결구(핀)이므로 순서에 추가하지 않고 다음 Line으로 이동한다(규칙 I-2). 마지막 행(Line)인 제 12행의 제2 열(Line 12, Level 2)의 노드 16 또한 체결구이므로 순서에 추가하지 않는다.

[0084] 이때, 규칙 I-11에 의해 상기 제2 단계 즉, 데이터 검사 과정으로 넘어간다. 또한 도 7의 붉은 동그라미를 참조하면, 규칙 I에 따라 순서에 추가된 최 후위 레벨에 해당하는 부품의 노드는 제1 열의 제3 행(Line 1, Level 3)에 있는 노드 5이므로, 상기 제2 단계에서의 데이터 검사 범위는 Level 1 내지 Level 3까지로 지정된다.

[0085] 데이터 검사 과정은 도 8을 참조한다. 상기 제1 단계(초기 분석 과정)에 따라 상기 L개의 행 중 마지막 행의 분석까지 완료된 이후, 제2 단계의 데이터 검사 과정을 수행하며, 이는 순서의 추가가 진행된 열들에 대한 모든 행의 데이터 검사를 상기 열 별로 수행하되 상기 열이 빠른 순으로 차례로 수행한다.

[0086] 상기 제2 단계의 데이터 검사 과정의 규칙은 다음과 같다.

[0087] Ⅱ-1. 데이터 검사 시, 해당 열(Level)에 대한 모든 행(Line)들의 검사가 완료된 이후 정해진 범위까지 다음 열(Level)의 검사로 진행되어 진다.

[0088] Ⅱ-2. 검사 수행 중 이미 순서에 추가된 부품은 순서에 추가하지 않고 다음 행(Line)으로 이동한다.

[0089] Ⅱ-3. 검사 수행 중 체결구는 순서에 추가하지 않고 다음 행(Line)으로 이동한다.

[0090] Ⅱ-4. Closed Point의 경우 순서 추가 후 다음 열(Level)을 검사하며, 이 다음 열의 데이터가 일반 부품이면 순서에 추가하고, 이후에 이전 열(Level)에 해당하는 모든 행(Line)의 데이터를 확인하여 상기 Closed Point와 연결된 Closed Sub Point들을 부품 종류에 관계없이 모두 추가한다.

[0091] Ⅱ-5. Sub Part Points는 추가하지 않고 다음 행(Line)으로 이동한다.

[0092] Ⅱ-6. 각 열(Level)의 모든 행(Line)에 대한 검사가 완료될 경우 다음 열(Level)의 첫 행(Line)으로 이동한다.

[0093] Ⅱ-7. 검사 범위 내의 열(Level) 및 행(Line)이 모두 검사되면, 검사 완료된 열(Level)의 다음 열(Level)부터 규칙 I에 의한 순서 추가 단계(제1 단계) 및 규칙 II에 의한 순서 검사 단계(제2 단계)를 반복한다.

[0094] 이상의 제2 단계의 규칙을 바탕으로, 데이터 검사 과정에 관하여 도 8 및 표 1을 참조로 상세히 설명하면 다음과 같다. 행렬 데이터의 검사는 각 열(Level)에 대한 모든 행(Line)을 검사 후 다음 열(Level)을 검사하는 방식으로 진행된다(규칙 II-1).

[0095] 우선, 도 8의 (a)에서 제1 열(Level 1)을 검사할 경우, 모든 Level 1에 해당하는 Line 데이터의 부품인 노드 1은 이미 제1 단계 시에 추가된 부품으로서 규칙 II-2에 의해 모두 지나치게 된다. 또한, 규칙 II-6에 의해 제2 열의 첫 행인 제1 행 및 제2 열(Line 1, Level 2)의 노드 2를 검사하기 위해 이동한다(화살표 참조).

[0096] 즉, 검사 대상의 노드가 상기 조립 순서에 이미 추가된 노드이면 해당 노드에 대한 검사를 생략하고 다음 행의 검사로 이동하고, 마지막 행인 경우 다음 열의 첫 행의 검사로 이동한다. 다음 열인 제2 열(Level 2)의 검사 시, 제1 행 내지 제6 행(Line 1 ~ Line 6)의 노드들은 규칙 II-2에 의해 지나친다.

[0097] 그리고, 제2 열의 제7 행 및 제8 행(Level 2; Line 7 ~ Line 8)의 노드들은 부품의 종류가 체결구(볼트)이므로 규칙 II-3에 의해 지나친다. 즉, 검사 대상의 노드가 체결구이면 해당 노드에 대한 검사를 생략하고 다음 행의 검사로 이동한다.

[0098] 또한, 제2 열의 제9 행 내지 제10 행(Level 2; Line 9 ~ Line 10)의 노드들은 규칙 II-2에 의해 지나치고, 제11행 및 제12 행(Level 2; Line 11 ~ Line 12)의 노드들은 부품의 종류가 체결구(핀)이므로 규칙 II-3에 의해 지나친다.

[0099] 이후에는 규칙 II-6에 의해 제3 열(Level 3)로 검사 대상이 변경된다. 제3 열(Level 3)에서 제1 행 내지 제6 행(Line 1 ~ Line 6)까지는 규칙 II-2에 의해 지나친다.

[0100] 다음으로 제3 열의 제7 행(Line 13)의 부품인 노드 10은 부품의 종류가 일반 부품이고 Closed Point의 속성을 가지므로, 규칙 II-4에 따라 우선 부품 10을 순서에 이어 추가한 이후(조립 순서: '1→2→SA1(5)→3→4→SA2(12)→10'), 동일한 행에서 다음의 제4 열의 부품을 검사하되 제4열의 부품인 노드 11이 일반 부품이므로 이 또한 순서에 이어서 추가하게 된다(조립 순서: '1→2→SA1(5)→3→4→SA2(12)→10→11'). 이후에는, 도 8의 (b)와 같이 상기의 규칙 II-4에 따라 이전 열인 제3 열의 전체 행(제1 내지 제12 행)에 대한 검사를 통해 이 해당 노드와 연결된 모든 클로우즈 서브 포인트의 노드를 부품의 종류와 무관하게 조립 순서에 이어 추가한다.(조립 순서 : '1→2→SA1(5)→3→4→SA2(12)→10→11→8→9').

[0101] 요약하면, 이와 같이 검사 대상의 노드가 일반 부품이면서 클로우즈 포인트인 경우 해당 노드를 이전의 조립 순서에 이어 추가한 이후, 다음 열의 부품이 일반 부품이면 조립 순서에 이어 추가한 다음, 이전 열의 전체 행에서 이 해당 노드와 연결된 모든 클로우즈 서브 포인트의 노드를 부품의 종류와 무관하게 조립 순서에 이어 추가한다.

[0102] 이후, 검사가 진행되던 제3 열(Level 3)의 이전 위치로 돌아와 검사를 재수행한다. 즉, 제3 열(Level 3)의 제8 행(Level 8)의 노드는 규칙 II-2에 따라 지나친다. 제3 열의 제9~10 행(Line 9 ~ Line 10)의 부품인 노드 13 및 노드 14는 Sub Part Point의 속성을 가지므로 규칙 II-5에 따라 순서에 추가하지 않고 다음 행으로 지나친다. 이와 같이, 검사 대상의 노드가 서브 파트 포인트인 경우 상기 검사를 생략하고 다음 행의 검사로 이동한다.

[0103] 그리고, 지정된 범위 제1 열 내지 제3 열(Level 1 ~ Level 3)까지의 모든 검사가 완료되었으므로, 규칙 II-7에 의해, 데이터 검사가 수행되지 않은 다음 제4 열에 대한 순서 추가 및 검사의 단계를 반복한다. 즉, 데이터 검사가 완료되면, 데이터 검사가 완료된 열의 다음 열 즉, 데이터 검사가 수행되지 않은 열에 대하여 상기 제1 단계(초기 분석 과정) 내지 제2 단계(데이터 검사 과정)을 반복 수행하도록 한다. 본 실시예의 경우 제4 열의 노드들이 모두 이미 조립 순서에 추가된 바 있으므로 순서 추가 과정이 추가적으로 이루어지지 않는다.

[0104] 이상과 같이 순서 추가 및 검사 과정이 모든 행렬 데이터에 대하여 수행되더라도 데이터 내에는 추가되지 않은 체결구 데이터가 존재할 수 있다. 잔여 체결구의 순서 추가 과정 제3 과정은 도 9를 참조한다.

[0105] 이러한 제3 단계는 제1~2 단계의 수행 결과 상기 조립 순서에 추가되지 않은 잔여 체결구의 노드가 존재하면, 잔여 체결구의 노드를 이전의 조립 순서에 이어 추가하되, 핀, 와셔, 스크류, 볼트, 너트의 순으로 추가하여 주 조립 순서를 생성한다.

[0106] 상기 제3 단계의 잔여 체결구 순서 추가 과정의 규칙은 다음과 같다.

[0107] Ⅲ-1. 체결구 순서 추가의 우선순위는 핀 > 와셔 > 스크류 > 볼트 > 너트이다.

[0108] 이상의 제3 단계의 규칙을 바탕으로, 잔여 체결구 순서 추가 과정에 관하여 도 9 및 표 1을 참조로 상세히 설명하면 다음과 같다. 앞서 제2 단계까지 수행 이후 도출된 조립 순서는 '1→2→SA1(5)→3→4→SA2(12)→10→11→8→9'이다.

[0109] 그런데 도 9에서 제2 열의 제11~12 행(Level 2; Line 11~12)에 해당하는 노드 15 및 노드 16은 조립 순서에 추가되지 않은 핀 부품으로서 잔여 체결구에 해당된다. 이들은 규칙 Ⅲ-1에 따라 기존의 순서에 이어 추가 되어진다(조립 순서: '1→2→SA1(5)→3→4→SA2(12)→10→11→8→9→15→16'). 이상과 같이 도 6의 행렬 데이터를 본 실시예에 따른 규칙 I~Ⅲ에 맞게 생성한 주 조립 순서는 다음과 같다.

[0110] - 주 조립 순서: 1→2→SA1(5)→3→4→SA2(12)→10→11→8→9→15→16

[0111] - SA1(Sub Assembly 1) Sequence: 5→6→7

[0112] - SA2(Sub Assembly 2) Sequence: 12→13→14

[0113] 한편, 행렬 데이터로부터 생성된 상기의 주 조립 순서는 이하의 규칙 IV에 따라 재검사되고 필요에 따라 수정된

다(제4 단계).

[0114] 제4 단계는 제3 단계 시에 생성된 주 조립 순서에 포함된 모든 조립군들의 레벨을 분석하여 상위 레벨의 조립군일수록 선 순위에 배치되도록 상기 조립군의 위치를 조정할 수 있다. 이외에도, 해당 노드가 몸통 부품의 노드와 단독 연결된 고무 재질의 부품인 노드는 상기 주 조립 순서의 후미로 위치를 조정하거나, 상기 조립군 내의 부품 중에서 고무 재질의 부품인 노드는 해당 조립군 내에서 후미로 위치를 이동하여 상기 주 조립 순서를 수정하는 등의 과정을 포함한다.

[0115] 상기 제4 단계의 최종 순서 수정 과정의 규칙은 다음과 같다.

[0116] Ⅳ-1. 주 조립 순서에서 검사 부품이 몸통 부품인 부품과 단독 연결되어 있는 고무 재질의 부품일 경우 조립 순서의 후미로 이동한다.

[0117] Ⅳ-2. 조립군 순서에서 검사 부품이 조립군의 선두 부품과 단독으로 연결되어 있는 고무 재질의 부품일 경우 조립 순서의 후미로 이동한다.

[0118] Ⅳ-3. 서브 그룹 포인트인 부품과 몸통 부품 사이의 연결 부품의 재질이 고무일 경우 고정의 역할이 불가하므로 서브 그룹 내로 이동한다.

[0119] Ⅳ-4. 생성된 조립 순서에서 서브 그룹 포인트가 다수 존재할 경우 각 서브 그룹 포인트가 위치한 레벨의 위치를 확인하고 상위 레벨의 순으로 위치를 교환한 후 조립군 번호를 재기록한다.

[0120] Ⅳ-5. 각 조립 그룹의 서브 파트 포인트들과 직접적으로 이어진 부품들은 이동된 각 조립 그룹의 후미로 이동한다.

[0121] Ⅳ-6. 클로우즈 서브 포인트들은 클로우즈 포인트의 후미로 이동

[0122] Ⅳ-7. 최종 검사 수행 시 해당 부품의 재질이 고무이면서 연결된 상대 부품이 몸통 부품만이 존재할 경우 고무 재질의 해당 부품의 순서를 전체 순서의 후미로 이동한다.

[0123] 이상의 제4 단계의 규칙을 바탕으로, 최종 순서 수정 과정에 관하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0124] 우선 검사 대상은 조립군에 대한 순서이다. 각각의 단위 부품 조립 순서는 제1 열(Level 1)의 베이스 부품으로부터 최 후위의 열까지 계층의 순서에 따라 추가되는 방식이다. 이를 바탕으로 그룹 단위의 조립 순서 역시 계층적 순서의 규칙에 위배되지 않도록 하기 위하여 조립군들은 각각의 조립군의 계층의 순서에 맞도록 조정되어진다. 제1 내지 제3 단계를 거쳐 생성된 조립군의 레벨(Level) 정보를 확인하였을 때에, SA1(5)는 Level 3에 위치하며, SA2(12)는 Level 2에 위치하지만 기 생성된 주 조립 순서에서의 조립군의 위치는 SA1(5)가 선행되어 있고 SA2(12)가 후위에 조립된다. 이에 따라 규칙 IV-4를 적용하여 조립군의 위치를 조정하면 다음과 같이 나타내어진다.

[0125] - 수정된 주 조립 순서1: 1→2→SA2(12)→3→4→SA1(5)→10→11→8→9→15→16 (조립군의 위치 교환 과정)

[0126] - 수정된 주 조립 순서2: 1→2→SA1(12)→3→4→SA2(5)→10→11→8→9→15→16 (조립군의 위치 교환 후 조립군 번호 재기록)

[0127] 다음, 노드 3 및 노드 4는 SA2(5)의 Closed Point 속성으로 인해 규칙 IV-6에 따라 SA2(5)의 후미로 이동한다. 이에 따라 최종 주 조립 순서는 다음과 같다.

[0128] - 최종 주 조립 순서: 1→2→SA1(12)→SA2(5)→3→4→10→11→8→9→15→16

[0129] 이하에서는 임의의 연관 그래프에 본 발명의 실시예를 적용하여 최적의 조립 순서를 도출하는 예를 설명한다.

[0130] 도 10은 본 발명의 테스트에 사용된 연관 그래프의 예이다. 도 10은 임의의 오일펌프의 조립모델에 대해 기 생성한 연관 그래프를 나타낸다. 도 11은 도 10으로부터 연관 그래프를 구성하는 각 레벨(계층)을 파악하고 각 노드의 포인트 속성을 분석한 결과이다. 본 실시예에 따르면 연관 그래프로부터 각 노드의 레벨 및 속성에 대한 분석 결과를 도출할 수 있다.

[0131] 표 2는 도 11의 분석으로부터 얻어진 각 노드별 포인트 속성의 정리 결과이다.

표 2

[0132]

Node (Part) No.	Part Type	Point Type
1	Part	Sub Group Point1
2	Part	Closed Point
3	Part	Closed Sub Point
4	Part	Normal Point of open type (Last), Sub Parts Point1
5	Part	Normal Point of open type (Last)
6	Part	Normal Point of open type
7	Part	Normal Point of open type (Last)
8	Bolt	Normal Point of open type (Last)
9	Bolt	Normal Point of open type (Last)
10	Bolt	Normal Point of open type (Last)
11	Bolt	Normal Point of open type (Last)
12	Bolt	Normal Point of open type (Last)
13	Bolt	Closed Sub Point
14	Bolt	Closed Sub Point
15	Bolt	Closed Sub Point
16	Bolt	Closed Sub Point
17	Bolt	Closed Sub Point
18	Bolt	Closed Sub Point
19	Bolt	Closed Sub Point
20	Bolt	Closed Sub Point
21	Bolt	Closed Sub Point
22	Bolt	Closed Sub Point
23	Bolt	Closed Sub Point
24	Bolt	Closed Sub Point
25	Bolt	Closed Sub Point
26	Base	Base Point
27	Part	Sub Group Point2
28	Part	Normal Point of open type (Last), Sub Parts Point2
29	Part	Normal Point of open type, Sub Parts Point1
30	Part	Normal Point of open type (Last), Sub Parts Point1
31	Part	Normal Point of open type (Last)
32	Part	Normal Point of open type (Last)
33	Part	Normal Point of open type (Last), Sub Parts Point2

[0133] 본 실시예에서 오일펌프의 조립군은 총 2개로 구분되어 진다. 첫 번째 조립군은 부품 27을 상대로 끼움조립이 가능한 즉, 공통 체적이 존재하는 부품 28, 31, 33이 포함되며, 함께 연결된 볼트 8~12는 부품 28, 31, 33과 연관 관계가 없으며, 각각의 연관 부품들 2, 3이 조립군 내에 존재하지 않으므로, 이들은 포함되지 않는다. 두 번째 조립군은 부품 1을 상대로 끼움조립이 가능한 즉, 공통 체적이 존재하는 부품 4, 29, 30이 포함된다.

[0134] 표 2와 같이 분석된 포인트 속성을 활용하여 도 11의 연관 그래프 정보를 담을 행렬의 크기를 계산하여 할당한다. 오일펌프에 대한 연관 그래프 데이터의 행렬의 크기는 Level 4까지의 계층과, 13(Last Normal Point of open type) + 14(Closed Sub Point) × 1의 계산을 통해, 4개의 열 및 27개의 행을 갖는다. 즉 행렬의 총 크기는 4×27이다.

[0135] 이후 각 노드들의 'From' 및 'To' 정보를 활용하여 도 12와 같이 그래프 데이터 행렬을 완성한다. 도 12는 도 11로부터 획득된 행렬 데이터 생성 결과이다. 그래프로부터 총 27개의 행과, 4개의 열을 확인할 수 있다.

[0136] 도 13 내지 도 14는 도 12의 행렬 데이터로부터 조립 순서를 도출하는 과정을 나타낸다. 도 13의 (a) 및 (b)는 조립 순서 도출을 위한 제1 단계 및 제2 단계에 각각 대응하고, 도 14의 (a) 및 (b)는 제3 단계에 대응한다.

[0137] 도 13의 (a) 및 표 1을 참조하면, 우선, 도 13의 (a)와 같이 규칙 I를 적용하여 조립 순서를 추가하는 작업을 진행한다. 이하의 설명은 도면의 화살표 순서를 참조한다.

[0138] 도 13의 (a)에서 제1 행 및 제1 열의 노드 26은 몸통 부품이며 부품의 종류가 일반 부품이므로 가장 먼저 순서

에 추가한다(조립 순서: '26'). 이후 노드 5, 7, 6은 일반 부품이므로 마찬가지로 순서에 추가한다(조립 순서: '26→5→7→6'). 이어서, 노드 27은 Sub Group Point의 조립군을 순서에 추가한 후 다음 행으로 이동한다(조립 순서: '26→5→7→6→SA1(27)). 이미 추가된 부품들은 모두 지나치며 노드 3은 일반 부품이므로 순서에 추가하며, 이어서 노드 2 역시 추가된다(조립순서: '26→5→7→6→SA1(27)→3→2'). 이때 노드 2는 Closed Point의 속성을 가지므로 이전 열인 Level 2의 노드들을 모두 검사하여 Closed Sub Point의 속성을 가진 노드 24~14를 모두 추가한다. 이후 일반 부품의 속성을 가지며 Sub Group Point의 속성을 가진 노드 1의 조립군을 순서에 추가 후 진행이 끝나게 된다. 생성된 조립 순서는 '26→5→7→6→SA1(27)→3→2→24~14→SA2(1)'이다.

[0139] 이후, 규칙 Ⅱ에 따른 제2 단계를 수행한다. 도 5의 (b)를 참조하면, 제1 열인 Level 1을 시작으로 순서 추가 최종 계층인 제3 열 즉, Level 3까지 행렬의 검사를 수행하게 된다. 검사 범위 내의 각 Level별 모든 Line 데이터는 이미 추가되었거나 Sub Parts Point의 속성을 가지므로 모두 지나치며 데이터 검사를 종료한다.

[0140] 다음, 도 5의 (c)와 같이 잔여 열인 Level 4에 대해 규칙 I에 따라 순서 추가 단계를 진행한다. 노드 27과 연결된 노드 33~28은 각각 Sub Part Point의 속성 또는 부품의 종류가 볼트로서 체결구 속성을 가지므로 모두 지나친다. 이후 노드 32는 일반 부품의 속성을 가지므로 순서에 추가 후 진행을 종료한다. 여기까지 생성된 조립 순서는 '26→5→7→6→SA1(27)→3→2→24~14→SA2(1)→32'이다.

[0141] 마지막으로, 도 5의 (d)는 규칙 Ⅲ에 따라 모든 순서 추가 및 검사 단계의 종료 후 잔여 체결구들을 순서에 추가하는 과정을 거친다. 잔여 체결구들을 모두 추가하였을 때에 순서 생성 단계는 최종 종료된다.

[0142] - 주 조립 순서: 26→5→7→6→SA1(27)→3→2→24~14→SA2(1)→32→8~12

[0143] - SA1(Sub Assembly 1) Sequence: 27→33→31→28

[0144] - SA2(Sub Assembly 2) Sequence: 1→29→30→4

[0145] 이와 같이 생성된 주 조립 순서는 규칙 Ⅳ에 따라 검사 및 수정이 이루어진다. 주 조립 순서에서의 부품 7은 몸통 부품인 부품 26과 단독으로 연결되어 있는 고무 재질의 부품이므로 주 조립 순서의 후미로 이동한다. 마찬가지로 SA1의 조립 부품들 내의 부품 33은 부품 27과 단독으로 연결되어 있는 고무 재질의 부품이므로 SA1의 후미로 이동한다. 주 조립 순서에서 부품 6은 몸통 부품과 SA1을 이어주지만 고무 재질로서 고정의 역할을 수행하지 못하여 SA1의 후미로 이동한다.

[0146] 이에 따라 수정된 주 조립 순서 및 수정된 SA는 다음과 같다.

[0147] - 수정된 주 조립 순서: 26→5→SA1(27)→3→2→24~14→SA2(1)→32→8~12→7

[0148] - 수정된 SA1(Sub Assembly 1) Sequence: 27→31→28→33→6

[0149] - SA2(Sub Assembly 2) Sequence: 1→29→30→4

[0150] 여기서, 부품 1의 조립군 SA2의 계층은 Level 2이며 부품 27의 조립군 SA1의 계층은 Level 3이므로 순서를 교환한 이후 조립군 번호를 조정한다. 이후 주 조립 순서에서 부품 32는 SA1과 직접적으로 이어진 부품이므로 SA1의 뒤로 이동한다. 도 15는 도 12에 대하여 최종 생성된 조립 순서의 결과를 나타낸다.

[0151] - 최종 수정된 주 조립 순서: 26→5→SA1(1)→32→3→2→24~14→ SA2(27)→8~12→7

[0152] - 최종 수정된 SA1(Sub Assembly 1) Sequence: 1→29→30→4

[0153] - 최종 수정된 SA2(Sub Assembly 2) Sequence: 27→31→28→33→6

[0154] 이러한 본 실시예의 경우, 기존의 방법과 같이 가능한 모든 조립 순서를 생성하는 것을 지양하고. 조립이 가능한 단 하나의 순서를 최초 생성한 다음 이로부터 자동적으로 수정, 보완하여 최적 순서를 도출할 수 있다.

[0155] 이상과 같은 본 발명에 따른 행렬 기반의 부품의 조립 순서 추출 방법 및 그 장치에 따르면, 조립모델의 조립 순서 생성을 위해 기 구축된 연관 그래프 정보를 행렬 테이블로 행렬화한 다음 지식 기반의 룰을 적용하여 행렬 데이터로부터 하나의 신뢰성 있는 조립 순서를 신속하게 도출할 수 있는 이점이 있다.

[0156] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0157] 100: 행렬 기반의 부품의 조립 순서 추출 장치

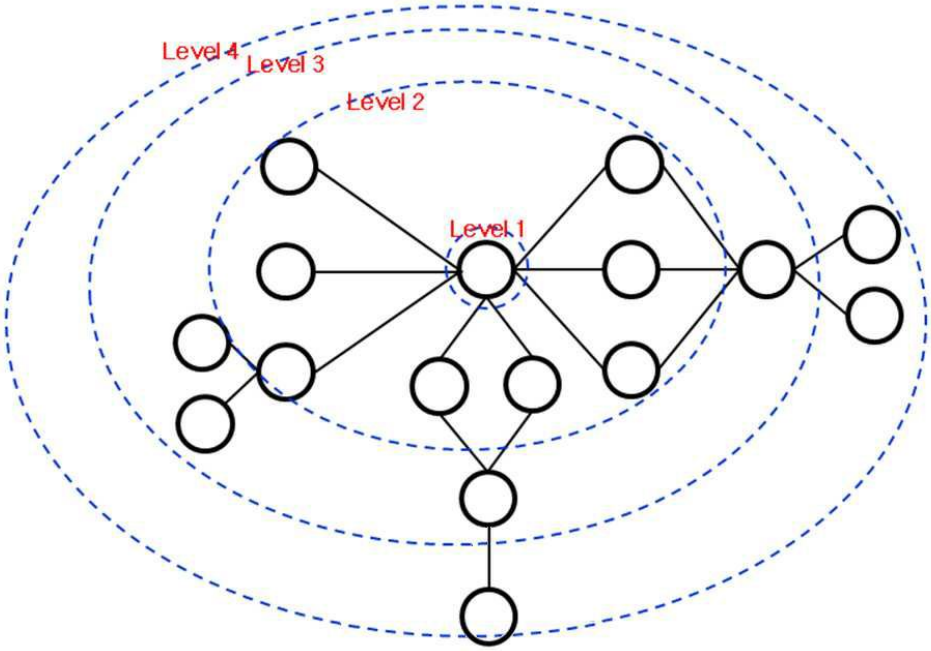
110: 그래프 정보 로딩부 120: 노드 속성 분석부

130: 행렬 크기 결정부 140: 행렬 테이블 생성부

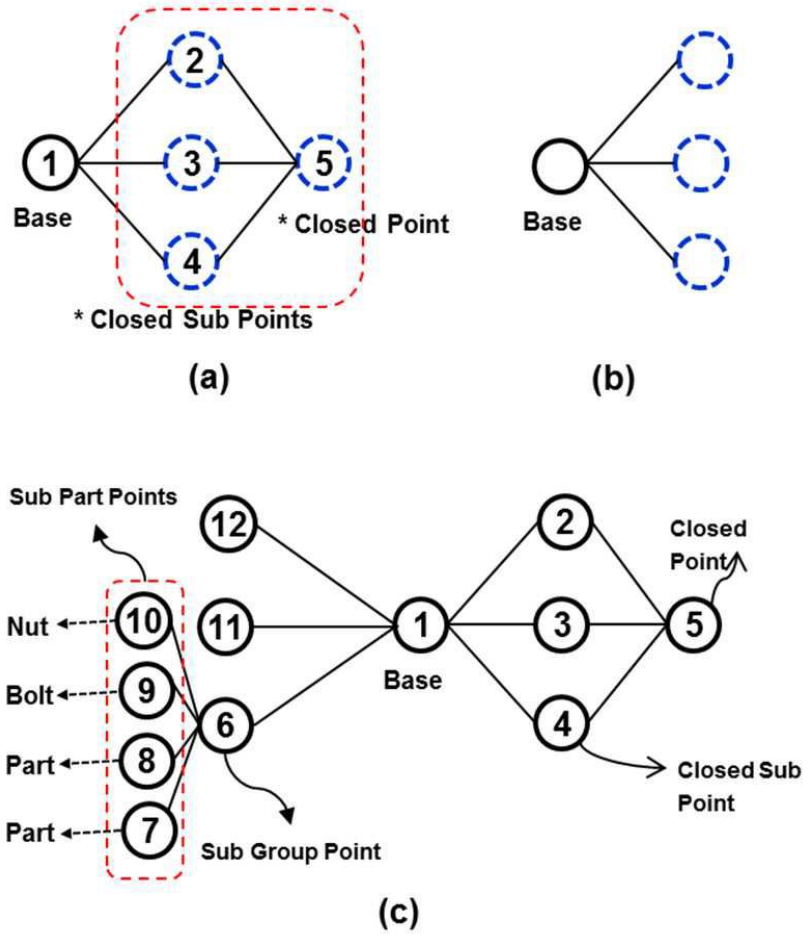
150: 조립 순서 도출부

도면

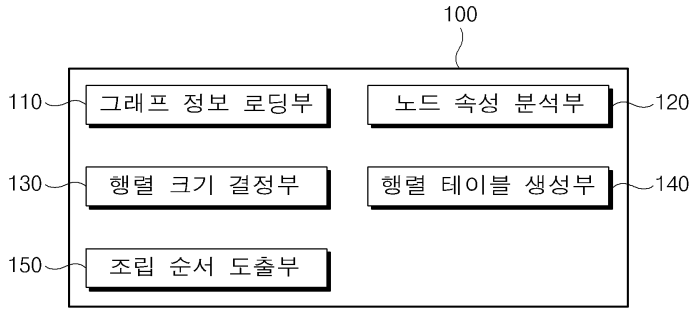
도면1



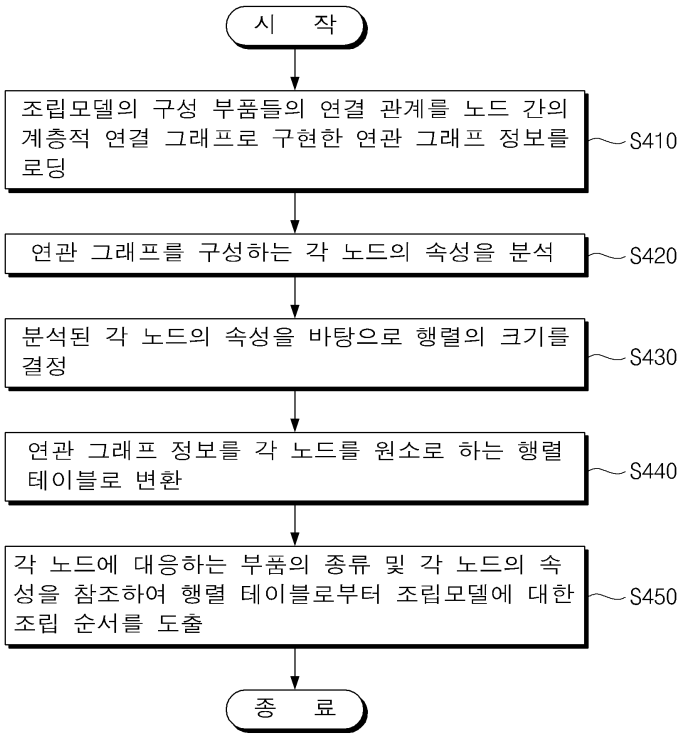
도면2


1
2
3
4
5
Base
* Closed Point
* Closed Sub Points
(a)
Base
(b)
Sub Part Points
Nut
Bolt
Part
Part
10
9
8
7
12
11
6
1
Base
2
3
4
5
Closed Point
Closed Sub Point
Sub Group Point
(c)

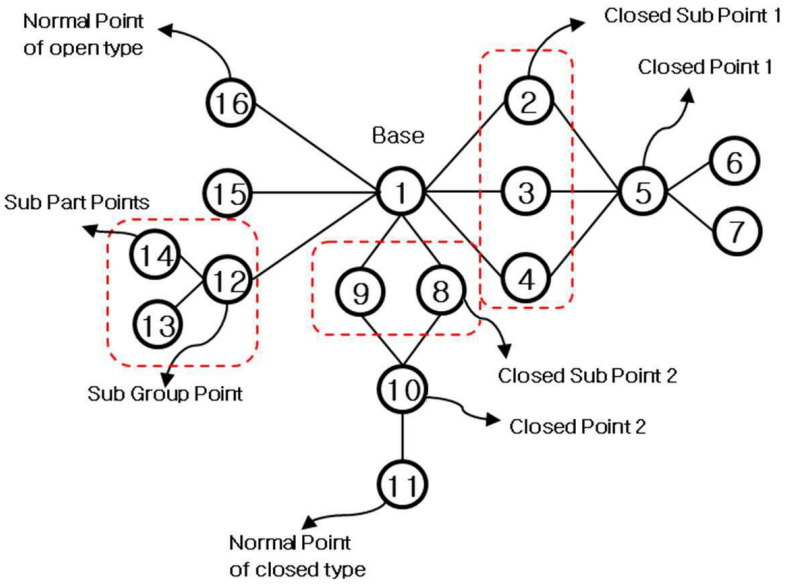
도면3


100
110
그래프 정보 로딩부
노드 속성 분석부
120
130
행렬 크기 결정부
행렬 테이블 생성부
140
150
조립 순서 도출부

도면4


시 작
조립모델의 구성 부품들의 연결 관계를 노드 간의 계층적 연결 그래프로 구현한 연관 그래프 정보를 로딩
S410
연관 그래프를 구성하는 각 노드의 속성을 분석
S420
분석된 각 노드의 속성을 바탕으로 행렬의 크기를 결정
S430
연관 그래프 정보를 각 노드를 원소로 하는 행렬 테이블로 변환
S440
각 노드에 대응하는 부품의 종류 및 각 노드의 속성을 참조하여 행렬 테이블로부터 조립모델에 대한 조립 순서를 도출
S450
종 료

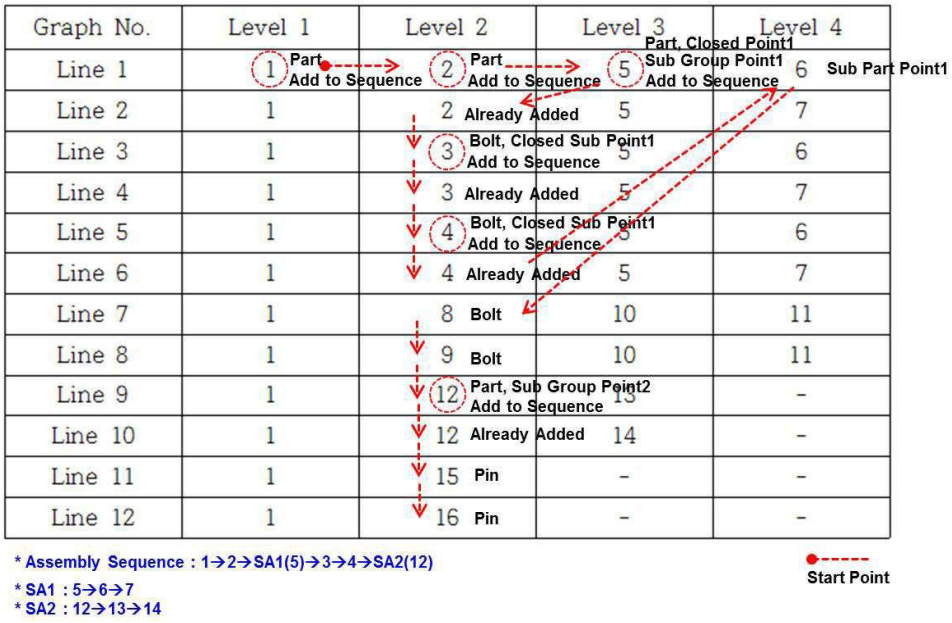
도면5


Normal Point of open type
Closed Sub Point 1
Closed Point 1
Base
Sub Part Points
Sub Group Point
Closed Sub Point 2
Closed Point 2
Normal Point of closed type
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16

도면6

Graph No.	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
Line 1	1	2	5	6
Line 2	1	2	5	7
Line 3	1	3	5	6
Line 4	1	3	5	7
Line 5	1	4	5	6
Line 6	1	4	5	7
Line 7	1	8	10	11
Line 8	1	9	10	11
Line 9	1	12	13	-
Line 10	1	12	14	-
Line 11	1	15	-	-
Line 12	1	16	-	-

도면7



도면8

Graph No.	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
Line 1	1	2	5 Part, Closed Point2 Add to Sequence	6
Line 2	1	2	5	7
Line 3	1	3	5	6
Line 4	1	3	5	7
Line 5	1	4	5	6
Line 6	1	4	5	7
Line 7	1	8 Bolt	10 Part, Closed Point2 Add to Sequence	11 Part Add to Sequence
Line 8	1	9 Bolt	10	11
Line 9	1	12 Already Added	13	-
Line 10	1	12 Already Added	14	-
Line 11	1	15 Pin	-	-
Line 12	1	16 Pin	-	-

Already Added

Already Added

Already Added

* Assembly Sequence : 1→2→SA1(5)→3→4→SA2(12)→10→11
* SA1 : 5→6→7
* SA2 : 12→13→14

Start Point

(a)

Graph No.	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
Line 1	1	2	5	6
Line 2	1	2	5	7
Line 3	1	3	5	6
Line 4	1	3	5	7
Line 5	1	4	5	6
Line 6	1	4	5	7
Line 7	1	8 Bolt, Closed Sub Point1 Add to Sequence	10	11
Line 8	1	9 Bolt, Closed Sub Point1 Add to Sequence Already Added	10	11
Line 9	1	12	13 Sub Part Point2	-
Line 10	1	12	14	-
Line 11	1	15	-	-
Line 12	1	16	-	-

* Assembly Sequence : 1→2→SA1(5)→3→4→SA2(12)→10→11→8→9
* SA1 : 5→6→7
* SA2 : 12→13→14

Start Point

(b)

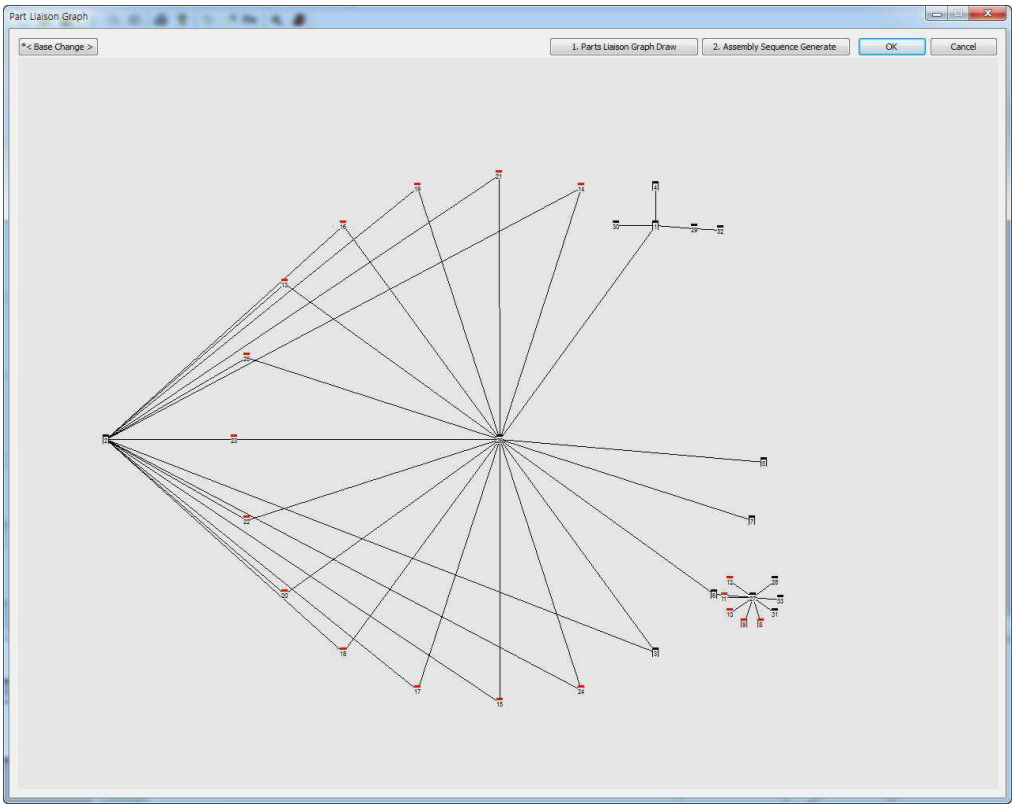
도면9

Graph No.	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
Line 1	1	2	5	6
Line 2	1	2	5	7
Line 3	1	3	5	6
Line 4	1	3	5	7
Line 5	1	4	5	6
Line 6	1	4	5	7
Line 7	1	8	10	11
Line 8	1	9	10	11
Line 9	1	12	13	-
Line 10	1	12	14	-
Line 11	1	15 Add to Sequence	-	-
Line 12	1	16 Add to Sequence	-	-

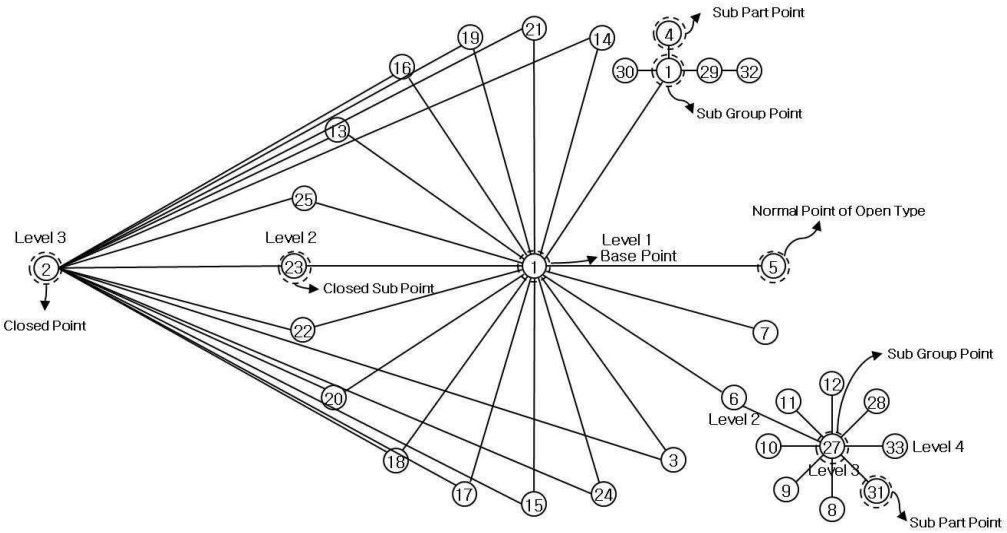
* Assembly Sequence : 1→2→SA1(5)→3→4→SA2(12)→10→11→8→9→15→16
* SA1 : 5→6→7
* SA2 : 12→13→14

Start Point

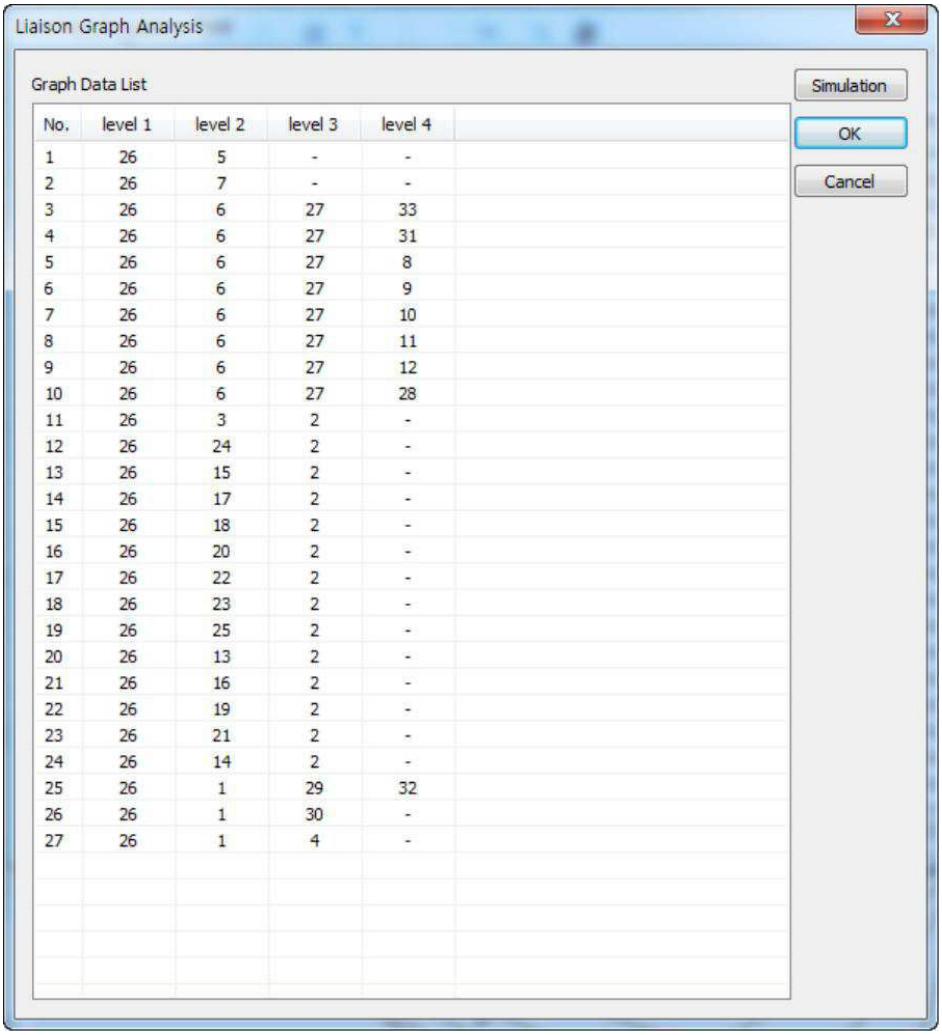
도면10



도면11

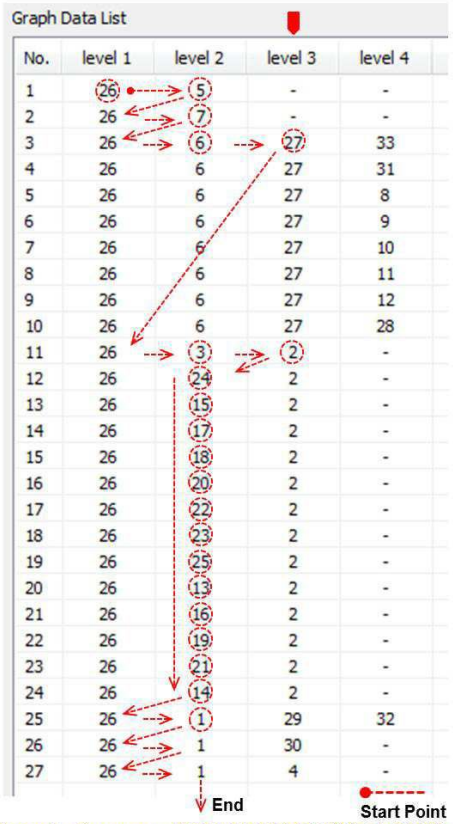


도면12

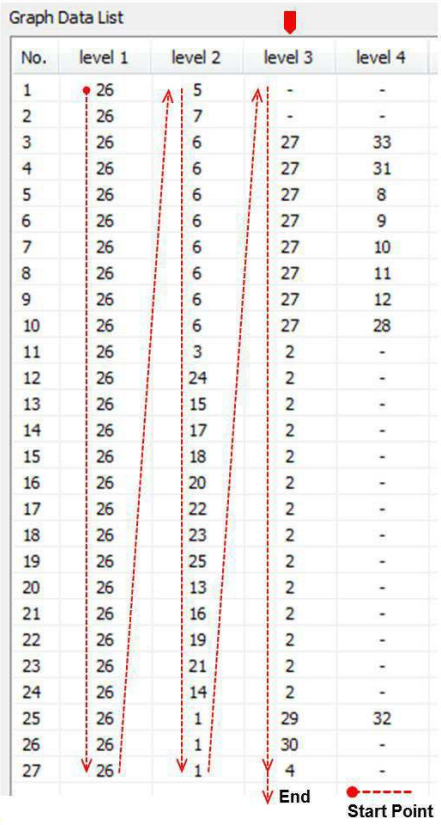


No.	level 1	level 2	level 3	level 4
1	26	5	-	-
2	26	7	-	-
3	26	6	27	33
4	26	6	27	31
5	26	6	27	8
6	26	6	27	9
7	26	6	27	10
8	26	6	27	11
9	26	6	27	12
10	26	6	27	28
11	26	3	2	-
12	26	24	2	-
13	26	15	2	-
14	26	17	2	-
15	26	18	2	-
16	26	20	2	-
17	26	22	2	-
18	26	23	2	-
19	26	25	2	-
20	26	13	2	-
21	26	16	2	-
22	26	19	2	-
23	26	21	2	-
24	26	14	2	-
25	26	1	29	32
26	26	1	30	-
27	26	1	4	-

도면13

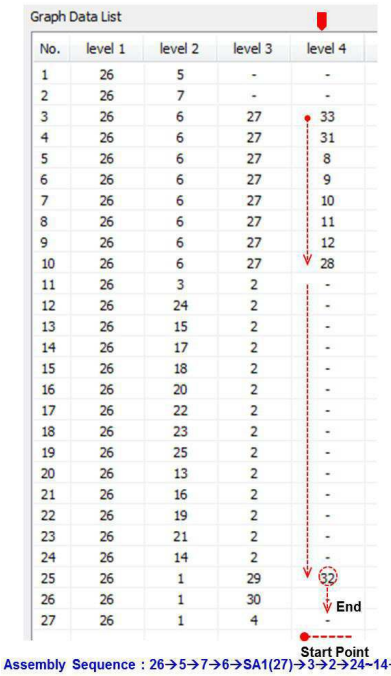


(a)

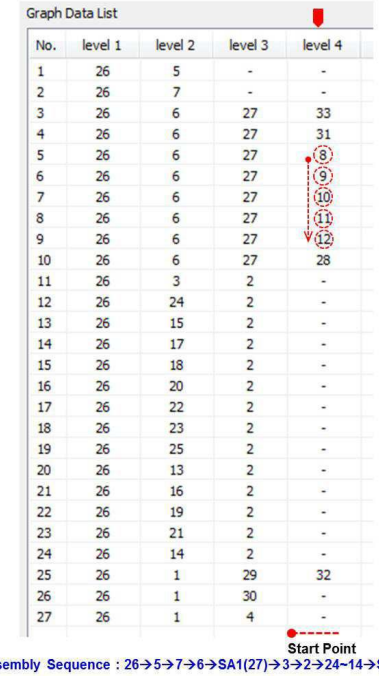


(b)

도면14

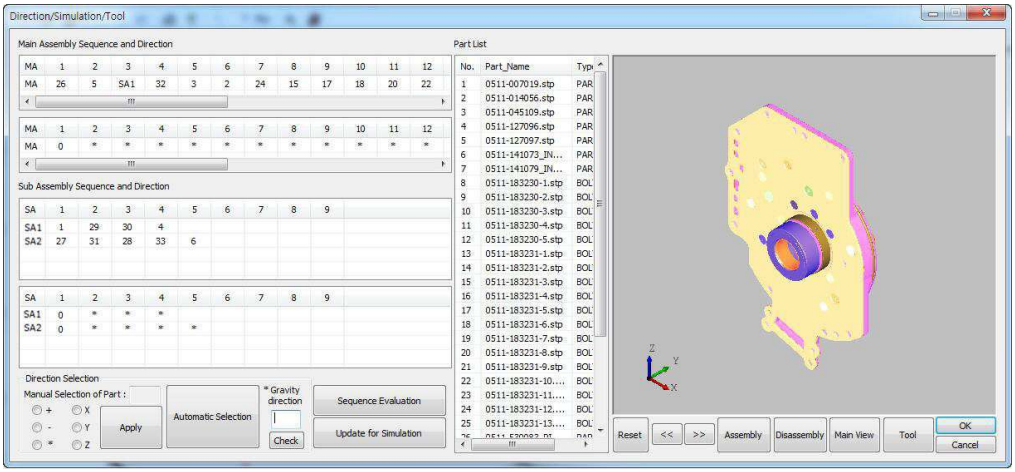


(a)



(b)

도면15


Direction/Simulation/Tool
Main Assembly Sequence and Direction
Part List
Sub Assembly Sequence and Direction
Direction Selection
Manual Selection of Part :
Apply
Automatic Selection
* Gravity direction
Check
Sequence Evaluation
Update for Simulation
Reset
<<
>>
Assembly
Disassembly
Main View
Tool
OK
Cancel