

규칙 기반 사출성형 품질 예측 프레임워크 Rule-based Quality Prediction Framework in Injection Molding Process

*이경훈¹, #이용한¹, 강용신¹

*K. H. Lee¹, #Y. H. Lee(yonghan@dgu.edu)¹, Y. S. Kang¹

¹동국대학교 산업시스템공학과

Key words : Rule-based system, Quality prediction, Injection molding machine

1. 서론

플라스틱 사출성형품의 품질은 사출성형변수 (mold temperature, melt temperature, gate dimension, pressure, injection stroke, injection velocity, injection time, packing time)에 따라 다르게 나타나므로 최적 사출성형조건 설정이 중요하다.^{1, 2} 하지만 최적의 사출성형조건으로 제품을 생산하더라도 용융수지가 금형 캐비티를 채우는 과정을 확인할 수 없으며, 사출성형기가 노후화되면 압력 손실과 온도 등 환경변화에 따라서도 민감하게 반응하므로 설정된 사출성형조건이 실제로 정확하게 지켜지는지 알기 어렵다.² 따라서 실시간으로 사출기에 설정된 변수들의 실제 변화를 모니터링 하고 품질을 예측하는 시스템이 요구된다. 본 연구에서는 실시간으로 변화하는 사출성형조건에 따른 사출성형품의 품질예측 프레임워크를 제안한다.

2. 규칙 기반 사출성형 품질 예측 프레임워크

본 연구에서 제안하는 규칙 기반 사출성형 품질 예측 프레임워크는 Fig. 1과 같다.

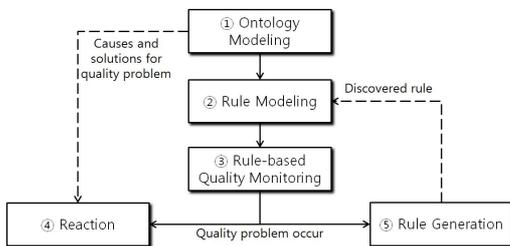


Fig. 1 Rule-based quality prediction framework

① Ontology Modeling

사출성형품의 품질문제를 온톨로지로 정의하는 단계이다. 온톨로지는 일반적으로 “개념화에 대한 명시적이고 형식적인 명세”로 정의되며 지식

의 개념을 표현하는데 용이하다. 품질문제(Quality Problem)는 사출성형기(Injection Molding Machine), 제품(Product), 외부환경(Environment), 재료(Material) 그리고 사출성형조건(Setting)과 관련이 있으며 원인(Cause)과 해결방안(Solution)을 갖는다고 정의할 수 있다. Fig 2는 정의된 온톨로지의 클래스 다이어그램이다.

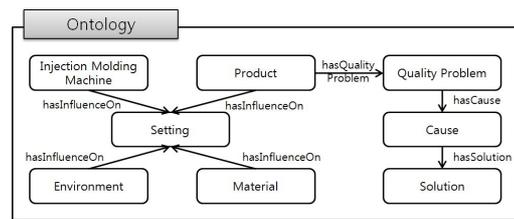


Fig. 2 Class diagram of ontology in injection molding process

② Rule Modeling

작업자의 경험에 의한 설비의 시작조건, 안정조건, 양품조건 그리고 품질문제발생 규칙을 모델링하는 단계이다. Table 1은 서술논리언어로 기술된 품질문제발생 규칙의 예이다. ①에서 정의된 온톨로지의 클래스와 인스턴스를 참조하여 사출성형 변수의 특정 값이 품질문제를 발생시킨다는 규칙이다.

③ Rule-based Quality Monitoring

사출성형변수를 모니터링하고 ②에서 정의된 품질문제발생 규칙을 참조하여 품질문제를 예측하는 단계이다.

④ Reaction

품질문제가 발생하거나 규칙에 의해 품질문제 발생이 예측되면 ①에서 정의된 온톨로지를 참조하여 품질문제, 원인 그리고 해결방안을 작업자에게 통보해 문제를 해결할 수 있는 단계이다.

⑤ Rule Generation

사출성형변수 모니터링 데이터 기반으로 SOM-BPNN, Regression, Genetic neural fuzzy 알고리즘^{1, 3} 등을 이용하여 새로운 품질문제발생 규칙을 발견하는 단계이다. 발견된 규칙은 다시 ②를 통해 모델링된다.

Table 1 Example of Rule

Rule description
Injection Molding Machine(?x1) ^ Product(?x2) ^ Environment(?x3) ^ Material(?x4) ^ Real-time injection molding variable value1(?x5) ^ Real-time injection molding variable value2(?x6) ^ ... ^ swrlb: lessThanOrEqual(?x5, ?y1) ^ swrlb: greaterThanOrEqual(?x6, ?y2) ^ ... ^ -> Quality Problem(?z)

3. 규칙 기반 사출성형 품질 예측 시스템 아키텍처

본 절에서는 규칙 기반 사출성형 품질 예측 프레임워크를 구현하기 위한 시스템 아키텍처를 제시한다. 제시된 시스템 아키텍처는 Fig. 3 와 같이 Application, Engine, Database 레이어(Layer)로 구성된다.

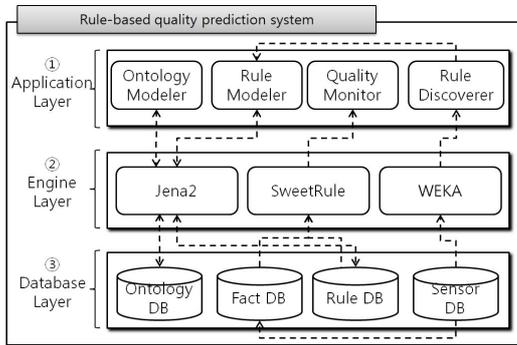


Fig. 3 Rule-based quality prediction system architecture

① Application Layer

- Ontology Modeler: 품질문제, 문제의 원인, 원인별 해결방안의 온톨로지 편집·조회 어플리케이션
- Rule Modeler: 설비의 시작조건, 안정조건, 양품조건, 품질문제발생 규칙 편집·조회 어플리케이션
- Quality Monitor: 실시간으로 변화하는 사출성형 변수를 모니터링하고 제품의 품질을 예측하는 어플리케이션
- Rule Discoverer: 센서 데이터를 참조하여 품질문제발생 규칙을 발견하는 어플리케이션

② Engine Layer

- Jena2: OWL(Ontology Web Language), SWRL(Semantic Web Rule Language)로 표현된 온톨로지의 저장·조회·추론을 지원하는 엔진
- SweetRule: 규칙 기반 전문가 시스템으로 온톨로지 규칙 언어인 SWRL을 지원하는 엔진
- WEKA: artificial neural network, decision tree, regression 등의 데이터 마이닝을 지원하는 엔진

③ Database Layer

- Ontology DB: 설비·제품·품질관련 온톨로지 저장소
- Fact DB: 규칙 기반 지식 추론을 위한 Fact 저장소
- Rule DB: 품질문제발생 규칙 저장소
- Sensor DB: 실시간 설비 센서 데이터 저장소

4. 결론

본 연구에서는 규칙 기반 사출성형품의 품질 예측 프레임워크를 제안하였고 시스템 아키텍처를 제시하였다. 이는 사출성형공정에서 사출성형변수의 실질적인 변화를 알 수 없음으로 인해서 조기 품질예측과 대응이 어려웠던 문제를 해결하는데 도움이 될 것으로 기대된다.

후기

본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발사업 "수주형 산업의 실시간 생산운영 및 설비·생산 통합관리 기술 개발" 과제 수행의 일환으로 이루어진 것임을 밝히며, 지원기관에 감사드립니다.

참고문헌

1. Chen, W-C., Tai, P-H., Wang, M-W., Deng, W-J, and Chen, C-T., "A neural network-based approach for dynamic quality prediction in a plastic injection molding process", Expert Systems with Application, 35, 843-849, 2008
2. "Moldflow Plastics Xpert", Technical Report, Moldflow
3. Zeaiter, M., Knight, W., and Holland, S., "Multivariate regression modeling for monitoring quality of injection moulding components using cavity sensor technology: Application to the manufacturing of pharmaceutical device components", Journal of Process Control, 21, 137-150, 2011