

그림 2. 웹 기반 분리공정계획 시스템 예

이러한 CAD 시스템 간에 형상 및 조립정보를 교환하기 위하여 STEP(Standard for the Translation and Exchange of Product model data)과 같은 표준이 개발된 것처럼, 분리공정계획 시스템 간에 분리 계획 정보를 서로 교환하기 위하여 중립 표준 형태의 제품분리정보모델 개발도 필요하다. 이러한 제품분리정보모델은 추후 분리공정계획 시스템 개발 시 시스템의 내부 자료구조로도 활용 가능할 것이다.

## 2. 제품분리정보 요구사항

### 2.1 분리공정계획 업무분석

제품 분리 공정 계획과 관련해서 어떤 정보가 요구되는지 파악하기 위해서 분리공정계획 시스템의 업무 분석을 수행하였다. 그림 3은 일반적인 분리공정계획 시스템의 구조를 나타낸다. 제품 조립 정보를 입력으로 전처리 단계, 분리순서 생성 단계, 분리 방법 및 도구 선정 단계, 경제성 평가 단계 등 네 단계의 작업을 수행한다. 최종 결과물로는 최적의 분리 순서와 설계 변경 제안 등이 있다.

전처리 단계에서는 분리 공정 계획을 위해 요구되는 사전작업을 수행한다. 전체 조립체에서 어떤 부품을

분리해내야 하는지 정하고, 한번에 분리해낼 수 있는 서브어셈블리를 추출한다. 또한 분리를 위한 기본적인 전략을 구축한다. 분리순서 생성 단계에서는 가능한 모든 분리 순서를 생성해낸다. 작업의 속도를 높이기 위해서 제한조건이 활용되기도 한다. 분리방법 및 도구 선정 단계에서는 분리 작업을 위한 구체적인 방법과 도구를 선정한다. 마지막으로 경제성 평가 단계에서는 분리 시간과 비용을 최소화하는 방안을 찾는다. 두 번째 단계에서 생성한 분리순서 후보군 중에서 가장 경제성이 높은 최적의 분리 순서와 분리 깊이를 찾는다. 위의 각 과정에서 요구되는 정보는 표 1과 같다.

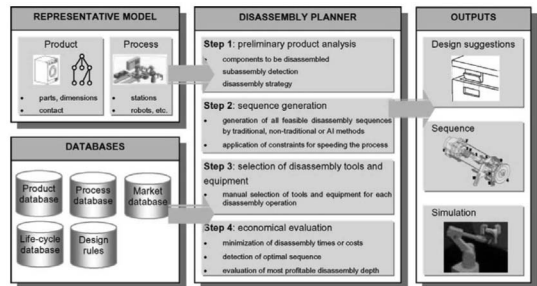


그림 3. 분리공정계획 시스템의 일반적인 구조

표 1. 분리공정계획 단계별 정보 요구사항

Step	Information Requirement
1. Preliminary Product Analysis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Assembly Hierarchy</li> <li>- Connection Relation Between Parts or Subassemblies</li> <li>- Connection Relation Between Assembly Features</li> <li>- Damage Level of Connection</li> <li>- Type of Connection and Connector</li> </ul>
2. Sequence Generation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- All Feasible Sequences</li> <li>- Operation(Component Level) and Its Sub-Task(Assembly Feature Level)</li> <li>- Input and Output Components</li> <li>- Type of Task</li> <li>- Target Connection</li> </ul>

Step	Information Requirement
3. Selection of Disassembly Tools and Equipment	- Time, Cost - Disassembly Tool, Jig/Fixture - Disassembly Direction, Force
4. Economical Evaluation	- Reuse Information (Type, Price, Cost) - Material Price, Toxicity - Optimal Sequence

### 2.2 전처리 단계에서 요구되는 정보

전처리 단계에서는 분리 공정 계획의 입력의 형태로써 제품의 조립 정보와 연결 정보가 요구된다. 연결 정보는 크게 두 가지 수준으로 나눌 수 있다. 부품과 부품, 부품과 서브어셈블리, 서브어셈블리와 서브어셈블리 간의 연결 정보가 있고, 이러한 연결을 위한 하위 조립 피쳐 간의 연결 정보가 있다. 즉 부품과 부품이 서로 연결되기 위해서는 하나 이상의 조립 피쳐 간의 연결이 필요하다. 정보 관리 측면에서 이러한 연결 관계를 부품 레벨과 피쳐 레벨의 두 가지 수준으로 나누면 보다 체계적인 관리가 가능할 것이다.

분리 공정은 사용 후 제품에 대한 작업이므로 조립 공정과는 달리 제품의 상태가 온전하지 않을 수도 있다. 따라서 올바른 분리 공정 계획을 위해서는 연결 관계의 훼손 정도에 대한 정보도 필요하다. 예를 들어, 나사로 연결된 두 부품을 분리한다고 할 때 연결 부위가 온전할 경우에는 스크루드라이버로 분리할 수 있지만, 나사 부위가 손상된 경우에는 더 이상 스크루드라이버를 사용할 수 없고 드릴과 같은 다른 도구를 이용해서 분리해야 할 것이다.

연결관계(connection)와 연결기(connector)의 구체적인 타입도 필요하다. 두 부품이 끼워맞춤으로 연결되어 있는지, 리벳으로 체결되어 있는지 등의 구체적인 연결관계를 알면 분리 공정 계획 시에 구체적인 분리 방법과 도구를 선정할 수 있다. 표 2는 연결관계의 종류에 따른 분리 작업의 타입을 보여준다.

표 2. 연결관계에 따른 분리 작업 형태

Connection type	Disassembly task
BundlingConnection	ShearCut
SpringConnection	Deform / Pull
ScrewConnection	Unscrew / Drill
BoltNutConnection	Unscrew
CotterPinConnection	Pull
SnapFitConnection	Deform / PryOut / Pull
PressFitConnection	Pull / PryOut
RivetConnection	PryOut / Drill
SeamFoldConnection	Deform
GlueConnection	Peel / PryOut / Break
SolderConnection	ShearCut / Break / Melt
WeldConnection	SawCut / Break
MouldConnection	Break

### 2.3 분리순서 생성 단계에서 요구되는 정보

분리순서 생성 단계를 위해서는 정보 모델이 가능한 모든 분리순서를 담을 수 있어야 한다. 하나의 분리순서는 일련의 분리작업으로 구성된다. 연결 관계가 부품과 피쳐 레벨로 나누어지듯이, 분리작업 또한 부품과 피쳐 레벨의 두 가지 수준으로 나눌 수 있다. 부품 레벨의 분리작업은 분리 대상이 되는 서브어셈블리와 나누어진 두 개의 서브어셈블리(또는 부품)를 참조한다. 반면, 피쳐 레벨의 분리작업은 분리 대상이 되는 구체적인 피쳐 간의 연결관계를 참조하며, 부품 레벨의 분리를 위해 요구되는 다수의 실질적인 분리작업을 나타낸다.

### 2.4 분리 방법 및 도구 선정 단계에서 요구되는 정보

분리 방법 및 도구 선정 단계에서는 각 분리 작업의 소요 시간과 비용, 분리 도구 및 지그타입, 분리에 소요되는 힘과 방향 등이 요구되는 정보이다. 작업 별 시간과 비용 정보는 경제성 평가 단계에서 최적의 분리 순서를 찾는 과정에서도 활용된다.

## 2.5 경제성 평가 단계에서 요구되는 정보

경제성 평가 단계에서는 부품의 재활용 정보를 요구한다. 재활용 정보에는 타입, 이익, 비용 정보 등이 있다. 재활용 타입에는 부품 재활용, 후처리한 후 부품 재활용, 재료 재활용, 폐기 등의 네 가지 타입이 있다. 이익 정보는 해당 부품이 재활용되었을 때 얻을 수 있는 소득을 말하며 재활용 부품 시장 데이터베이스와도 연동되어야 한다. 비용 정보는 해당 부품이 재활용되기 위해 필요한 검사, 세척, 보수 등의 후처리 비용을 말한다. 한편 재료의 경우에는 유독성 정보를 포함하여 환경 영향 분석과 관련한 자료로 활용되어야 한다. 위와 같은 정보를 바탕으로 각 분리공정의 경제성을 분석하여 최적의 분리 순서와 깊이를 찾아낸다.

## 3. 제품분리정보모델

그림 4 ~ 6은 앞서 설명한 정보 요구사항을 바탕으로 개발한 분리 정보 모델을 나타낸다. NIST에서 제안한 CPM(Core Product Model)과 OAM(Open Assembly Model)을 기반으로 확장된 모델을 제안하였다.

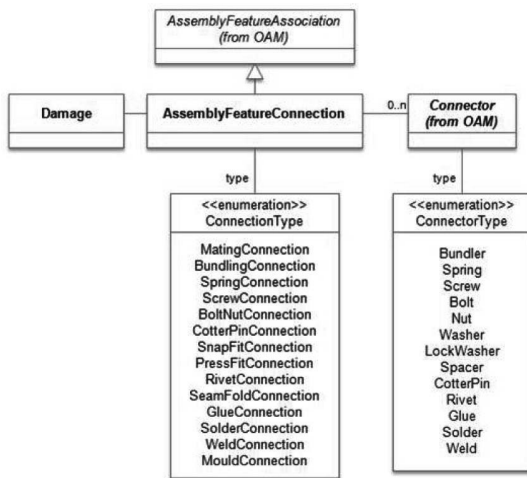


그림 4. 분리 정보 모델 - 조립 구조 모듈

그림에서 볼 수 있듯이, 분리 정보 모델은 조립 구조, 분리 순서, 재활용성의 세 가지 모듈로 나누어지며, 2절에서 살펴 본 정보를 담을 수 있는 형태로 개발되었다.

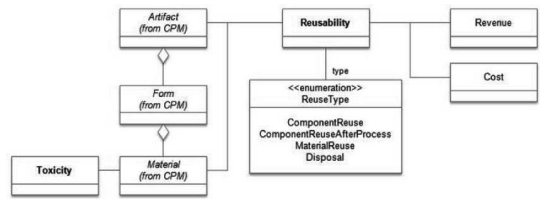


그림 5. 분리 정보 모델 - 재활용성 모듈

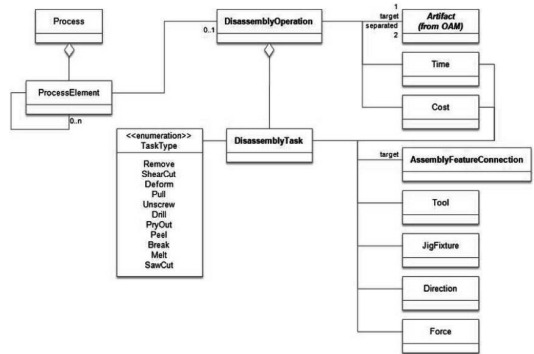


그림 6. 분리 정보 모델 - 분리 순서 모듈

## 4. 결론

환경과 에너지 문제가 대두되면서 제조업 분야에서도 지속가능 제조를 위한 노력이 활발히 진행되고 있다. 제품의 재활용성을 높이는 일은 이를 위한 중요한 실천방안 중 하나이며, 제품의 분리는 부품과 재료의 재활용을 위해 반드시 필요한 작업이다. 정보 공학의 측면에서는 분리 공정 계획을 지원해주는 시스템 간에 데이터 교환을 위한 중립 모델 개발이 요구된다. 본고에서는 이러한 배경을 바탕으로 개발된 분리 정보 모델을 구체적인 정보 요구사항을 위주로 소개하였다.