

전문가 지식 기반 고장예측시스템

김도형*, 이승룡*
*경희대학교 컴퓨터공학과

e-mail:dhkim@oslab.khu.ac.kr

Failure prediction system based on expert knowledge

Dohyeong Kim*, Sungyoung Lee*

*Dept of Computer Science and Engineering, Kyung Hee University

요 약

알람시스템은 효율적인 공장운영과 인력에 의한 설비진단 및 고장예방 활동을 돕기 위해 이용된다. 알람시스템은 설비관리자에게 제공하여 조기에 문제를 파악하고 조치할 수 있도록 하는 역할을 하고 있다. 하지만 알람시스템이 단순히 정보 수집을 목적으로 설계되어 현장전문가 처리할 수 없는 수준으로 알람을 대량 발생시킨다. 본 논문에서는 발생 알람으로부터 발생 가능한 고장을 예측하기 위해 현장 전문가의 경험 지식에 기반한 고장예측 시스템을 제안한다.

1. 서론

산업시설의 가장 큰 목표는 안정적으로 조업을 수행하여, 경제적 이익을 최대화 하고 설비 결함으로 인한 사고로부터 인명 피해와 산업재해, 경제적 이익 손실을 미연에 방지하거나 최소화하는 것이다. 원활한 공장 운영을 위한 설비에 대한 관리는 현장 전문가에 의해 이루어지며, 고장을 방지하기 위해서 주기적인 예방정비를 수행한다. 하지만, 이러한 산업시설은 복잡한 설비간의 관계를 가지고 있으며, 대규모의 주요 설비를 운용하고 있으므로, 사람에게 의존하는 방식에는 한계가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 알람시스템이 도입되었으며, 설비에 설치된 다양한 센서로 부터 설비의 상태를 실시간으로 확인하고, 이상상태에 대해 빠르게 대처하고자 하는 목적으로 사용되고 있다. 공장의 관리자는 컨트롤 룸에서 생산시설의 설비들로부터 발생하는 알람을 실시간으로 모니터링 하여 설비 상태를 확인하고 그에 대한 조치를 수행한다. 고장을 예측하기 위해 가장 효과적이고 현실적인 수단이지만, 알람이 과도하게 발생하는 플루딩(flooding) 현상으로 인해 현실적으로 알람이 무시되며 전문가의 경험에 의존하여 설비를 관리하는 실정이다.

따라서 알람을 효과적으로 처리하여, 실시간으로 문제를 포착하고, 고장을 예측하여 관리자의 의사결정을 도울 수 있는 시스템이 필요하다.

2. 관련연구

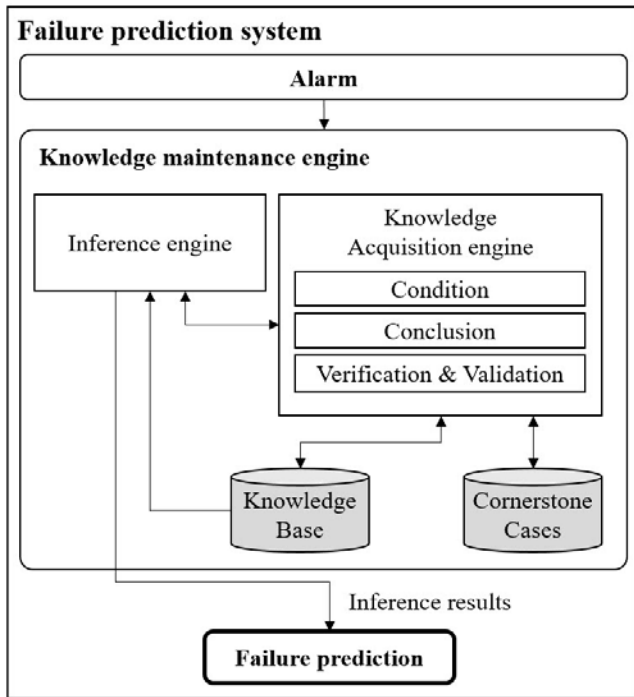
현재 알람에 대한 연구는 주로 알람 플루딩을 해결하여 알람모니터링 관리자에게 의미 있는 알람을 제공하여, 업무 효율을 돕는 것을 목적으로 하고 있다.

Outlier detection 방법은 발생 알람에서 이상치를 찾아내어 비정상적인 알람 발생 패턴을 발견하는데 주로 사용된다 [1]. 하지만, 발견된 패턴이 특이하다고 하여 고장과 연관성을 지을 수는 없으며, 이상 판정을 위해서 전문가의 개입이 필요하다. [2]의 연구는 룰 기반의 전문가 시스템을 구축하여, 알람으로 발생한 고장에 대한 진단을 목적으로 사용하였다. [3]의 연구에서는 고장진단 기반에 인공면역체계와 동적 알람관리 방법에 기반 한 베이지안 측정 방식을 이용한 알람 플루딩을 관리하는 방법을 제안했다. 이러한 연구들은 알람과 고장과의 관계를 알 수 없기 때문에, 방대하게 발생하는 알람의 수를 줄여, 현장 전문가의 판단을 돕도록 하는데 집중되어 있다. 또한, 룰 기반은 전문가의 지식을 이용하여 지식베이스를 구축하고 고장 예측이 가능하나 지식베이스 확장될 때, 지식의 정합성을 달성하는 데에는 한계가 있다. 따라서, 룰 기반이면서 지식 관리의 유용성을 가진 MCRDR(Multiple Ripple Down Rules)[4] 이론을 이용하여 전문가의 지식을 구축하도록 제안한다. MCRDR은 복수결론을 도출할 수 있는 지식 구조를 가지고 있다. 이는 알람이 여러 고장을 유발할 수 있으므로, 결과의 다양성을 반영하기에 적합하다. 또한, 전문가에 의한 지식 획득 시 지식 검증이 시스템에 의해서 행해지므로, 지식공학자의 개입 없이 지식관리가 가능하여 지식관리에 소요되는 비용이 적다는 장점을 가지고 있다.

3. 고장예측시스템

본 장에서는 제안하는 고장예측시스템은 현장전문가의 알람지식을 지식베이스를 구축하기 위해 이용한다. 사람의

지식을 표현이 가장 용이한 IF-THEN 형태로 알람지식을 모델링 한다. 현장 전문가는 자신의 경험에 기반 하여 알람과 고장과의 관계를 규칙으로 정의하여 지식획득엔진을 통해서 지식베이스에 저장하고 지속적으로 관리한다. 매시간 수집된 알람이 추론엔진에 입력되면 추론 엔진은 지식 베이스에 저장된 모든 규칙으로 알람을 평가하여 부합된 규칙으로부터 추론결과를 도출한다. 추론결과를 포함하는 고장사례를 고장지식베이스로부터 획득하여 현장 전문가에게 제공하고 현장 전문가가 고장예측을 위해 의사결정을 수행 할 수 있도록 돕는다. 그림 1은 제안하는 고장예측시스템의 구조도이며, 본 장에서는 시스템의 각 구성요소에 대해서 설명한다.



(그림 1) 고장예측시스템 구조도

3.1 입력 데이터

고장예측시스템에서 추론과 지식획득을 수행하기 위한 입력케이스는 매시간 수집되어 입력되는 알람이다. 알람은 1시간 동안 수집된 알람들을 포함하며, 각 알람의 내용은 발생된 설비 ID, 설비명, 알람 ID, 알람메시지이다. 또한, 알람은 실시간으로 대량 발생하므로, 설비 관리자가 알람 상황을 이해하기 용이하도록, 각 알람에 대한 정량적 수치(알람 발생 횟수, 알람 지속시간, 알람 발생 비율)를 함께 제공한다. 표 1의 알람리스트 예시는 총 4개의 알람이 1시간 동안 발생 되었다는 것을 나타내며, 각 구성요소를 확

인할 수 있다.

3.2 지식획득

현장전문가는 사용자 인터페이스를 기반으로 하는 지식 획득엔진을 통해서 자신의 경험지식을 기반으로 발생된 알람과 고장의 관계를 IF-THEN 형태의 규칙으로 정의할 수 있다. 규칙은 조건부와 결론부로 이루어져 있으며, 규칙의 조건부에는 알람 발생 상황을 묘사하며, 사용되는 조건은 알람 속성 중 다음과 같이 5가지이다.

- 설비명 : 알람을 발생시키는 설비의 이름
- 알람메시지 : 알람 내용
- 발생횟수 : 해당 알람의 1시간 동안 발생횟수
- 지속시간 : 해당 알람의 1시간 동안 지속된 시간
- 알람지수 : 해당 알람이 하루 동안 차지하는 비율

3.3 추론

추론엔진은 1시간 마다 입력되는 알람리스트를 지식베이스의 모든 규칙에 대입하여 부합되는 규칙을 찾아 규칙의 결론을 고장지식베이스에서 고장사례를 찾기 위해 이용한다. 추론된 결과는 설비, 고장현상(대상, 현상)을 포함하며, 고장지식베이스에서 해당하는 설비를 찾고 설비에 대한 고장사례가 존재할 경우 고장현상을 찾는다. 추론엔진은 알람리스트가 규칙에 대해 부합되는지 판별하기 위해서 판별함수를 이용한다. 판별함수는 규칙의 조건부에 사용되는 6가지 속성을 처리하기 위해 ①~⑤ 5가지의 함수가 구현되었다. 예로, 앞에서 제시한 규칙의 조건부에 사용된 조건 중 하나인 ① RATE 함수는 해당 알람메시지의 알람지수의 수치를 판단하기 위해서 사용된다. 구성된 인자는 알람 ID, 연산자, 알람지수에 대한 수치이다. 판별 함수는 다양하고 효율적으로 알람을 처리하기 위해 시스템에 추가 구현될 수 있다.

① RATE(R2 Area,>,15) AND

② TIME(R2 Area,>,50) AND

IF ③ COUNT(Finishing Mill,>=,1) AND

④ WORD("SDD") AND

⑤ EQP("Finishing Mill")

설비 = "R2 Area"

THEN 대상 = "R2"

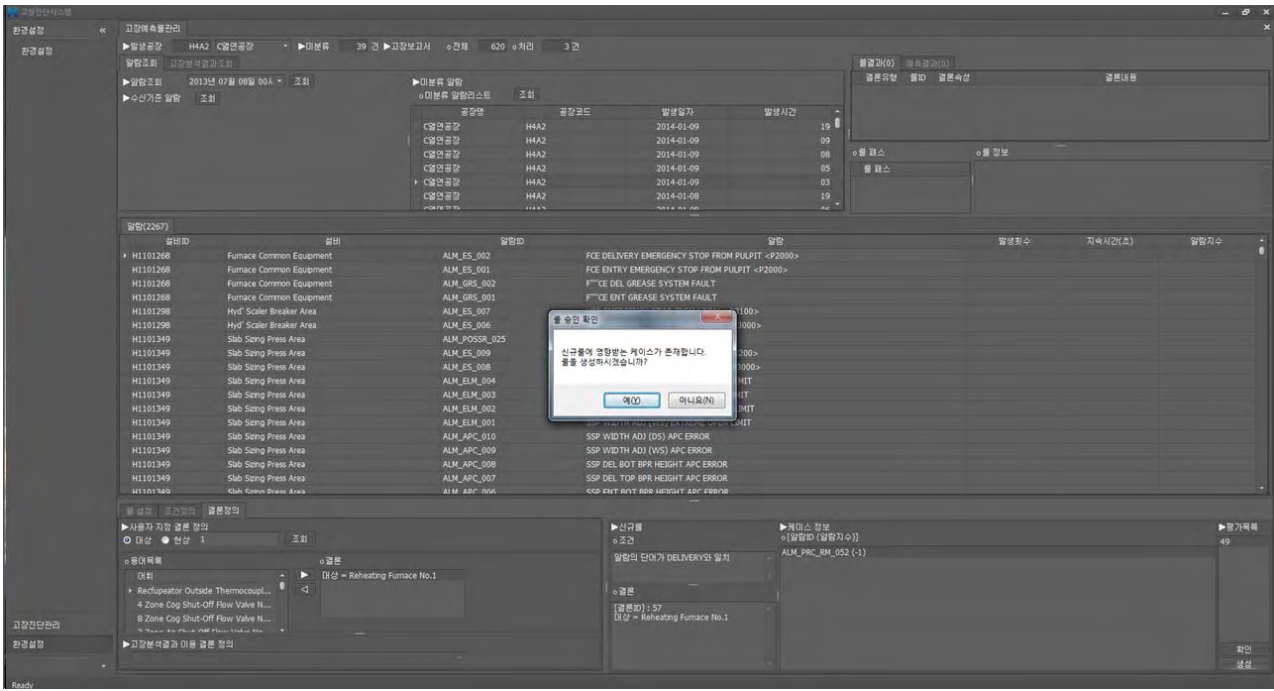
현상 = "TRACKING 생성 불능"

3.3 지식 검증

MCRDR은 모든 규칙이 규칙 생성에 사용된 케이스를 가지고 있으며, 이를 코너스톤케이스라고 한다. 이 코너스

<표 1> 알람 리스트

No	Equipment	Alarm message	Count	Duration	Rate
1	R2 Area	R2 EVEN PASS ENTRANCE INHIBIT	22	67	18.61
2	R2 Area	SDD SENSOR SYSTEM UNHEALTHY	1	95	26.39
3	Finishing Mill	F4 BOT PC APC ERROR	1	97	26.94
4	Finishing Mill Ent' Area	FM ENTRY ENTRANCE INHIBIT	4	58	21.35



(그림 2) 구현된 고장예측시스템의 지식검증 화면

톤케이스는 새로운 규칙이 생성됐을 때, 새로운 규칙에 매칭을 하여 규칙이 기존 규칙과의 충돌 여부를 판별하는데 사용된다. 그림 2는 구현된 시스템의 지식획득 모습이다. 규칙이 정의 되면 우측 하단의 평가항목에 규칙에 매칭되는 코너스톤케이스 ID가 표시되어, 규칙의 충돌 여부를 보여준다. 시스템 사용자는 규칙을 수정하여 충돌을 없애거나 충돌을 용인할 수 있다.

4. 시스템 구축

구현 환경은 MS 비주얼스튜디오2012에서 C# 언어와 오라클 DB를 이용하였으며, 구현을 위해 사용된 데이터는 다음과 같다.

- 알람데이터 : 실제 제철소 도메인의 2013년 10월부터 2014년 1월과 2014년 4월부터 7월로 두시기에 걸쳐 수집된 총 4,032시간에 대한 506,002건을 이용하여 시스템 구현에 이용되었다.
- 지식베이스 : 지식베이스는 알람에 대한 고장 지식이 있는 현장 전문가 2명이 지식획득엔진을 이용해서 자신의 경험으로 학습데이터를 이용하여 발생할 수 있는 설비의 문제를 규칙으로 정의하였으며, 총 89개의 규칙이 지식베이스에 축적되었다.

4. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 전문가의 지식을 활용하여 시스템에 의한 고장예측이 가능한 고장예측시스템을 개발하였다. 기존 시스템들에 비해 전문가가 직접 지식을 구축하고, 지식의 검증이 시스템에 의해 자동적으로 이루어진다는 장점이 있다. 향후 실험을 통해서 기존 규칙기반 시스템에 비해 지식베이스 구축에 소요되는 비용 측면에서 어떠한 향상

이 있는지와 전문가지식이 다른 기계학습과 같은 방법을 사용한 것에 비해 어떠한 예측 정확도 차이가 있는지 알아보고자 한다.

Acknowledgement

This work (Grants No.C0395816) was supported by Business for Cooperative R&D between Industry, Academy, and Research Institute funded Korea Small and Medium Business Administration in 2016.

참고문헌

[1] Kang, Byeong Ho, et al. "Detecting Significant Alarms using Outlier Detection Algorithms," Interdisciplinary Research Theory and Technology (IRRT 2013). 2013.

[2] O. Foong, S. Sulaiman, D. Rambli, and N. Abdullah, "ALAP: Alarm prioritization system for oil refinery," the World Congress on Engineering and Computer Science, Vol. 2, 2009.

[3] Zhu, Jianfeng, et al. "A dynamic alarm management strategy for chemical process transition," Journal of Loss Prevention in the Process industries 30, pp. 207-218, 2014.

[4] Kang, B., Paul Compton, and Phillip Preston. "Multiple classification ripple down rules: evaluation and possibilities." The 9th knowledge acquisition for knowledge based systems workshop. 1995.