

적응형 공정지원 플랫폼 Platform for Adaptive Process Planning

*김재관, #박면웅

*J. K. Kim, #M. W. Park(myon@kist.re.kr)

한국과학기술연구원 지능인터랙션연구센터

Key words : Process planning, Metal cutting, Assembly, Knowledge, Feature

1. 서론

단순한 생산 중심형의 제조업의 패러다임이 디지털을 적용한 지식관리 방식의 생산 중심으로 진화함에 따라, 중소 제조기업도 생산성 극대화를 위하여, 생산 제조현장의 수많은 정보와 지식을 효율적으로 관리하여 생산성을 혁신하고자 하는 MES (Manufacturing Execution System, 제조실행 시스템) 기술의 도입을 필요로 하고 있다. 그리고 기업의 수준에 따른 체계적이고 효율적인 제조라인 운영관리를 위해서는, 생산 제조라인 운영관리 시스템을 모듈화하고 경량화하여 수준별,분야별로 적용성이 높은 c-MES (Configurable - MES)의 개발을 요구한다.

공정계획은 제품의 설계정보가 주어졌을 때, 이를 가장 경제적이고 효율적으로 가공하고 조립하기 위한 공정들의 종류, 공정별 설비 및 실행 조건, 공정 간 최적 수행순서 등을 결정하는 일련의 의사결정 과정을 지칭하고, 이는 MES의 기반 단위정보이며, 중소 제조기업 경쟁력 제고의 핵심기술로 인식되고 있다. c-MES에서 공정지원 플랫폼은, 각 작업장의 특성과 상황을 고려하여 유연하고 실용적으로 공정계획이 수행되도록, 공정계획자를 지원하는 소프트웨어 프레임워크이다. 이는 c-MES의 기반 단위정보를 작업지시서 등과 같은 형태로 생성하여 제조 실행 및 관리가 원활히 이루어지게 한다.

공정계획을 수행하기 위해서는 카탈로그, 테이블, 핸드북 등의 형태로 정형화된 지식뿐 아니라, 경험을 기반으로 하는 노하우 형태의 비정형화된 지식도 필요하다. 그러므로 이들을 효과적으로 수용하고 지속적으로 축적하여 적절히 재사용하기 위해서는 온톨로지와 같은 지식표현 체계와 이를 사용한 지식저장소가 구축되어야 한다. 그리고 공정계획에 필요한 추론을 지식저장소의 정보와 지식을 활용하여 시스템이 수행하거나, 공정계획자의 의사결정 과정에 필요한 정보와 지식을 적절한 형태와 시점에서 제공하는 지능적인 시스템이 필요하다.

이에 본 논문에서는 제조공정 지식의 생성, 저장, 재사용을 효과적으로 지원하는 지식표현체계를 구현하고, 현장 특성과 제반 상황을 반영하여 유연하고 실용적으로 제조 공정계획을 생성하는 적응형 공정계획 프레임워크의 개발 방향을 제시하고자 한다.

2. 기술개발 동향

최근 미국과 일본의 자동차 산업(Ford사, Toyota사), 중장비 기계 산업(Caterpillar사, Cummins Engine사), 공작기계 산업(Cincinnati Milacron사, Ingersoll Milling Machine사) 등 대기업에서는 공정설계 자동화와 효과적인 생산라인 설계에, 공정설계 시스템의 사용을 구체적으로 계획하여 시험사용을 하고 있으며, 관련 중소기업 들로의 확산이 예상되고 있다. 상용화된 주요 공정계획 시스템으로는 Tecnomatix, STEPPlan, MetCAPP와 같은 시스템이 있으며, 생산시스템 응용과 사용자 상호작용 등이 우수하다^{1,2,3}. 그러나 중소 제조기업에서 사용하기에는 고가이고 비효율적이며, 지식의 관리 및 재사용, 특정형상의 인식, 상황연계 공정지식의 추론 기능 등이 미흡하다. 국내에서 개발된 시스템으로는 FAPPS(Feature based Automatic Process Planning System)가 있으며, 절삭가공 공정을 대상으로 공차입력, 특정형상인식, 셋업계획, 작업계획, NC 프로그램 생성 등 포괄적 공정계획 기능을 수행한다⁴. 그러나 사용자 상호 작용과 타 생산시스템 연계가 미흡하며, 규칙 기반의 제한적 지식만을 활용하고 있다. 직접적으로 공정계획 도메인을 다루지는 않지만, 온톨로지 기반의 엔지니어링 지식관리 및 공유와 관련

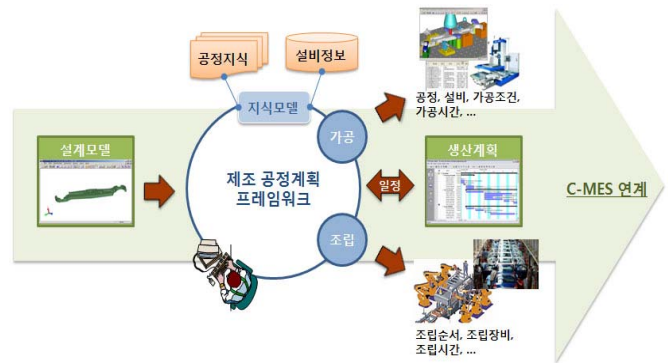


Fig. 1 Outlook of process planning

해서는 영국의 KIM (Product Knowledge and Information Management) 프로젝트의 일환으로 수행되고 있는 캠브리지 대학의 엔지니어링 지식 수집, 저장, 재사용 연구가 대표적이다⁵.

이러한 기술개발 동향에 따르면, 적은 비용으로 필요한 기능만을 수행하는 보급형 제조 공정계획 시스템의 구현, 기업별 맞춤형 및 사용자 상호작용 지원, 작업장 일정 및 상황 연계, 의미론적 제조 공정 지식 모델링 등을 중소 제조기업에 적합한 공정계획 프레임워크의 개발 방향으로 고려할 수 있다.

3. 기술개발 방향

공정지원 플랫폼은 Fig. 1에서 보여주는 바와 같이 제조 준비 단계에서 제품형상과 공정의 연계, 소요 장비 및 공구 선택, 가공 파라미터 결정, 조립 수순 및 도구 결정 등을 다양한 정보와 지식을 활용하여 수행한다. 그리고 의사결정 과정에서 생성되거나 요구되는 다양한 정보와 지식(경험, 전문지식)을 공유하고 관리할 수 있는 기반을 제공함으로써, 사용자의 지식의 다소에 관계없이 질 높은 결과가 획득되고, 기업 자체의 노하우를 지속적으로 축적되도록 하는 역할을 수행한다. 또한 사용자 상호작용, 상황연계, 지식관리를 기반으로 하는 적응형 공정계획을 구현하고, c-MES 전체 시스템과 연계한다.

공정지원 플랫폼의 성능은 공정계획 생성의 효율성, 제품형상의 복잡도, 추천 지식의 범위를 통하여 평가될 수 있다. 먼저 효율적인 공정계획의 생성을 위해서는, 대부분의 공정계획 시스템이 사용자 상호작용에 의존하여 대부분 수행되거나, 일부 기능만 제한적으로 자동화하여 수행되고 있는 점을 개선하여 형상정보와 공정지식의 추론 방법을 적용하고, 통합 프레임워크를 통하여 포괄적으로 의사결정을 지원하여야 한다. 그리고 설계, 일정, 작업장 상황 등의 변경에 효율적으로 대응하여 공정계획의 재구성을 지원하여야 한다. 다음으로 복잡한 형상정보를 처리하기 위해서는, 특정형상의 범위를 단순한 특정형상뿐만 아니라 이들 간의 상호관계를 갖는 복합적 특정형상으로 확장하여야 한다. 그리고 사용자 상호작용을 통하여 다양한 형상을 정의하고 인식할 수 있어야 하며, 가공 및 조립 특정형상을 연계하여 특정형상 정보를 추출할 수 있어야 한다. 마지막으로 가공 및 조립 방법, 선행관계, 설비, 파라미터 등 명시적 공정지식뿐만 아니라, 전문가의 경험과 노하우와 같은 암묵적 지식을 모델링하여 공정계획 의사결정 과정에서 추론을 통하여 활용하여야 한다.

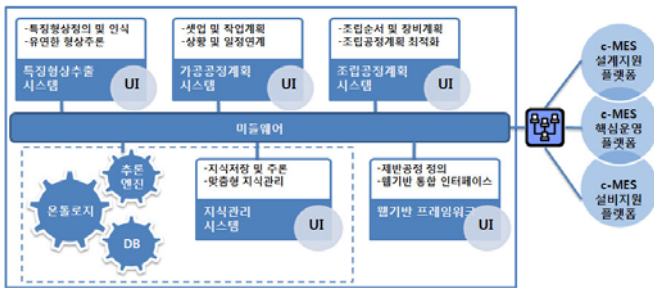


Fig. 2 Configuration of a platform for process planning

4. 플랫폼 구성

공정지원 플랫폼은 Fig. 2에 나타난 바와 같이 웹기반 프레임워크와 특징형상추출 시스템, 가공공정계획 시스템, 조립공정계획 시스템, 지식관리 시스템으로 구성된다.

웹기반 프레임워크는 제반공정을 정의하고, 전체 시스템의 실행순서 및 데이터 흐름을 제어한다. 각 시스템에서 생성되고 활용되는 데이터는 미들웨어를 통하여 공유되며, 미들웨어는 피드백을 처리할 수 있는 유연성과 일관성을 제공한다. 그리고 웹기반의 통합 인터페이스를 통하여 각각의 시스템뿐만 아니라 플랫폼과도 연계한다. Fig. 3은 통합 프레임워크에서 시스템의 의사결정 기능의 실행순서와 데이터 흐름을 제어하는 개념을 보여주고 있다.

특징형상추출 시스템은 가공 및 조립에서 자주 다루어지는 형상을 분류하여 특징형상으로 정의하고 인식한다. Fig. 4는 일반적인 가공 특징형상을 보여주고 있다. 그동안 특징형상의 자동인식 방법이 꾸준히 연구되어 왔으나, 제한적으로 정의된 형상만을 인식할 수 있다는 단점 때문에 아직 그 사용성이 완전하지 않은 실정이다. 이에 본 기술개발에서는 사용자 상호작용에 기반한 대화형 특징형상정의 및 인식 기법을 적용함으로써, 자동인식이 갖는 한계를 극복하고, 좀 더 다양한 형상을 사용자 관점에서 정의할 수 있는 기반을 제공한다. 또한 가공과 조립 특징형상을 서로 연계하여 정의함으로써, 공정지원 플랫폼의 통합 운용을 지원한다.

지식관리 시스템은 의사결정에 필요한 공정지식을 온톨로지를 이용하여 표현하고 관리하며, 추론 기능을 제공한다. Fig. 5와 같이 공정계획 온톨로지를 통하여 공정 지식을 모델링하여 온톨로지 베이스에 저장하고, 데이터베이스와 연계하여 지식저장소를 구성한다. 온톨로지는 명세화, 개념화, 형식화, 구현의 4단계로 구성되고, 구현단계에서 온톨로지로부터 획득된 지식은 공정 계획자의 요청에 따라 의사결정 추론 기능을 통해 기업별로 맞춤형된 형태로 가공되어 제공된다.

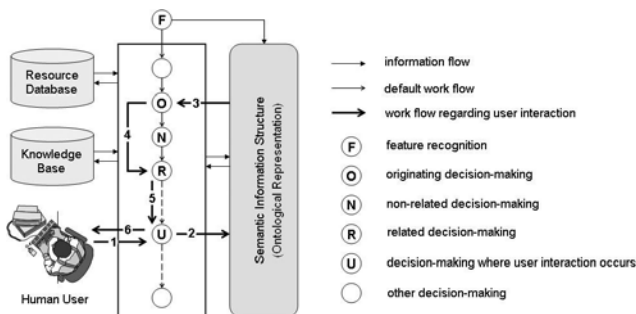


Fig. 3 Control of function and data flows⁴

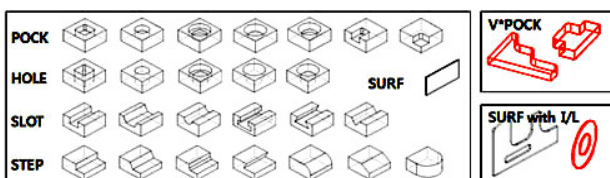


Fig. 4 Examples of machining features

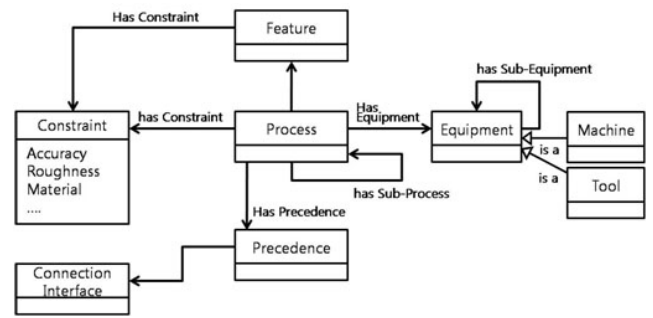


Fig. 5 Example of an ontology for process planning

가공공정계획 시스템은 절삭가공 공정계획의 기본기능인 가공방법 결정, 공정 분할 및 셋업 결정, 기계 선정, 공구 선정, 가공조건 결정, 가공순서 결정을 위한 의사결정을 수행한다. 각각의 의사결정은 대부분 자동화 알고리즘에 의하여 수행되나, 각 기능마다 공정계획자의 경험을 활용하여 생성된 결과를 수정할 수 있다. 각 기능에서 수정된 결과는 지식 기반을 이용한 검토를 거친 후, 전체 의사결정 과정에 변경을 반영되어 대체공정계획을 생성한다. 또한 공정 계획의 실용성을 제고하기 위하여 작업장 현황(일정 및 상황)을 고려한 적응형 공정계획을 수행한다. 일정계획과 연계된 기계부하 예측을 통하여 기계 선정 지원하고, 셋업 단위 공정계획의 일정 적합도 판단한다. 그리고 작업장 상황 모델을 기반으로 대체공정을 추천한다.

조립공정계획 시스템은 조립 순서계획과 장비계획 기능을 제공한다. 조립 순서계획은 설계모델 및 자체명세서를 기반으로 부품의 구조, 조립방법 및 조립공정 특성들을 고려하여 조립공정의 수순을 결정한다. 또한 주어진 생산량에 따라 정해진 사이클 타임의 충족을 위해 각 공정수행 시간을 산정한다. 조립 장비계획은 조립공정 수행에 요구되는 기능들과 장비 및 도구들의 기술적인 사양과 경제적인 사양들을 비교 평가하여 최적의 장비를 선정한다. 조립 공정계획은 제품모델과 지식모델을 기반으로 자동 및 반자동의 형태로 수행된다. 제품모델은 조립공정에 요구되는 특성을 조립 특징형상으로 표현하며, 지식모델은 온톨로지를 이용하여 조립 관련 지식을 표현한다.

5. 결론

본 논문에서는 중소 제조기업에 적은 비용으로 보급 가능한 공정지원 플랫폼의 개발 방향과 구성을 기술하였다. 주요 개발 방향으로 필요한 기능만을 선택하여 사용할 수 있는 재구성 가능한 시스템의 구현, 유연한 사용자 상호작용 지원, 작업장 일정 및 상황과 연계된 적응형 공정계획 구현, 의미론적 제조공정 지식 모델링을 통한 기업별 지식 맞춤형 등이 제안되었다. 그리고 이러한 플랫폼 개발을 위하여, 웹기반 프레임워크, 특징형상추출 시스템, 가공공정계획 시스템, 조립공정계획 시스템, 지식관리 시스템의 구성에 관하여 논하였다. 제안된 개발 방향과 구성은 향후 개발 단계를 통하여 구현되고, 타 플랫폼과 연계하여 중소 제조기업에 보급될 예정이다.

참고문헌

1. http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/tecnomatix/index.shtml.
2. http://www.isg-scra.org/products_stepplan.cfm.
3. <http://www.cimplex.com/MetCAPP.htm>.
4. Kim J.K., Choi H., Rho H.M., "Perspectives on user interaction with a CAPP System", Proceedings of Advanced Production Engineering, 68-75, Warsaw, Poland, 2007.
5. <http://www-edc.eng.cam.ac.uk/kim/>.