

활동 분석을 통한 에이전트 SPC의 요구사항 규명 및 시스템 구현

유기훈 · 이재훈 · 김기태 · 장중순

아주대학교 산업공학과

Requirements Derivation and Implementation of Agent-based SPC System by Task Analysis

KiHoon Yoo · JaeHoon Lee · KiTae Kim · JoongSoon Jang

Department of Industrial Information and System Engineering, Ajou University

Abstract

Statistical process control (SPC) is a powerful technique for monitoring, managing, analysing and improving the process performance. However, its has limitations such as lack of engineering, statistical skill and training, and lesser importance of activity. To solve the problems, this study proposes an intelligent SPC system using specified agents which are derived through analysis and evaluation of the SPC activities. The activities investigated by the relevant researches are categorized as collection, process analysis, diagnosis, detection, cause analysis and rule generation. Also, the evaluation criteria are established as feasibility of automation, frequency, level and time. The requirements of the agent functions are derived by the evaluation, and the types of customized agents are as data collection, store, analysis, diagnosis, monitoring, alarm and reporting. A prototype SPC system represents that the functions of the proposed agents are successfully validated.

Key words : SPC(Statistical Process Control), Agent, Activity Analysis, Requirement

1. 서론

SPC(Statistical Process Control)란 품질규격에 합격할 수 있는 제품을 안정적으로 만들어 내기 위하여 통계적 방법을 이용하는 관리기법을 의미한다 박성현 외(1997). SPC 활동에는 관리변수의 데이터 수집을 통하여 공정해석, 공정능력분석 및 평가를 수행하는 공정관리 활동과 고질적인 원인에 대하여 지속적으로 공정을 개선하는 품질개선 활동이 있다. 과거에는 주로 수작업 기반의 SPC 활동을 수행하였으나, 최근에는 IT기술을 활용한 측정 시스템, 모니터링 시스템, 분석 시스템이 개발되어 SPC 활동의 자동화를 지원하고 있다. 측정 시스템은 공정에서 생산 중인 제품의 관리변수 데이터를 자동으로 측정하며, 모니터링 시스템은 측정된 공정 데이터의 이상 유무를 확인하여 실시간으로 공정을 감시하는 역할을 한다. 또한 분석 시스템은 공정의 이상결합이 발생하면 이상 원인을 찾기 위한 통계지원도구로 사용되고 있다.

이러한 지원에도 불구하고 효과적인 SPC 활동을 수행하는데 있어 아직도 여러가지 한계점들이 드러나고 있다. Antony and Taner(2003)는 그 원인으로서 최고위 경영진의 참여부족, 교육의 부족과 잘못된 관리도의 해석으로 인하여 성공적으로 실행되지 못한다고 지적하였다. 또한 제품에 대한 특성, 공정변수의 측정 및 모니터링에 관한 지식의 부족, 측정시스템의 기능부족 등이 있다고 지적하였다. 다른 한계점으로는 SPC를 수행하는데 있어서 작업자와 엔지니어의 기술적인 이해와 적용능력이 부족하며 (Antony and Taner(2003)), SPC가 시간이 소요되고 비부가가치적인 업무로 인식되고 있다고 지적하였다Chiu et al(2003), Lu et al(2008), Castillo and Melin(2008), Yu and Wang(2008).

SPC 문제점을 해결하기 위한 기존 연구로서 Kuo and Mital(1993)은 품질관리 전문가 시스템을 체계적으로 정리를 하고 지식 기반의 SPC 전문가 시스템을 제안하였다. 또한 Hans and Oh(2001)은 XML 프로토콜을 지원하는 웹기반의 실시간 SPC 시스템을 제안하였으며, Singh and Gilbreath(2002)은 실시간 다변량 SPC 시스템을 개발하여 엔지니어에게 유용한 정보를 제공할 수 있는 정보시스템을 제안하였다.

기존 SPC 시스템에 이용된 전문가, XML, 웹, 다변량 등의 기법은 작업환경과 분석기능의 향상에만 치중되어 있어 SPC의 문제점을 해결할 수가 없었다. 따라서 좀더 지능화되고 자동화된 기능이 요구되었으며, 최근에는 주어진 목표를 달성하기 위해 자율적으로 활동을 수행하는 소프트웨어 에이전트의 개념을 이용한 연구들이 이루어졌다. 에이전트는 대리인, 대행자란 뜻을 가지며 자율성, 지능, 사회성, 이동성 등의 특성을 가지고 있다. 따라서 SPC 활동에서 반복적이며 시간이 소요되고, 지식이 요구되는 활동을 에이전트가 수행하여 작업자와 엔지니어 활동을 지원할 수 있다.

SPC에 에이전트를 활용한 기존 연구에는 Wang et al.(2003)은 분석 및 의사결정 에이전트를 이용하여 생산조립라인의 품질을 위한 온라인 품질관리 시스템을 개발하였다. 또한 Bae and Wang(2008)은 품질관리 기능을 설정하여 에이전트들을 도출하였으며, 이를 활용하여 공정에서 데이터를 수집, 분석, 진단, 조치하는 기능을 수행하는 대응형 품질관리 시스템을 개발하였다. Navid et al(2008)은 리포팅, 정보, 모니터링 에이전트를 이용하여 지능형 웹 정보 시스템 기반의 새로운 품질관리 모델을 설계하였다.

에이전트를 활용하였던 기존의 연구들은 SPC의 활동을 고려하지 않고 SPC의 기능들 중의 일부만을 IT로 구현하였다는 한계점이 있다. 즉, 단순기능의 자동화에 초점을 맞추어 시스템을 개발하였기 때문에 업무 및 활동 전체를 대체하지 못하며 에이전트의 지능과 자율성을 제대로 활용하지 못하고 있다. 따라서 SPC 활동을 체계적인 방법으로 분석 및 평가하여 활동을 기반으로 기능을 정의하고 이에 따라 에이전트를 개발할 필요가 있다.

본 연구에서는 이러한 한계점을 해결하기 위해 SPC 활동을 조사한 후 체계적으로 분류하였다. 또한 작업자 및 엔지니어와 에이전트들의 활동역할을 구분하기 위해 활동평가척도를 설정하고, 정의된 활동을 분석 및 평가하여 부합되는 에이전트를 도출하였다. 그 후 정의된 SPC 활동에 부합되는 에이전트들의 기능을 정의하였으며, SPC 개발단계를 정의한 후 시스템을 구현 및 실행하였다. 그 결과 반복적이고 시간이 요구되는 SPC 활동은 에이전트들에 의해 수행되며 작업자나 엔지니어는 상위 업무에 집중할 수 있게 되었다. 또한 도출된 에이전트들은 SPC 활동과 연관된 요구기능이 명확하기 때문에 차후의 다른 활동에서도 활용될 수 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2절에서는 활동분석 및 평가를 통하여 SPC 에이전트를 도출하는 방법을 제시하였다. 3절에서는 SPC 활동에 부합되는 에이전트들의 기능설정과 활동프로세스에 대해서 설명하였다. 4절에서는 SPC 개발단계 설정 후 시스템을 구현하고 실행되는 모습을 설명하였다. 5절에서는 결론 및 향후 연구방향을 제시하였다.

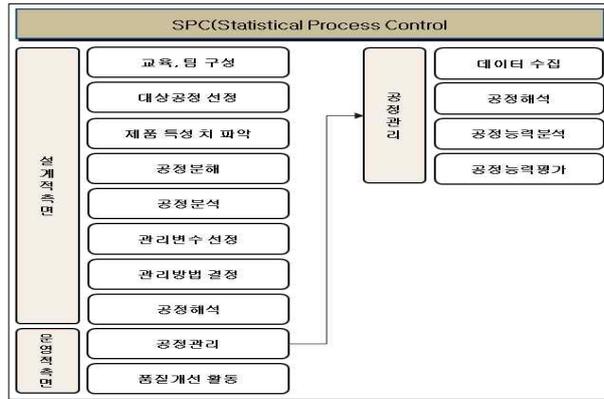
2. SPC 활동분석

작업자와 엔지니어의 시간 및 지식 부족의 문제를 해결하기 위해서는, SPC 활동과 연관되는 에이전트를 도출해야 한다. 다음은 이를 위해서 요구되는 선행 작업을 나타낸다.

- SPC 활동 정의 및 세분화
- 활동평가척도 설정
- SPC 활동 평가

에이전트로 대체화 시킬 수 있을지의 가능성 여부를 평가하기 위해서 기존 연구로부터 SPC 활동을 정의 및 세분화한 후, 활동평가척도를 설정해야 한다. 이 선행 작업은 작업자와 엔지니어가 수행해야할 활동과 에이전트가 수행해야할 활동을 구분해야하기 때문에 요구된다. 즉, 활동을 지원할 수 있는 에이전트를 도출하여 작업자와 엔지니어가 수행하는 활동을 지원해야 한다. 그 후 정의된 활동을 평가하여 SPC 에이전트를 도출한다.

2.1. SPC 활동 정의



<그림 1> SPC 활동 절차

본 연구에서는 안동근(2000)의 효과적인 SPC 설계와 운용에서의 내용을 참고하여 활동절차를 그림1에 정리하였다. 교육, 팀 구성은 적용준비단계를 나타내며 대상공정선정에서부터 공정 해석까지가 SPC를 적용하기까지의 설계적 측면을 나타낸다. 그 후 공정을 안정 상태로 유지 시킨 후 본격적으로 통계적으로 공정을 관리하는 것이 운영적 측면이다. 본 연구에서는 SPC에서 가장 많은 비중을 차지하는 공정관리 활동 부분만을 대상으로 한다.

2.2. SPC 활동 세분화

공정관리 활동은 데이터 수집, 공정해석, 공정능력분석 및 평가로 크게 4가지로 구분된다. 4가지 활동을 수행하기 위해서는 수집활동, 분석 및 진단활동, 이상조치 활동, 원인분석 활동, 규칙생성 활동의 반복적인 수행을 통해서 상호보완적으로 수행되고 있다. 이 5가지 활동들의 세분화된 내용은 그림2에 나타내고 있다.

공정관리 활동					
데이터 수집	관리변수(원인처, 결과치)데이터를 측정		수집 활동		
	관리변수(원인처, 결과치)데이터를 기록				
공정분석	데이터 수집	관리변수 데이터 수집	분석 및 진단활동		
	데이터분석	관리변수 대한 관리도 등을 작성			
	관리 상태판단	공정에 이상이 발생했는지를 판단			
	이상조치활동	이상 원인제거	공정결함에 대한 이상원인 확인	이상조치 활동	
		이상 원인제거하지 못할시	공정결함에 대한 이상원인 제거		
	공정능력 분석	공정능력분석 실시		분석 및 진단활동	
		공정능력 판단	공정이 원하는 규격에 부합되는지 판단함		
		공정능력 분석평가	이상조치 활동	개선계획 수립	원인분석 활동
				이상원인에 대한 데이터 수집	수집 활동
				데이터 분석	분석 활동
				원인 분석	원인분석 활동
				이상원인에 대한 대책수립	규칙생성 활동
				개선을 통해 나온 대책에 대한 검증	
	대책 적용			원인분석 활동	
표준화					
중요 품질대책 수립	원인분석 활동				
이상원인에 대한 데이터 수집	수집활동				
데이터 분석	분석 활동				
원인분석	원인분석 활동				
이상원인에 대한 대책수립	규칙생성 활동				
개선을 통해 나온 대책에 대한 검증					
대책 적용	원인분석 활동				
표준화					

<그림 2> 공정관리 활동의 구조

- 수집 활동 - 수집활동은 작업자가 품질지침의 수집주기에 따라 생산제품의 데이터를 측정 한 후에 평균, 산포, 확률분포를 이용하여 공정 관리변수의 평균과 변동을 측정 및 기록하는 활동이다. 이는 데이터를 분석하여 공정의 이상 유무를 확인할 수 있는 자료가 된다.
- 분석 및 진단 활동 - 분석 및 진단 활동은 관리도, 히스토그램, 산점도 등의 QC기법과 공정능력지수를 이용하여 수집된 데이터를 분석한 후에 공정의 이상결함이 발생했는지의 안전 상태를 확인하는 활동이다. 만약, 이상결함이 없다면 다시 수집활동을 수행하고, 이상결함이 발생되면 이상조치 활동을 수행한다. 이는 공정의 결함을 사전에 발견 할 수 있어 빠르게 대응할 수 있다.
- 이상조치 활동 - 분석 및 진단 활동을 통해 공정에 이상결함이 발생한다면 이상 원인을 확인하여 공정의 이상결함을 제거하는 활동이다. 이상조치 활동에서 현재의 상황이나

이상조치 규칙으로도 이상 원인을 제거하지 못한다면 개선계획이나 중요품질대책을 수립하여 원인분석, 규칙생성 활동을 통해 이상 원인을 확인하고 제거해야 한다.

- 원인분석 활동 - 원인분석 활동은 이상조치 활동으로도 제거되지 못한 이상결함을 확인하기 위해서 신QC, 상관분석, 다변량 분석 등을 이용하여 이상결함에 대한 원인과 결과간의 관계를 도표나 그래프를 사용하여 원인을 규명하는 활동이다. 이는 개선계획 및 중요품질대책을 통해서 이루어지고 있다.
- 규칙생성 활동 - 규칙생성 활동은 원인분석으로 나온 결과를 통해 공정의 이상 원인을 제거할 수 있는 대안을 수립, 적용, 표준화하는 활동이다. 이 활동으로 나온 규칙은 차후의 공정진단 활동을 위한 자료로 이용된다.

2.3. SPC 활동 평가

Wooldridge(2002)에 의하면 에이전트는 주어진 환경 속에서 자기에게 주어진 목표를 달성하기 위해 자율적으로 활동을 할 수 있는 컴퓨터 시스템으로 정의되어 있다. 본 연구에서는 작업자나 엔지니어가 수행하는 SPC 활동의 에이전트를 도출하고, 도출된 에이전트들의 상호작용을 통해서 SPC 활동이 수행되어야 한다. 2.3절에서는 활동분석을 통해 에이전트를 도출하는 한 예로 활동평가척도를 설정하고 이 평가척도를 통하여 정의된 활동을 평가하여 에이전트를 도출하는 방법을 제시한다.

2.3.1. 활동평가기준

SPC 활동을 에이전트로 대체화시킬 수 있을지의 가능성 여부를 평가하기 위하여 활동평가척도를 설정하였다. 즉, 사람과 에이전트의 역할이 분류되어야 한다. 다음의 평가척도는 4가지로 분류된다.

첫 번째, 활동의 자동화 가능 여부이다. 이는 현재의 활동을 대상으로 시스템을 구현하는 목적이 있기 때문에 자동화의 가능여부가 평가척도의 하나가 된다. 두 번째, 활동의 빈도수로 현재 SPC 활동을 수행하는데 있어서의 문제점 중 하나인 작업자의 업무 비중이 높아 공정 관리 활동을 하는데 있어서 시간적 소모가 발생하는 문제점이 발생한다. 따라서 업무 빈도수가 높은 활동을 선택하여 에이전트로 대체하면 문제점이 해결 될 수 있다. 세 번째, 활동의 난이도이다. 위와 마찬가지로 현 문제점 중의 하나로 작업자나 엔지니어의 SPC에 관한 지식의 부족이라고 할 수가 있다. 대체로 SPC에 관한 교육과 동기부여를 통해 지식을 함양하지만 현실적으로는 부족한 실정이다. 따라서 엔지니어나 작업자의 활동을 지식을 가진 에이전트로 대체하면 문제점이 해결 될 수가 있다. 네 번째, 활동의 시간소모성으로 현재 SPC 활동을 수행하는데 있어 시간이 많이 소모되어, 작업자나 엔지니어의 시간부족이 발생할 수가 있다. 따라서 시간이 많이 소비되는 활동을 에이전트로 대체된다면 이러한 문제점을 해결할 수가 있을 것이다. 표1은 활동평가척도에 대한 내용과 평가척도에 대한 기준에 관한 내용을 나타낸 것이다.

<표 1> 활동평가척도

척도 수준		활동 자동화	활동 빈도수	활동 난이도	활동 시간 소모성
내용		현재의 IT기술로 활동을 자동화 시킬 수 있는 기술 정도의 여부	활동을 수행하는 데 있어 반복성 정도의 여부	활동을 수행하는데 있어 요구되는 지식 수준 정도의 여부	활동을 수행하는데 있어 소요되는 시간 정도의 여부
평가 기준	상	가능/ 불가능	높음.	전문가 수준의 공학적 지식	높음.
	중		보통.	공학적 지식	보통.
	하		낮음.	일반적인 지식	낮음.

2.3.2. SPC 에이전트 도출

본 절에서는 4가지의 활동평가척도를 이용하여 활동을 평가하였다. 첫 번째, 활동 자동화의 가능 여부에서 이상원인 제거는 컴퓨터 조치도 가능하지만 직접적인 활동으로 조치되는 경우가 많기 때문에 불가능하다. 또한 개선계획 수립과 중요품질대책도 이상 원인을 제거하기 위한 대책회의일 뿐 자동화 가능여부의 범위 밖이어서 불가능하다. 두 번째, 활동 빈도수 판단 여부에서 공정 상태의 진단은 일상 활동이므로 빈도수가 비교적 높다. 반면 개선계획이나 중요품질대책에서의 활동은 이상조치를 하지 못 할 경우에만 수행되므로 일상 활동의 빈도수보다 비교적 낮을 수밖에 없다.

세 번째, 활동 난이도 판단 여부에서 분석 및 진단 활동은 통계적인 분석기법 등과 같은 공학적 지식을 이용하여 진단을 수행해야하기 때문에 활동의 난이도가 높다. 또한 이상조치 활동에서 이상결함을 조치하지 못할 경우에는 상황에 대한 현상파악과 다양한 분석기법 등과 같은 전문적인 공학적 지식을 이용하여 결함에 대한 원인분석을 수행해야하기 때문에 활동에 대한 난이도가 비교적 높다. 반면 데이터 측정, 기록 등은 단순한 활동이므로 일반적인 지식만 요구될 수밖에 없어 활동에 대한 난이도가 비교적 낮다.

네 번째, 활동 시간소모성에서는 데이터 기록, 수집은 제품마다 관리변수 측정 포인트의 수가 많기 때문에 오랜 시간이 소요 수밖에 없다. 또한 공학적 지식이 요구되는 분석은 난이도가 높고 절차가 복잡하여 활동을 수행하는데 있어 오랜 시간이 소요된다.

본 연구에서는 활동의 평가기준을 상, 중, 하로 설정하여 점수를 부여하고 6점 이상이면 SPC 활동을 에이전트로 대체화 시킬 수 있다고 가정하였다. 표2는 평가척도를 이용하여 활동을 평가하고 에이전트를 도출된 결과의 예를 보여주고 있다.

<표 2> 활동분석 및 평가를 통한 에이전트 도출

공정관리			평가기준	활동 자동화	활동 빈도수	활동 난이도	활동 시간 소모성	점수	가능 여부	에이전트
데이터 수집	데이터 수집	관리변수(원인치 결과치) 데이터를 측정	○	상	하	상	7	○	측정 에이전트	
		관리변수(원인치 결과치) 데이터를 기록	○	상	하	상	7	○	기록 에이전트	
공정해석	데이터 수집	관리변수 데이터 수집	○	상	하	중	6	○	수집 에이전트	
	데이터 분석	관리변수 대해 관리도 등을 작성	○	상	중	상	8	○	분석 에이전트	
	관리 상태 판단	공정에 이상이 발생했는지 판단	○	상	중	중	7	○	진단 에이전트	
	이상원인 제거	공정결함에 대한 이상원인 확인	○	상	중	중	7	○	이상 조치 에이전트	
		공정결함에 대한 이상원인 제거	X	상	중	상	8	X	.	
		공정결함에 대한 이상원인 통보	○	상	하	중	6	○	통보 에이전트	
	이상치 활동	이상원인 제거하지 못함 시	개선계획 수립	X	중	중	하	5	X	.
			이상원인에 대한 데이터 수집	○	중	하	상	6	○	수집 에이전트
			데이터 분석	○	중	상	상	8	○	분석 에이전트
			원인 분석	○	중	상	상	8	○	원인분석 에이전트
			이상원인에 대한 대책수립	○	중	상	상	8	○	규칙생성 에이전트
			개선을 통해 나온 대책에 대한 검증	○	중	상	상	8	○	검증 에이전트
			대책 적용	○	중	중	상	7	○	적용 에이전트
			표준화	○	중	중	상	7	○	갱신 에이전트
	공정능력 분석	공정능력분석 실시		○	상	중	상	8	○	분석 에이전트
공정능력 판단		공정이 원하는 규격에 부합되는지 판단함	○	상	중	하	6	○	진단 에이전트	
공정능력 분석평가	이상조치 활동	개선계획 수립	X	중	중	하	5	X	.	
		이상원인에 대한 데이터 수집	○	중	하	상	6	○	수집 에이전트	
		데이터 분석	○	중	상	상	8	○	분석 에이전트	
		원인 분석	○	중	상	상	8	○	원인분석 에이전트	
		이상원인에 대한 대책수립	○	중	상	상	8	○	규칙생성 에이전트	
		개선을 통해 나온 대책에 대한 검증	○	중	상	상	8	○	검증 에이전트	
		대책 적용	○	중	중	상	7	○	적용 에이전트	
		표준화	○	중	중	상	7	○	갱신 에이전트	
		중요 품질대책 수립	X	중	중	하	5	X	.	
		이상원인에 대한 데이터 수집	○	중	중	상	7	○	수집 에이전트	
		데이터 분석	○	중	상	상	8	○	분석 에이전트	
		원인분석	○	중	상	상	8	○	원인분석 에이전트	
		이상원인에 대한 대책수립	○	중	상	상	8	○	규칙생성 에이전트	
		개선을 통해 나온 대책에 대한 검증	○	중	상	상	8	○	검증 에이전트	
		대책 적용	○	중	중	상	7	○	적용 에이전트	
표준화	○	중	중	상	7	○	갱신 에이전트			

3. SPC 에이전트의 요구사항 규명

3절에서는 2절에서 정의된 SPC 활동과 연관된 에이전트의 기능을 정의하였으며, 이를 활용하여 수집, 분석 및 진단, 이상조치, 원인분석 및 규칙생성 활동을 수행하는 프로세스에 대해서 제시하였다.

3.1. 에이전트 기능 정의

본 절에서는 SPC 활동을 수행하는 에이전트의 다양한 기능을 정의하였다. 에이전트들은 2.2절에서 정의한 SPC의 5가지 활동을 참조하여 요구되는 기능을 정의하였다. 즉, 에이전트의 기능을 통해 5가지의 활동을 지원한다고 할 수 있다. 또한 활동에 포함되어 있는 에이전트들은 다른 활동에서도 실행될 수 있으며, 특히 기타 활동에 포함된 에이전트들은 여러 활동을 지원할 수 있다.

<표 3> 에이전트의 기능

구분	기능	내용	에이전트	비고
수집활동	수집기능	- 공정관리 데이터베이스에 접근하여 대상 데이터를 수집한다.	수집 에이전트	
	저장기능	- 차후의 분석에 이용될 수 있도록 수집된 데이터를 저장한다.		
	모니터링기능	- 실시간으로 모니터링 데이터를 수집하고 저장한다.		
분석 및 진단 활동	분석기능	- 저장된 데이터를 분석방법에 맞게 분석한다.	분석 에이전트	
	모니터링기능	- 분석을 실시간으로 수행한다.		
	진단기능	- 분석 결과의 이상을 진단한다.	진단 에이전트	
	모니터링기능	- 진단을 실시간으로 수행한다.		
이상조치 활동	진단확인기능	- 공정에 이상이 발생하면 이상에 대한 원인을 확인한다.	이상조치 에이전트	
	이상조치기능	- 이상 원인에 대한 조치방법을 수집하여 조치를 통보하거나 예상되는 조치방법을 통보한다.		
	모니터링기능	- 진단확인, 이상조치를 실시간으로 수행한다.		
원인분석 및 규칙생성 활동	원인분석기능	- 이상발생 또는 정기적인 규칙생성을 위해서 분석된 결과의 원인분석을 수행한다.	원인분석 에이전트	
	규칙생성기능	- 원인 분석된 결과를 토대로 새로운 규칙을 생성한다.	규칙생성 에이전트	
	예측 및 검증기능	- 생성된 규칙을 엔지니어에게 통보하기 전에 시뮬레이션을 통해 안정성 등을 검증한다.	검증 에이전트	
	실행기능	- 생성된 규칙을 공정에 적용하여 안정성 여부를 검토한다.	적용 에이전트	
기타 활동	저장기능	- 에이전트와 엔지니어가 수행되는 활동 이력을 업데이트 한다.	갱신 에이전트	각 활동과 기타 활동에 포함된 에이전트들은 여러 활동을 지원한다.
	데이터 및 이력 관리기능	- 현장 데이터, 활동 이력, 규칙 데이터를 관리한다.		
	레포팅기능	- 발생 조치 등에 대한 이력을 레포팅한다.	통보 에이전트	
	통보기능	- 이상발생, 조치요구 등을 엔지니어에게 통보를 한다.		

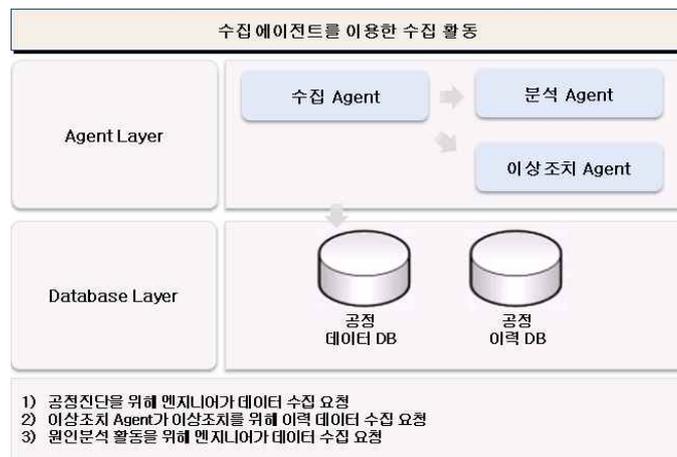
예를 들어, 이상조치 활동을 지원하는 이상조치 에이전트는 이상규칙 데이터를 통해 설정된 조치방법을 직접 통보해주는 것이 아닌 통보 에이전트에게 결과 레포팅과 통보를 요청함으로써 활동을 수행한다. 만약, 이상결함에 대한 조치방법을 모르는 경우에는 수집 에이전트에게 공정이력 데이터에 관한 수집을 요청하고, 이를 분석하여 고질적인 문제인지 아니면 차후의 경과가 요구된다든 지에 대한 예상조치 방법을 설정하여 통보 에이전트를 통해 작업자나 엔지니어에게 통보하게 된다. 또한 갱신 에이전트에게 이상의 데이터 갱신을 요청하여 공정 이력 데이터베이스에 저장시킬 수 있게 한다. 즉, 독립적으로 활동을 수행하는 것이 아닌 각기 다른 에이전트의 상호작용으로 수행된다고 할 수 있다. 표3은 에이전트의 기능을 정의한 것이다.

3.2. 에이전트를 이용한 SPC 활동 프로세스

본 절에서는 3.1절에서 정의된 에이전트들을 활용하여 SPC 활동을 어떻게 수행하고 있는지에 대한 프로세스를 제시하였다.

3.2.1. 수집에이전트를 이용한 수집활동

수집 에이전트는 세 가지 경우에 데이터 수집 요청을 받아 그림3과 같이 활동을 수행한다. 첫 번째는 SPC 시스템이 실행되기 전에 엔지니어로부터 공정을 진단하기 위한 데이터 수집 요청을 받는다. 수집요청을 받은 수집 에이전트는 공정관리 데이터베이스에 접근하여 수집 대상이 되는 데이터를 검색하여 저장하고 분석 에이전트에게 데이터 분석을 요청하게 된다. 두 번째는 이상조치 에이전트로부터 이상 데이터에 대한 공정이력 수집 요청을 받아 데이터를 검색, 수집, 저장하여 통보하게 된다. 세 번째는 원인분석을 수행하기 위해서 엔지니어가 상황에 맞는 데이터를 선택하여 수집 에이전트에게 요청하게 된다. 그 후 수집 에이전트는 요청된 데이터를 수집하여 분석 에이전트에게 분석요청을 하게 된다.



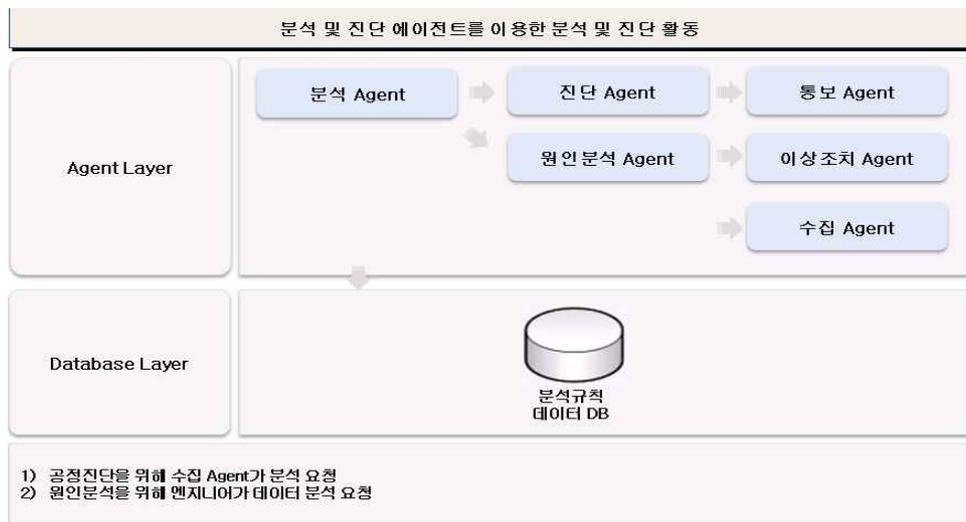
<그림 3> 수집 에이전트를 이용한 수집 활동

3.2.2. 분석 및 진단 에이전트를 이용한 분석 및 진단 활동

분석 에이전트는 두 가지 경우에 데이터 분석요청을 받아 그림 4와 같이 활동을 수행한다. 첫 번째는 공정을 진단하기 위해 수집 에이전트가 저장된 데이터를 분석 에이전트에게 상황에 맞는 분석을 요청하면, 분석 에이전트는 실시간으로 데이터를 분석하여 진단 에이전트에게 공정진단요청을 하게 된다. 그 후 진단 에이전트는 분석된 결과를 파악하여 공정의 이상 유무를 확인하고, 이상결함이 발생되면 이상조치 에이전트에게 상황에 대해서 설명하고 이상조치요청을 하게 된다. 또한 분석된 공정 데이터의 진단을 끝마치면 최종적으로 공정을 진단평가 하여 그 결과를 통보 에이전트를 통해서 작업자나 엔지니어에게 통보하게 된다.

예를 들어 현재 공정에 이상결함이 반복적으로 발생되면 스스로 공정이 불안정하다고 판단하여 수집 샘플링의 개수와 간격을 증가시켰다는 결과를 통보하게 된다. 또한 이와 같은 결과 통보와 동시에 다음 주기의 공정 샘플링 수집 개수와 간격을 수집 에이전트에게 통보하게 된다.

두 번째는 이상조치를 할 수 없는 경우에, 원인분석 활동을 위해서 요구되는 분석 방법을 준수하여 분석을 수행하고 분석된 결과를 원인분석 에이전트에게 원인분석요청을 하게 된다.



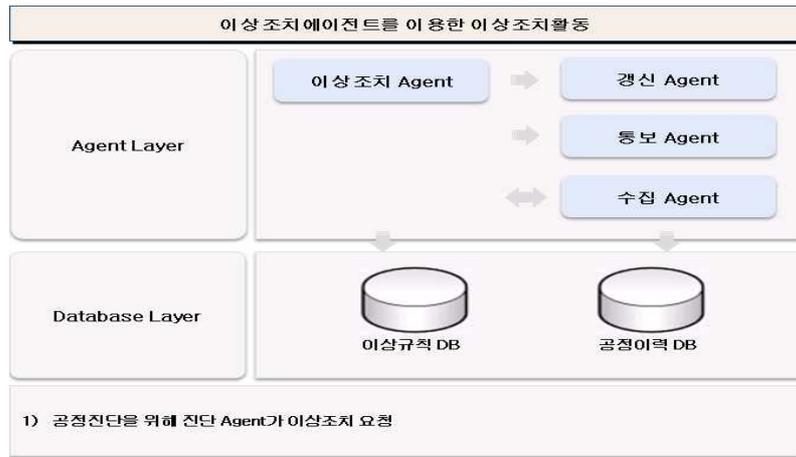
<그림 4> 분석 및 진단 에이전트를 이용한 분석 및 진단활동

3.2.3. 이상조치 에이전트를 이용한 이상조치 활동

이상조치 에이전트는 한 가지 경우에 이상조치요청을 받아 그림 5와 같이 활동을 수행한다. 진단 에이전트가 탐지된 이상결함을 이상조치 에이전트에게 이상조치요청을 하게 되면 이상조치 에이전트는 이상결함에 대한 원인, 결과, 조치방법을 확인하기 위해 이상규칙 데이터베이스에 접근하여 데이터를 검색하게 된다. 이상조치에 대한 데이터가 존재하게 되면 결과 레포팅과 통보요청을 통보 에이전트에게 하게 된다.

만약, 이상규칙 데이터베이스에 데이터가 존재하지 않다면 수집 에이전트에게 이상 데이터에 대한 공정이력 수집 요청을 하게 된다. 그 후 수집 에이전트는 공정이력 데이터베이스에 접근하여 데이터를 수집하고, 이상조치 에이전트에게 수집된 결과를 통보하게 된다. 이상조치 에이전트는 수집된 내역을 확인한 후에 스스로 분석하여 결과 레포팅과 통보요청을 통보 에이전트에게 하게 된다. 즉, 예측 이상조치 방법을 생성하여 작업자나 엔지니어에게 통보한다.

마지막으로 이상조치 에이전트는 갱신 에이전트에게 발생했던 이상 데이터들을 공정이력 데이터베이스에 업데이트요청을 한다. 그 후 갱신 에이전트는 요청받은 데이터를 발생했던 시간과 값을 공정이력 데이터베이스에 저장하게 된다.



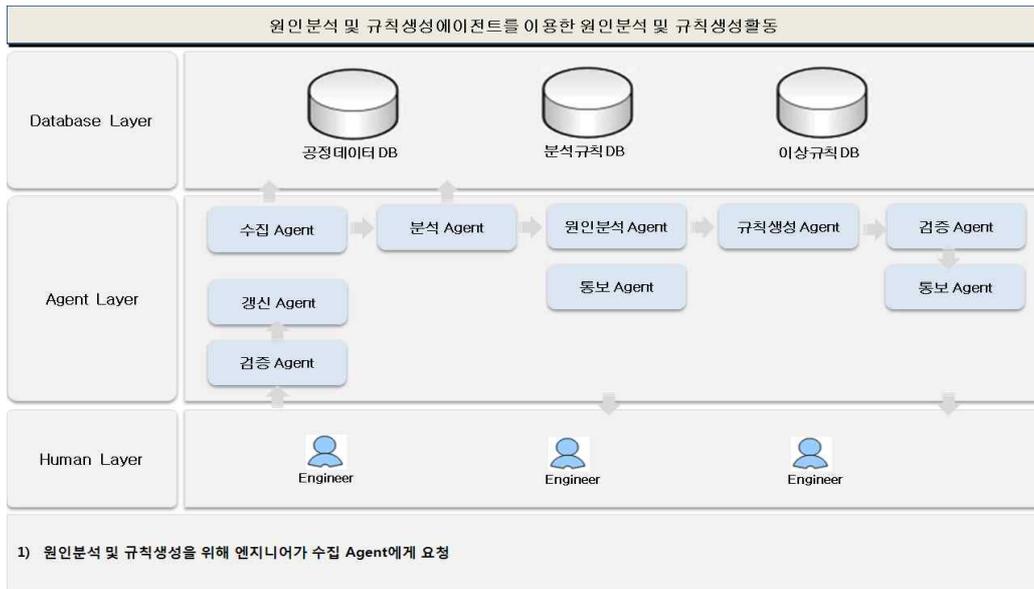
<그림 5> 이상조치 에이전트를 이용한 이상조치 활동

3.2.4. 원인분석 및 규칙생성 에이전트를 이용한 원인분석 및 규칙생성 활동

원인분석 및 규칙생성 에이전트는 한 가지 경우에 원인분석요청을 받아 그림6과 같이 활동을 수행한다. 이상조치 에이전트가 이상에 대한 원인, 결과, 조치방법을 파악할 수 없는 경우에는 수집, 이상조치, 통보 에이전트에 의해 예측 이상조치 방법을 엔지니어에게 통보한다. 결과를 통보받은 엔지니어는 상황에 맞는 데이터와 수집 방법을 선택하여 수집 에이전트에게 데이터 수집요청을 하게 된다. 대상 데이터에 대한 수집요청을 받은 수집 에이전트는 데이터를 검색, 저장한 후에 분석 에이전트에게 분석을 요청한다. 그 후 분석 에이전트는 요청된 데이터 분석 방법에 따라 분석을 수행하고 분석된 결과를 원인분석 에이전트에게 원인분석요청을 하게 된다.

원인분석 에이전트는 분석된 결과를 평가하여 어떠한 공정인자가 영향을 주고 있는지에 대해서 파악한 후에 규칙생성 에이전트에게 규칙생성요청을 한다. 만약, 어떠한 공정 인자가 영향을 주고 있는지에 대해서 파악을 할 수 없다면 분석이 잘못되었다는 결과를 통보 에이전트를 통해서 엔지니어에게 통보하게 된다. 규칙생성 에이전트는 통보받은 결과를 분석하여 영향을 미치는 공정 인자를 어떠한 수준으로 유지해야 하는지에 대한 규칙을 생성하여 검증 에이전트에게 검증요청을 하게 된다. 검증 에이전트는 시뮬레이션을 통해 규칙을 검증하고 원인분석 활동에 대한 결과 레포팅과 통보요청을 통보 에이전트에게 하게 된다.

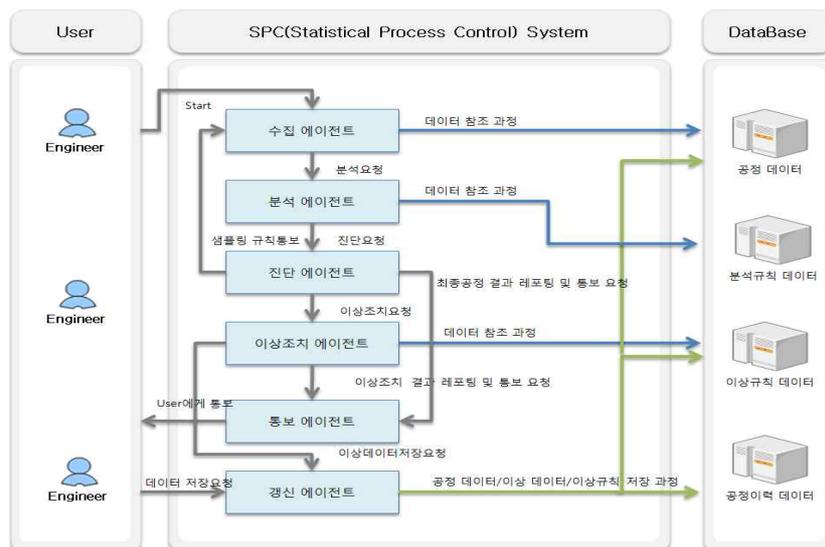
통보 에이전트로부터 결과를 통보받은 엔지니어는 결과를 확인한 후에 결함에 대한 대안 방법을 생성하고, 적용 에이전트에게 대상 공정에 적용하라는 요청을 하게 된다. 적용 에이전트는 차후의 공정 결함에 대해 이상이 없다면 갱신 에이전트에게 데이터베이스에 이상 조치에 대한 데이터 저장요청을 한다. 만약 공정에 이상이 발생하면 적용 에이전트는 통보 에이전트에게 적용 오류에 대한 결과를 작업자나 엔지니어에게 통보할 것을 요청한다. 또한 정기적으로 공정에 이상이 발생하지 않아도 저장된 이력과 데이터를 수집하여 위와 같은 프로세스를 거쳐 정기적으로 규칙 생성 활동을 수행해야한다.



<그림 6> 원인분석 및 규칙생성 에이전트를 이용한 원인분석 및 규칙생성 활동

4. SPC 에이전트를 활용한 시스템 구현

4절에서는 위에서 정의한 에이전트를 활용하여 4단계의 SPC 개발단계를 설정하고 1단계를 구현하였다. 그림7은 SPC 개발 1단계에서 각 에이전트의 상호작용하여 공정관리 활동을 수행해가는 구조를 나타내고 있다.



<그림 7> SPC 시스템의 구조

4.1. SPC 개발단계

SPC 시스템을 구현하여 공정에 적용하기 위해서는 많은 노력과 경비가 소요되며 한 번에 적용하기에는 불안요소가 생길 수도 있다. 예를 들어, SPC 활동에 대한 작업환경이 급격하게 변경될 수도 있어 작업자나 엔지니어의 활동의 혼란을 야기 시킬 수도 있다. 또한 각 시스템에 대한 성능 및 안전성이 검증되지 않은 상태에서 모든 시스템을 적용하기에는 제품비용 및 품질에 대한 위험요소가 클 수 있다. 그 결과 에이전트를 이용한 시스템을 적용하기 위해서는 단계별 개발 및 적용이 필요하다.

표4는 SPC 개발의 필요성이 시급히 요구되는 활동과 활동 난이도, 빈도수를 기준으로 하여 4단계로 분류하였다. 또한 각 단계마다 요구되는 SPC 에이전트들과 필요한 데이터 자료를 설정하였다. 본 연구에서는 1단계를 구현하여 실행되는 모습을 제안한다.

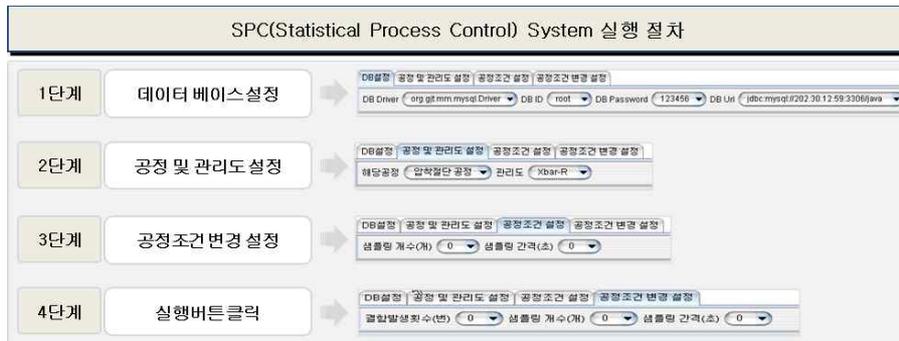
<표 4> SPC 시스템 개발 단계

단 계	내 용	에 이 전 트	자 료	비 고
1 단계	- 실시간으로 데이터를 수집, 분석하고 공정의 결함이 감지되면 원인과 조치방법을 엔지니어에게 통보하는 단계	- 수집, 분석, 진단, 이상 처리, 통보, 갱신 에이전트	- 공정 데이터 - 이상규칙 데이터 - 공정이력 데이터 - 분석규칙 데이터	- 상위 단계는 하위 단계의 활동, 에이전트, 자료를 포함하고 정해진 공정관리 지침을 기준으로 실행된다.
2 단계	- 1단계를 실행하고 공정의 결함에 대한 원인을 알 수 없는 경우에 연관된 데이터를 수집하여 원인 분석하여 엔지니어에게 통보하는 단계	- 수집, 분석, 원인 분석, 통보 에이전트	- 공정 데이터	
3 단계	- 1,2단계를 실행하고 정기적으로 규칙을 생성하기 위하여 축적된 데이터를 수집하여 원인 분석하여 엔지니어에게 통보하는 단계	- 수집, 분석, 원인 분석, 통보 에이전트	- 공정이력 데이터	
4 단계	- 1,2,3단계를 실행하고 원인 분석된 결과의 규칙을 생성한다. 그 후 생성된 규칙을 검증하여 엔지니어에게 통보하고 적용하는 단계	- 규칙생성, 검증, 적용, 통보 에이전트		

4.2 SPC 시스템 구현 및 실행

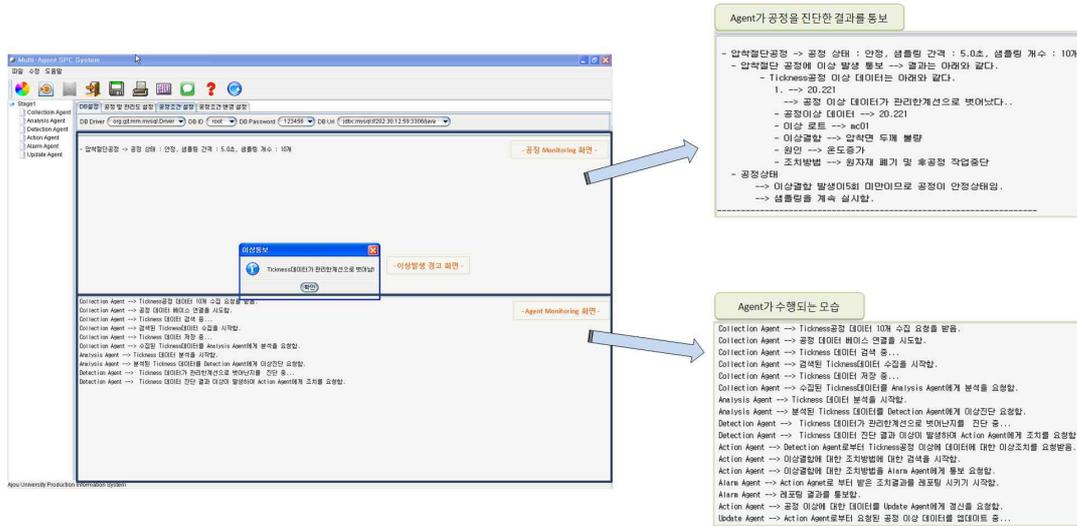
SPC 시스템의 개발도구로는 자바를 이용하였다. 자바는 인터넷의 분산 환경에서 사용되도록 설계된 프로그래밍 언어이다. 자바는 한 대의 컴퓨터나, 네트워크상의 분산 클라이언트/서버 환경에서도 실행되는 응용프로그램을 만드는데 모두 사용될 수 있다. 개발환경은 자바의 통합개발환경으로 많이 사용되고 있는 이클립스와 MySQL 5.1(데이터베이스)를 사용하여 SPC 시스템을 구현하였다.

구현된 SPC 시스템이 실행되기 위해서는 그림8과 같이 4단계의 실행절차를 준수하여 엔지니어가 초기입력 값들을 설정해주어야 한다. 첫 번째로 수집 에이전트가 데이터를 수집하기 위한 데이터베이스 초기설정 작업과 두 번째로는 분석 에이전트가 데이터 분석을 수행하기 위한 해당공정 및 관리도 등의 초기설정 작업을 해야 한다. 본 연구에서는 분석기법 중 일반적으로 많이 활용되고 있는 관리도를 사용하는 것으로 가정하였다. 세 번째로는 수집 에이전트가 샘플링 규칙을 준수하여 데이터를 수집하기 위한 공정 조건 초기설정 작업을 해야 하며, 마지막으로 진단 에이전트가 공정 상태를 진단하여 공정 조건을 스스로 변경하기 위한 공정조건 변경 초기설정 작업을 해야 한다.



<그림 8> SPC 시스템 실행 절차

위에서 제시한 실행절차를 준수하여 SPC 시스템을 실행하면 공정을 실시간으로 감시하게 된다. 그림9는 SPC 시스템을 실행된 결과를 나타내고 있다. SPC 시스템 결과내역에 대한 화면을 보면 현재 공정의 이상결함에 대한 결과를 통보해주는 화면과 현재 에이전트들이 어떠한 상호작용을 통하여 SPC 활동을 수행하고 있는지에 대한 결과화면을 보여주고 있다.



<그림 9> SPC 시스템 실행화면

5. 결 론

본 연구에서는 활동분석을 통하여 SPC 에이전트들의 요구사항을 규명하였으며, 이 SPC 에이전트들을 활용하여 개발단계를 설정한 후, 1단계 SPC 시스템을 구현하여 실행되는 모습을 제시하였다.

서론에서 제시한 기존 SPC의 문제점을 다음과 같이 개선하였다. 작업자와 엔지니어가 SPC를 수행하는데 발생한 지식 및 시간적 부족을 SPC 지능과 지식을 겸비한 에이전트들로 대체하여 활동을 지원하였다. 그 결과 에이전트들이 공정에서의 이상결함을 빠르게 감지하고 대응할 수 있는 객관적인 정보를 신속하게 작업자와 엔지니어에게 제공하여 공정의 결함을 신속하게 파악하고 조치할 수 있게 되었다. 즉, 작업자와 엔지니어가 수행해야할 SPC 활동이 자동화되어 상위 업무에 집중을 할 수 있게 되었다. 또한 활동분석을 통해 도출된 에이전트들은 SPC 활동과 연관된 요구기능이 명확하여 차후의 다른 활동에서도 이 에이전트를 이용하여 활동을 수행할 수 있다.

본 연구에서는 SPC 개발 단계에서 1단계 SPC 시스템을 구현하여 실행되는 모습을 보여 주었다. 추후의 연구에서는 다양한 산업을 대상으로 실제 적용하여 시스템의 안정성을 검증을 해야 한다.

참고문헌

- [1] CC Chiu, YE Shao, TS Lee and KM Lee(2003), "Identification of Process Disturbance Using SPC/EPC and Neural Networks", *Journal of Intelligent Manufacturing*, pp. 379-388.
- [2] CJ Lu, CM Wu, CJ Keng and CC Chiu(2008), "Integrated Application of SPC/EPC/ICA and Neural Networks", *International Journal of Production Research*, Vol. 46, No. 4, pp. 873-893.
- [3] J Antony and T Taner(2003), "A Conceptual Framework for The Effective Implementation of Statistical Process Control", *Business Process Management Journal*, Vol. 9, No.4, pp. 473-489.
- [4] M Wooldridge(2002), *An Introduction to Multi-Agent Systems*, John Wiley & Sons, England.
- [5] N Sahebjamnia, I Mahdavi, N Cho(2008), "Designing a new model of distributed quality control for sub-assemble products based on the intelligent web information system", *Journal of Intelligent Manufacturing*, pp. 1-13.
- [6] O Castillo and P Melin(2008), "Automated Quality Control in Sound Speakers Manufacturing Using a Hybrid Neuro-Fuzzy-Fractal Approach", *Studies in Fuzziness and Soft Computing*, Vol. 223, pp. 171-185.
- [7] R Singh and G Gilbreath(2002), "A Real-Time Information System for Multivariate Statistical Process Control", *International Journal of Production Economics*, Vol. 75, No. 1-2, pp. 161-172.
- [8] S Han and K Oh, "Web based rSPC(realtime Statistical Process Control) System Supporting XML Protocol", *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, Vol. 1, pp. 399-403, 2001.
- [9] S Wang, B Zhang, F Liu and J Huang(2003), "Intelligent-Agent Based Online Quality Control System for Assembling Production Line", *Jixie Gongcheng Xuebao/Chinese Journal of Mechanical Engineering*, Vol. 39, No. 6, pp. 145-150.
- [10] T Kuo and A Mital(1993), "Quality control expert systems: A review of pertinent literature", *Journal of Intelligent Manufacturing*, pp. 245s-257.
- [11] T Yu and G Wang(2008), "Research of On-line Process Quality Control System", *International Conference on Automation and Logistics Qingdao IEEE Conference*, pp. 351-354.
- [12] 박성현, 박영현, 이명주(1997), *통계적 공정관리*, 민영사.
- [13] 배재호, 왕지남(2008), "공정 관리 수준 제고를 위한 현장 대응형 품질관리 시스템 개발", *설비관리학회*, 제13권 제2호, pp. 59-67.
- [14] 안동근(2000), "효과적 SPC 설계 및 운용", 아주대학교 박사학위 연구.