

철도 분야 예지 정비 방법 및 솔루션

Railway Predictive Maintenance Approach & Solutions

2017.5.10.

(주)알에스씨(RSC)

This document may not be reproduced, in full or in part, without prior written permission.

목 차

1	개요	3
1.1	목적	3
1.2	범위	3
1.3	참고 문헌	3
2	철도 분야 예지 정비 동향	4
2.1	국내 동향	4
2.2	해외 동향	4
2.2.1	프랑스, SNCF	4
2.2.2	독일, DB & 지멘스	5
2.2.3	일본, 동일본여객철도	5
2.2.4	미국, UP	7
3	철도 분야 예지 정비 방법 및 솔루션	10
3.1	예지 정비 개요	10
3.2	정비 기술 변화	11
3.3	예지정비 수행 절차	13
3.3.1	건전성 감지	13
3.3.2	건전성 진단	13
3.3.3	건전성 예지	14
3.3.4	건전성 관리	14
3.4	IBM PMQ 솔루션	15
4	요약	17

1 개요

1.1 목적

최근 '4차 산업혁명'이란 키워드가 화두가 되고 있고, 철도 분야에서도 이에 편승하고자 하는 연구 개발 및 시험이 이미 시작되었다. 또한, 스마트 정비를 위한 다양한 접근 방법이 이미 시도되고 있고, 실제 노선에 적용되고 있는 상황이다. 이 글은 이러한 맥락에서 철도 분야에서의 예지 정비 방법 및 솔루션을 소개하고자 한다.

1.2 범위

이 글의 범위는 철도 분야의 예지 정비 방법의 적용을 위해 과거 정비 정책에서부터 4차 산업혁명에 이르기까지의 진화 과정, 국내외 동향 그리고 예지정비 수행 절차 및 솔루션 등이다.

1.3 참고 문헌

- [1] John Moubray(2000), Reliability-centered Maintenance, Industrial Press Inc.
- [2] Cyient Limited, Engineering Solutions for Predictive Maintenance in Rail, 2016
- [3] 서보성, 장범찬, 윤병동, 특집: 고장예지진단: 고장예지진단 기술의 공학시스템에서의 성공사례와 비전, 한국소음진동공학회, 소음진동 Vol. 25 No. 1(2015)
- [4] 기계저널, PHM 기술의 기계항공분야 최신 기술 동향, 2016.11., Vol. 56, No. 11
- [5] 기계저널, 건전성 예측 관리 기술, 3저널(7월호), 2013.7.5.
- [6] IBM, IBM Predictive Maintenance and Quality Technical Overview, Sep. 2013

2 철도 분야 예지 정비 동향

2.1 국내 동향

2017년 2월 27일자 로봇신문, “코레일 철도차량 유지보수에 스마트 팩토리 도입” 이라는 제목의 기사 내용을 보면, “국내 최초로 스마트 팩토리 솔루션을 철도차량 유지보수 분야에 적용한다”고 되어 있다. 이를 통해 현재 진행되고 있는 상황을 짐작할 수 있다.

철도 연구 분야와 관련해서 2012년 5월 “(별권 3) 철도차량 스마트 유지보수 기술 기획보고서”를 보면, 국내외 철도 환경 동향, 국내 철도 유지보수 관련 현황 및 문제점, 연구개발과제 기획 내용 및 추진 현황을 참조할 수 있다.

2.2 해외 동향

2.2.1 프랑스, SNCF

The digital railway gathers pace as SNCF enlist IBM's Watson supercomputer, Smart Rail World (www.SmartRailWorld.com), Feb 21, 2017



French Railways operator SNCF has announced that it is using IBM Watson Internet of Things (IoT) on IBM Cloud to help improve customer experiences, heighten operational efficiency and enhance rail safety for its 13.5 million daily passengers. SNCF, a global leader in passenger and freight transport services, manages the scheduling, operations and maintenance of a network covering 30,000 kilometers of track, 15,000 trains and 3,000 stations across France. Each of these elements are currently being or will be equipped with thousands of sensors. By using IBM's Cloud-based Watson IoT Platform, SNCF will be connecting its entire rail system - trains, railroad tracks and train stations to gather insights from real-time information on data. These insights will allow SNCF to manage its equipment and thus improve quality, security and availability of its trains in what is a major development for our industry.

Watson is an IBM supercomputer that combines artificial intelligence (AI) and sophisticated analytical software for optimal performance as a “question answering” machine. Development of it first began in the mid-2000s, with tis first commercial application taking

place in February 2013, supporting management decisions in lung cancer treatment at a hospital in New York City. This tie-up with SNCF is the first partnership in public transportation.

(이하 생략)

2.2.2 독일, DB & 지멘스

DB and Siemens launch predictive maintenance pilot, 25 Oct 2016, Railway Gazette (<http://www.railwaygazette.com>)



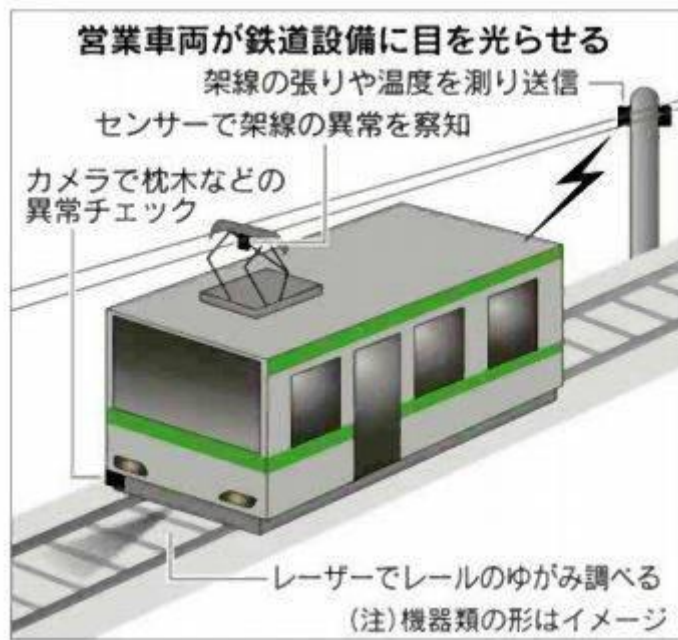
Deutsche Bahn and Siemens have launched a 12-month pilot project to provide data to support predictive maintenance of the Class 407 Velaro D high speed train fleet.

Data received from moving Velaro D trainsets will be systematically analysed at the Siemens Mobility Data Services Centre in München, complementing diagnostic data stored onboard. This will provide advance warning of impending faults and data to enable the causes of problems to be identified. Specialist staff will then recommend corrective action to technicians at DB's workshops.

The aim of the pilot project is to 'precisely align maintenance work with the vehicle's actual status', according to Jochen Eickholt, CEO of Siemens Mobility. 'With intelligent algorithms and precise analytics, availability is increased.'

2.2.3 일본, 동일본여객철도

日 철도, 빅데이터로 사고 선제 대응, 전자신문(<http://www.etnews.com/>), 2015.05.31



열차 빅데이터 점검 개념도 <자료: 닛케이>>

동일본여객철도가 레일과 전차선 결함 조기 발견을 위해 '빅데이터 분석'을 활용키로 했다고 니혼게이자이가 31일 보도했다. 열차에 고화질 센서와 카메라를 장착, 운행 중 실시간으로 안전 정보를 수집한다. 모아진 데이터와 기존 수치 간 차이점을 담당자가 확인, 선로 이상 등 변화를 감지하는 방식이다. 향후 발생 가능한 문제를 미연에 방지할 수 있다는 게 JR동일본 측 설명이다.

차량에 탑재된 레이저는 레일 왜곡이나 절삭 상태 등을 확인하고 이를 수치화한다. 고해상도 카메라는 레일과 침목을 고정하는 볼트 풀림 등을 짚어낼 수 있다. 수집된 정보는 현장 담당자의 육안 검사 결과와 대조, 빅데이터로 분석된다.

결과값에 따라 수리나 교체가 필요한지를 최종 결정한다.

JR동일본 측은 지난달부터 중앙선을 시작으로 데이터 수집에 나섰다. 시험 주행은 이달 초 개시했다. 내년부터는 도호쿠 본선 등 지방 노선에서도 시험 운영을 검토하고 있다.

전선과 접촉하는 차량의 팬터그래프에는 가속도계를 설치, 이상 발생 시 경보를 울리게 했다.

여기에는 해당 데이터의 송수신이 가능한 통신 기능 센서를 부착, 전선 장력과 온도 데이터를 인근 통합센터로 실시간 전송토록 했다. 지금까지 레일과 전차선 등의 상태는 현장 선로 노무자가 3개월에 한 번 꼴로 점검해 왔다. 주로 열차가 운행하지 않는 심야를 이용, 철길을 걸어 다니며 육안 검사와 수선공사를 시행하는 방식이다. 운행 열차를 활용한 빅데이터 점검은 철교 위나 터널 등 그동안 담당자 접근이 어려웠던 구역 내 점검도 용이하게 만든다.

JR동일본은 오는 2018년부터는 모든 노선에 이를 도입한다는 방침이다. JR동일본에서는 지난 2013년도 한 해에만 차량 및 시설 고장 등으로 인해 열차 운휴와 지연이 1385건 발생했다. 노선 간 연장 운행이 늘어나면서 단일 사고가 타 노선에 연쇄 영향을 미치는 일이 크게 늘고 있다. 데이터 수집이 일단위로 이뤄지면 예방 체제가 충실해져 안전사고가 대폭 감소할 것으로 JR 측은 기대한다.

2.2.4 미국, UP

‘빅데이터’는 ‘철로’를 따라..., BDT Insights (<http://www.bdtinsights.com>),

철도 산업은 지금까지 활용해 온 운송 수단 중 가장 경제성이 뛰어나다고 알려졌다. 특히 한국처럼 국토 면적이 작은 국가의 경우 교통에 있어 철도의 영향력을 상대적으로 매우 높다. 물론 미국이나 러시아와 같은 거대한 면적을 가진 국가에서 역시 화물 운송 등에 있어 주요한 교통수단으로 자리 잡았다. 하지만 철도 산업은 여타 첨단 산업에 비해 점차 사양화 되어가고 있다는 인식이 있다. 하지만 최근 빅데이터를 활용하여 철로 이탈과 같은 안전사고는 물론, 운송 효율성의 획기적 개선, 배기가스 최소화 등의 성과를 보이면서 첨단 산업으로의 발걸음을 내딛기 시작했다. IT 관련 매체인 빅데이터 스타트업은 미국의 유니언 퍼시픽(UP) 철도 회사의 사례를 통해 어떻게 빅데이터가 철도 산업에 기여하고 있는지를 짚었다.



[BDT Insights 글로벌분석팀] UP는 미국에서 가장 큰 철도 회사로 철도 운영의 여러 분야에 빅데이터를 활용하고 있는 대표적인 기업이다. UP는 약 150년 동안 시카고에서 뉴올리언스까지 23개 주에 걸쳐 광물과 곡물, 생산재 등을 운송해왔다. 현재 4만 4천명의 직원들이 운영하고 있는 기차는 8천대 이상이고, 지금까지 운행한 거리만 31,900 마일에 달한다. 최근 UP는 빅데이터를 이용해 기차의 철로 이탈과 같은 사고를 획기적으로 줄일 수 있었고, 배기가스를 줄이는 동시에 운송 화물량을 늘리는 등의 성과를 거두고 있다.

예측 분석 기법을 통한 철로 이탈 사고 방지

UP는 빅데이터를 활용한 예측 분석을 통해 사건 발생 이전에 철로 이탈 사고가 발생할 특정한 날짜나 주를 예측하고 있다. 각 열차의 아래 부분에 부착된 온도계와 시각 및 음향 센서를 이용해 UP는 트랙이나 바퀴에 발생할 수 있는 위험을 감지하고 분석하게 된다. 방대하게 뻗쳐 있는 레일 시스템 전체를 통해 모든 데이터가 원활히 전송될 수 있도록, UP는 그들의 레일 시스템에 광섬유 통신 네트워크를 배치했다. 철로 이탈 사고가 크지 않더라도 하더라도, 작은 에러의 발생은 3,350대의 철도 운영을 특정한 날에 지연시킬 수 있고, 이러한 사고는 엄청난 비용을 발생시키게 된다.

UP의 음향 센서는 이미 10년 전부터 사용해 왔다. UP는 기차의 바퀴로부터 전달되는 진동 노이즈를 활용해 이상 징후를 탐지했다. 이후 최근에는 예측분석 기술을 사용하기 시작했는데, 이를 통해 UP는 그 전보다 더욱 넓은 범위의 잠재적 문제점을 나타낼 수 있는 노이즈를 탐지해 그 패턴을 찾아내고 있다. 또한 UP는 초음파 시각 데이터를 수집할 수 있는 시각 센서를 설치했는데, 이는 기차의 바퀴가 마모되기 시작할 때 이를 감지할 수 있도록 한다. 이러한 기술을 통해 UP는 베어링과 관련된 철로 이탈 사고를 75% 줄일 수 있었고, 과거 주요한 철로 이탈 사고의 처리 비용이 4천만 달러에 달했다는 점을 볼 때 이는 엄청난 성과라 할 수 있다.

실시간 분석을 통해 철도 운송량 증가

미국과 같은 넓은 국가에 있어 화물 운송과 관련돼 서로 다른 많은 측면이 존재한다. 열차 승무원들의 스케줄은 적절한 지역에서 적절한 기차로 조정하고, 이를 통해 화물을 적절한 지역에 적시에 운송하는 것 등이 그것이다. 이러한 과정에 있어 매일 예상치 못했던 유지보수나 사건, 날씨 변화 등 철도 운영에 영향을 미치고, 스케줄에 변화를 가하는 사태가 발생하게 된다. 때문에 UP는 실시간 데이터 분석을 통해 철로 운영의 안정화를 꾀하고 있다.

UP에서 정보시스템 관련 업무를 진행하고 있는 Martin Malley는 한 블로그를 통해 “사건에 기반을 둔 아키텍처는 우리가 IT 시스템을 운영함에 있어 가장 흥미로운 것 중 하나다”며 “이를 통해 기차 위치의 비즈니스 이벤트에서 중요한 정보를 필터링하기 위해, GPS 수신 정보 등의 비정형적이고 다차원적인 소스를 비교분석 할 수 있다”고 설명했다.

UP는 기차 화물 운송량을 증가시키기 위해 수많은 종류로부터의 센서 데이터를 활용하고 있으며, 이는 고객만족과 직결되는 사항이다. 이러한 센서는 기차의 레일과 스위치, 브레이크 베어링, 전력 공급 시설, 각 터미널의 RFID, 기상 데이터 등의 GPS 정보 등이 있다. 또한 직원들의 출퇴근 기록 관련 데이터는 직원들의 스케줄을 유동적으로 조정하는데 유용하게 사용되고 있다.

빅데이터를 이용한 배기가스 감축

UP는 현재 탄소정보공개등급이 98점으로 글로벌 500 기업 중 상위 10% 내에 위치하고 있다. 연간 2억 6천만 톤의 석탄을 운송하는 기업 치고는 나쁘지 않은 성과다. UP는 연료 및 배기가스 감축 기술을 계획, 구축했는데, 이는 새로운 기술 개발을 위한 데이터 분석에 있어 빅데이터가 큰 역할을 수행하는 분야다. 이러한 모든 데이터는 많은 에너지를 요구하는 데이터 센터에 저장되고 활용되지만, 최신 기술을 활용하여 UP는 에너지 소비를 크게 줄여 나가고 있다.

최근 컴퓨팅 활용 기능이 200% 가량 증가했고, 저장 기능은 700%나 증가했음에도 불구하고, 데이터 센터에서의 전체적인 에너지 소비는 14%가 감소했다. UP는 2012년 한해 동안 최신 기술과 데이터 분석을 활용해 3,350만 톤의 온실가스를 제거할 수 있었다.

현재 UP는 빅데이터 솔루션을 활용해 설치된 모든 센서 데이터로부터 매일 2천 만개 이상의 패턴을 매칭시키고 있다. 이러한 업무로 오마하에 위치한 UP의 미션 컨트롤 센터에게 매일 약 1,500건의 체크 포인트를 알리고 있다.

3 철도 분야 예지 정비 방법 및 솔루션

3.1 예지 정비 개요

정비 과업은 고장을 예방하거나 고장 난 이후에 조치를 취하는 활동으로 나눌 수 있다. John Moubray(2000)에 의하면, 정비는 물리적인 자산이 사용자가 원하는 것을 지속하도록 하는 것으로 정의하고 있으며, 고장 관리 기법을 다음과 같이 두 가지 항목으로 분류하고 있다. [1]

- 선행 과업(Proactive Tasks): 아이템이 고장나는 것을 예방하기 위해 고장이 일어나기 전에 수행하는 과업이다. RCM¹에서는 정기 복구(Scheduled² restoration), 정기 폐기(Scheduled discard) 그리고, 상태 기반 정비(On-condition maintenance)라는 용어를 사용하지만, 전통적으로 “예측(Predictive)” 정비와 “예방(Preventive)” 정비라고 하는 과업을 포함한다.
- 디폴트 활동(Default Actions): 고장 난 상태를 해결하고 효과적인 선행 과업을 찾지 못할 때 선택한다. 디폴트 활동은 고장 검지(Failure-finding), 비정기 정비(No Scheduled Maintenance 또는 Run-to-failure) 및 재설계(Redesign)를 포함한다.

Figure 3-1은 고장 관리 기법에 대한 분류를 그림으로 나타낸 것이다. RCM 기법은 특정 대상 설비의 정비 전략으로 예지 정비가 적절한지를 판단하는데 체계적인 방법을 제공한다.

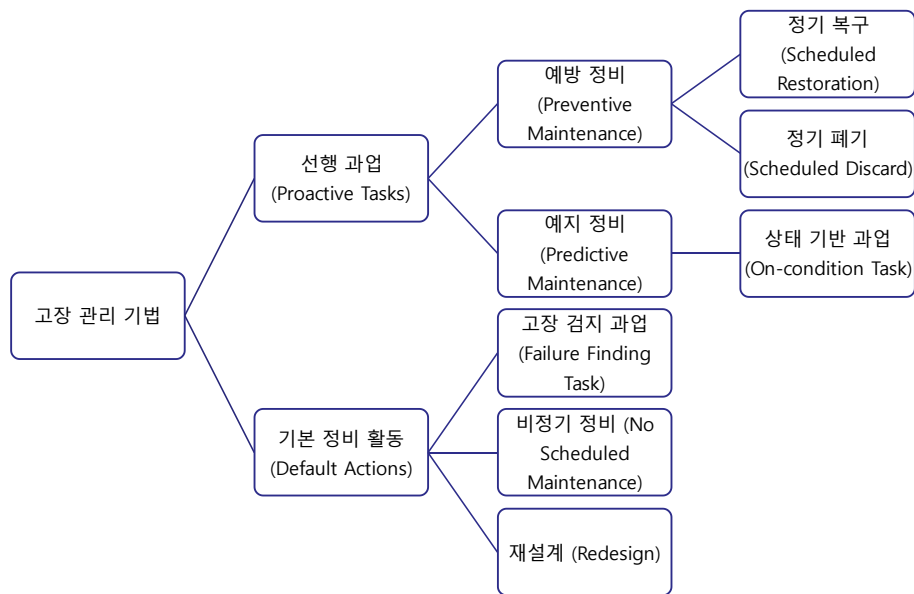


Figure 3-1. 고장 관리 기법

¹ Reliability Centered Maintenance의 약어로 '신뢰성 중심 정비'라고 한다.

² Scheduled: Performed at fixed, predetermined intervals. (미리 정해진, 일정한 간격으로 수행된)

Figure 3-1에서 예지 정비에 해당되는 상태 기반 과업은 기능 고장을 예방하기 위해 조치를 취하거나 기능 고장의 결과를 피하기 위해서 잠재적인 고장을 검지하는 것을 포함한다. 다시 말해, 예지 정비는 기능 고장이 발생하기 전에 진동, 온도, 소음, 압력 등에 대한 비파괴 검사를 통해 설비의 작동 상태와 성능을 진단하고, 대상 기기의 고장 발생 시기 등을 예측하여 고장 발생 전에 대응함으로써 설비의 유지 비용을 절감하고, 운영 효율성을 극대화시키는 방법이다. 물론 이러한 장점을 효과적으로 성취하기 위해서는 설비의 상태 감시를 위한 장비와 데이터를 수집하고, 분석 및 해석하기 위한 물적 및 인적 자원이 요구된다. 이러한 측면에서 예지 정비 장점과 단점을 비교한 내용은 Table 3-1과 같다.

Table 3-1. 예지 정비의 장·단점 비교

예지 정비 장점	예지 정비 단점
<ul style="list-style-type: none"> • 설비의 가용성 및 안전성 향상 • 설비의 다운타임 최소화 • 예비 부품과 물자 비용 최소화 	<ul style="list-style-type: none"> • 상태 감시 장비의 도입 및 관리 비용 증가 • 상태 감시 자료 분석 도구 도입 및 관리 비용 증가 • 상태 감시 자료 분석 및 해석에 적합한 인력의 수요 증가

3.2 정비 기술 변화

최근 철도 산업 분야에서는 경쟁력을 제고하기 위한 전략으로 사물인터넷을 이용한 데이터 수집 및 인공지능을 이용한 빅데이터 분석 등을 통해 철도 차량이나 시설물의 정비 정책을 최적화하고, 비용을 절감하고, 동시에 가용성과 안전성을 제고하기 위한 노력을 기울이고 있다. 이러한 내용의 기술적인 분야가 예지 정비(Predictive Maintenance)이다.

예지 정비를 위해 최신 기술과 함께 고장 진단 기술이 주목을 받고 있으며 전세계적으로 학계와 산업계에서 활발하게 활동을 하고 있는 기술 분야는 PHM³이다. PHM 기술은 센서를 이용하여 장비나 기계시스템의 상태를 모니터링하고 고장의 징후를 진단하고, 잔여 내용수명 예측 및 효과적인 건전성 관리 기술을 일컫는다. [5]

PHM은 1980년대 영국 민간 항공국에서 시작되었다. 그 이후 점차 발전하여 여러 산업 분야에서 연구 활동을 수행하게 되고, 2009년부터 미국의 PHM 학회가 설립되는 등 지속적으로 발전을 거듭하고 있다. 또한, 에너지 하베스팅(Harvesting), 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능 등의 최신 기술을 접목하고 있다.

³ Prognostics and Health Management의 약어로 '고장예지 및 건전성 관리'라고 한다.

John Moubray(2000)는 정비에 대한 기대치의 변화 과정을 Figure 3-2와 같이 설명하고 있으며, 이를 통해 1930년대에서 2000년대에 이르기까지 정비의 기대치가 급격하게 진화된 것을 알 수 있다.

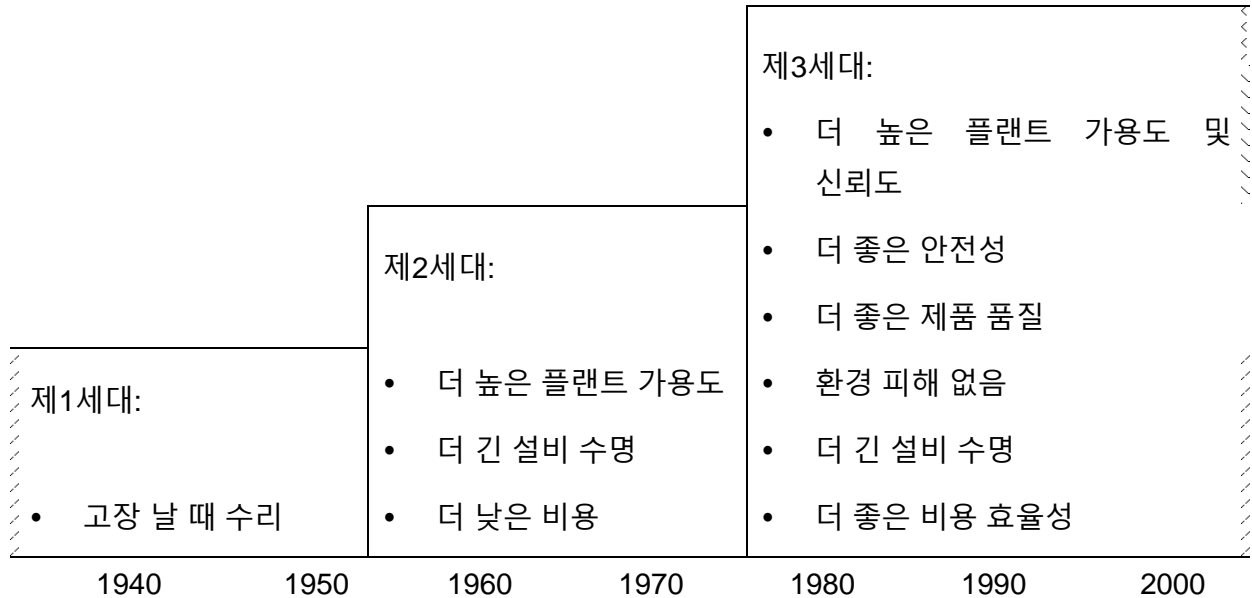


Figure 3-2. 정비의 기대치 변화

또 다른 예로, Strategic Maintenance Ltd.의 Malcolm Hide가 “Fourth Generation Maintenance”에서 소개한 정비 방법과 기대치의 변화를 보면, Figure 3-3과 같이 제1세대부터 현재에 해당되는 제4세대까지 기대치의 급격한 변화를 알 수 있다.

	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2030
	First Generation		Second Generation			Third Generation		Fourth Generation		
Expectations	<ul style="list-style-type: none"> Downtime was a fact of life 		<ul style="list-style-type: none"> Higher plant availability Defined equipment life Lower costs 			<ul style="list-style-type: none"> Higher plant reliability Equipment life extension Greater costs effectiveness Better safety standards Environmental damage control Better product quality 		<ul style="list-style-type: none"> Higher on demand reliability Longer equipment life Higher efficiency Higher control complexity Elimination of waste Zero tolerance on safety Zero tolerance on environment Tighter product quality control Tighter costs control Greater business flexibility 		
Methods	<ul style="list-style-type: none"> Fix it when it broke Run to Failure strategy 		<ul style="list-style-type: none"> Scheduled overhauls Systems for controlling work Big slow computers Time or Cycle based strategy 			<ul style="list-style-type: none"> Design for reliability Failure mode & effect analysis Condition monitoring Multiskilling & teamwork Hazop reviews Smaller faster computers Expert systems Condition based strategies 		<ul style="list-style-type: none"> Design for maintainability Design for on demand reliability Shorter equipment life cycles Business criticality reviews Performance monitoring Lower maintenance complexity Reduction of skill requirements Data driven strategies Adaptive maintenance systems Paperless maintenance 		

Figure 3-3. 제4세대 정비 방법 및 기대치

3.3 예지정비 수행 절차

일반적인 설비의 PHM 기술은 건전성 감지, 진단, 예지, 관리의 4단계로 이뤄진다. 이러한 맥락으로 철도 분야에서 예지 정비를 수행하는 절차를 소개한다. [2]

3.3.1 건전성 감지

첫 번째 단계에서는 예지 정비에 적합한 대상 시스템이나 기기를 선정하고, 설비의 건전성을 평가할 수 있는 데이터 종류를 결정한 후 최적의 센서 관련 제반 사항을 결정한다.

대상 설비를 선정 시 기존에 분석한 RCM 관련 결과물이나 고장 이력 자료 등을 기본 입력 자료로 사용한다. 기본적으로 처음 시도를 할 때는 대상 범위를 작고 중요한 품목 위주로 선정하는 것이 적합하며, 차후 범위를 확대해 가는 것이 경험적으로 좋은 방법에 해당된다.

우선, 고장에 대한 예측이 가능한 것을 선정해야 한다. 그렇지 않으면 결과적으로 실패할 가능성이 높으며, 이로 인해 예지 정비에 대한 솔루션 자체에 대한 신뢰가 떨어질 수 있다.

다른 방법으로 고장률 대 시간 관계를 나타내는 Figure 3-4의 육조곡선에서 초기 고장기와 마모 고장기에 해당되는 품목인 전기나 기계류 계통을 선정하는 것이다. 철도 차량을 대상으로 예를 들면, 제동 시스템 또는 공압식 출입문 등이 전형적인 품목이 될 수 있다.

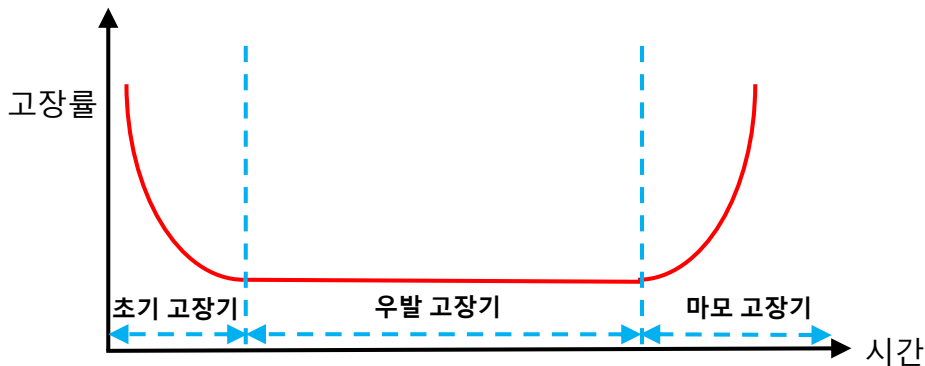


Figure 3-4. 육조 곡선

3.3.2 건전성 진단

두 번째 단계에서는 수집된 데이터로부터 다양한 건전성을 정량화하고 건전성을 평가한다.

수집할 데이터에는 대상 설비의 건전성 감지와 관련된 빅데이터, 고장 이력 자료, 정비 이력 자료, 운용 자료 등이 해당된다. 철도 분야에서 빅데이터에는 생산 및 품질 정보, 운영 정보(운행시간, 운행거리, 노선, 날씨, 구배 등), 신뢰성 정보(고장빈도, 고장시간, 고장유형,

고장 원인 등), 유지보수 정보(유지보수자, 소요시간 등) 그리고 상태 정보(온도, 진동, 소음, 전류 등) 등을 들 수 있다.

또한 예지 정비에 대한 최적의 결과를 도출하기 위해 철도 분야에 적합한 알고리즘을 개발하여 적용하는 단계이다. 데이터 과학자가 알고리즘을 개발할 때 철도 분야의 경험이 있는 전문가의 의견을 반영하는 것이 알고리즘 개발 및 분석에 소요되는 시간을 절감할 수 있다.

3.3.3 건전성 예지

세 번째 단계에서는 추론한 건전성을 바탕으로 해당 설비의 잔존 수명을 확률적으로 예측한다.

PHM 분야에서 잔존 수명을 예측하는 방법으로 크게 두 가지가 있다. 첫 번째, 데이터기반방법(data-driven approach)은 데이터를 이용하여 시스템의 신뢰성, 건전성 정보를 통계적 방법으로 추론하는 것이다. 기계학습 기법은 가장 많이 사용되는 기법으로 건전성인자와 고장 여부의 관계를 훈련하여 미래고장을 예측할 수 있다. 이 방법은 물리적 손상 모델을 구현하기 어려운 다변량 시스템에 적용이 가능하다는 장점이 있지만, 훈련을 위해 많은 양의 데이터가 필요하다. 두 번째, 모델기반방법(model based approach)은 물리적 고장 모델을 기반으로 고장을 진단 및 예지한다. 이 방법은 정확도가 높으며 적은 양의 고장 데이터로 고장 진단이 가능하다. 모델의 변수를 바꿔줌으로써 다양한 운영 환경에서도 적용 가능하다. 그러나 고장 메커니즘 파악이 어렵거나 모델 변수의 수가 매우 많은 경우 모델이 실제 고장 메커니즘을 온전히 구현하지 못하므로 적용 분야가 한정적이다. [3]

3.3.4 건전성 관리

마지막 단계에서는 정량화된 건전성과 잔존 수명을 이용하여 최적의 유지보수 및 관리를 수행한다.

예지 정비의 솔루션 범위가 단순히 고장만을 예측하는 것은 아니며 여러 가지 업무 상황을 식별하고 적절한 규범적 조치를 수립하는 것도 포함된다. 또한 다음과 같은 지원 사항을 통해 단기 및 장기적인 정비 목표를 달성할 수 있다.

- 다음 정비 작업 식별
- 대상 품목의 교체를 위한 재고 계획 수립
- 열악한 성능이 지속될 경우 설계의 개선 사항을 제안

3.4 IBM PMQ 솔루션

예지 정비에 대한 솔루션은 여러 가지가 있지만, 여기서는 IBM에서 제공하고 있는 PMQ(Predictive Maintenance and Quality) 솔루션에 대해 간단히 소개한다. PMQ는 자산 및 설비 예지정비와 품질 관리를 통해 운영 비용을 절감하고 생산성을 극대화하기 위한 최적의 솔루션이다. Figure 3-5는 PMQ에 대한 개략적인 절차를 나타낸 것이다. [6]

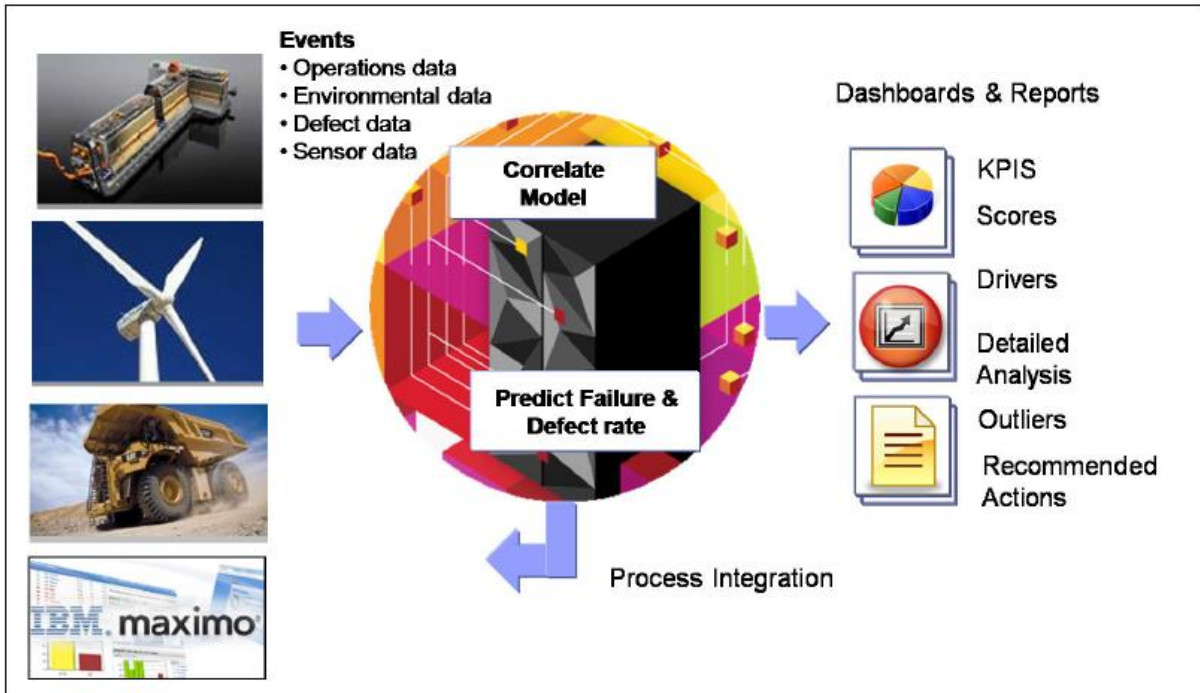


Figure 3-5. IBM PMQ 개요

PMQ 솔루션을 적용했을 때 다음과 같은 장점을 들 수 있다.

- 자산/설비의 고장예측을 통해 가동능력의 지속적인 보장 및 비정기 다운타임 최소화
- 설비 및 부품의 교체 및 정비주기를 예측함으로써 정비/운영 비용 최적화를 통한 운영 효율성 제고
- 품질 문제를 포함한 생산, 조업 및 설비의 통합적 관점에서 원인분석, 모니터링 및 선제적 대응

학주니닷컴(<http://poem23.com/2918>) 사이트에 소개된 “IBM 의 예지 정비 PQM 솔루션 이야기(2014.12.1.)”라는 제목으로 소개된 내용에 따르면 다음과 같다.

IBM PMQ 솔루션은 공장 등에서 설비 및 부품의 이상을 실시간 예측하고 최적의 대응 방안을 알려줌으로써 생산 효율을 극대화시켜주는 솔루션이다. 이 솔루션은 데이터 기반 예측분석을 통해, 설비 및 부품의 이상을 실시간 예측하여 전달해줌으로써, 생산 제품의 품질 문제를 탐지하고 해결할 수 있도록 도와준다고 한다. 이 솔루션을 통해 품질보증 비용 5% 감소, 반복 수리비용 50% 감소, 경합금 주물 폐기율 12주간 80% 감소 등의 효과를 거둘 수 있다고 얘기한다. 뭐 그냥 이렇게 얘기하면 이해하기 힘드니 어떻게 저런 식으로 할 수 있는지 살펴보자.

PMQ의 기본적인 분석 실행 프로세스에 대해서 살펴보자. PMQ는 적용하는 산업군이나 회사의 사정에 따라 달라질 수 있겠지만 보통은 아래의 순서에 따라서 움직인다.

1. 문제 파악: 특정 자산의 고장 유형이나 이벤트의 문제 파악
2. 데이터 검토: 자산 정보 이력, 정비 이력, 정밀 검사 보고서, RFID 등 다양한 출처의 데이터에 대한 검토
3. 데이터 통합: 정적 특성(자산 이력 정보 등)과 동적 특성(온도 등)을 종합하는 방식의 데이터 취합
4. 추가 공식화: 기존의 데이터와 별도로 부품의 고장 발생여부를 의미하는 '1', '0'을 기재하는 방법이나 부품당 평균 비용을 산정하는 방법 등으로 공식화
5. 고장 예측 변수 측정: 가장 적합한 고장 예측 변수를 찾아냄
6. 모형화의 정확도 / 논리 테스트: 자사의 경험을 토대로 이전 단계에 완성한 모형을 평가하여 모형화의 정확도와 논리를 단기간에 테스트
7. 효과적 적용 방법 연구: 자사에 가장 효과적인 적용 방법 연구
8. 정보 생성 및 프로세스 사이클 개발: 정확도 유지와 개선을 위한 정보 생성, 실제 반응의 피드백을 받을 수 있는 프로세스 사이클 개발
9. 모니터링과 추적: 진행 상황을 모니터링하고 추적

위의 분석 실행 프로세스를 간략하게 정리하면 아래의 5가지 순서로 요약할 수 있다.

1. 데이터 수집 / 통합
2. 예측 모델 생성
3. 원인 분석
4. Alert / 대응방안 수립 및 권고
5. 대응방안 실행

4 요약

예지 정비는 기능 고장이 발생하기 전에 진동, 온도, 소음, 압력 등에 대한 비파괴 검사를 통해 설비의 작동 상태와 성능을 진단하고, 대상 기기의 고장 발생 시기 등을 예측하여 고장 발생 전에 대응함으로써 설비의 유지 비용을 절감하고, 운영 효율성을 극대화시키는 방법이다.

최근의 철도분야 예지 정비 기술은 사물인터넷, 빅데이터 등의 최신 기술을 적용하는 단계까지 이르렀다. 일부 해외 동향에서 보듯이 선진 회사들은 이미 관련 기술을 부분적으로 적용하고 있거나 파일럿 프로젝트를 시행하고 있는 실정이다.

고장예지 및 건전성 관리 분야는 전세계적인 관심 분야로 최근 PHM Society를 중심으로 고장 진단, 데이터 처리, 특성 인자 추출, 고장 예지 등에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 철도 분야에서도 이 분야에 대한 많은 관심과 지원이 요구된다.

끝으로 현재 국내 철도 산업의 경우 대외적인 경쟁력 제고를 위해 예지 정비 솔루션을 갖추지 않을 수 없는 상황이 되었다. 이를 위해 PHM 분야에서 다루고 있는 기반 기술에 관심을 가지고 접근해 간다면, 머지않아 국내 철도 산업 분야도 예지 정비 기술을 확보해 대외적인 경쟁력을 제고해 나갈 것으로 예상된다.