

품질관리 자동화*

— 공정의 이상 패턴 인식을 위한 법칙 —

김성인** · 조남길*** · 한정희**

Automating Quality System

— New Rules for Pattern Identification in Control Charts —

Seong-in Kim · Nam Gil Cho · Jeong Hee Han

〈Abstract〉

Expert system is an effective approach for quality system to be automated and thus to be an essential integrating mechanism in any move towards CIM(Computer Integrated Manufacturing). A quality control expert system is introduced and its relationship to CIM is illustrated in a case study. Process control expert system developed by Kim and Sin [6] has been improved via ODBC(Open DataBase Connectivity) for efficient information network, graph representation using Windows API for rapid response and some new rules for identification of patterns in control charts.

1. 서론

컴퓨터와 정보 공학의 눈부신 발전으로 인하여 요즘의 생산관리 형태는 컴퓨터 통합생산(CIM: Computer Integrated Manufacturing) 시스템이 되는 추세이다. CIM 시스템은 생산부문에서 영업부문까지의 모든 정보를 컴퓨터 네트워크로 연결하여 제품의 설계, 제조 및 생산관리에 관한 데이터베이스를 공유함으로써 수주에서 출하, 고객관리에 이르기까지 종합적으로 물자와 정보의 흐름을 자동화하여 경영의 효율화를 이루기 위한 柔軟생산시스템이다.

CIM에서 품질관리는 피드백(feed-back)과 관리의

기능을 갖는다. 품질에 대한 정보를 적시에 제공하고, 이 정보를 분석하여 설계, 제조 및 공정 관리에, 또한 계획, 영업 등 경영진의 의사결정에 기초를 제공한다. 품질정보의 즉각적인 제공, 공정의 실시간 관리 등 품질관리가 자동화되어 CIM의 일부분으로 통합되어야만 CIM의 진정한 효과를 얻을 수 있다 [1]. 이러한 효과로는 지속적이고 효과적인 품질 향상, 제품 가치 및 고객 만족의 향상, 품질 비용의 감소, 데이터의 수작업 처리 비용 및 과오 비용의 감소, 재고의 감소, 작업자의 수행도 파악 등을 꼽을 수 있다.

그러나 품질관리가 CIM에서 度外視되어온 경향이 있다. 예를 들면 ECRPS(European Community Research

* 이 논문은 G7과제 개발사업인 “자기진단 및 관리, 제어 기술” 중, 고려대학교 인공지능연구실이 위탁받은 과제, “품질관리 기술”의 제2차연도 연구 결과의 일부이다.

** 고려대학교 공과대학 산업공학과

*** LG전자 생활시스템 연구소

Programme Esprit)의 자금 지원을 받은 최초의 CIM 사업은 24개 이상의 항목으로 구성되어 있는데도 품질관리가 빠져 있다 [2]. 이러한 실정은 국내에서 수행되고 있는 대부분의 CIM 사업에서도 마찬가지이다. CIM은 다음과 같은 세가지 이유에서 품질관리를 그 구성 요소로 할 필요가 있다. 첫째, CIM은 품질상의 문제가 무엇인가를 파악할 수 있게 하여주는 신속하고도 정확한 정보를 필요로 한다. 둘째, CIM에서 발생하는 무수한 데이터를 효율적으로 관리할 필요가 있다. 셋째, CIM은 품질 향상에 필요한 정확한 정보를 적시에 제공받을 수 있어야 한다.

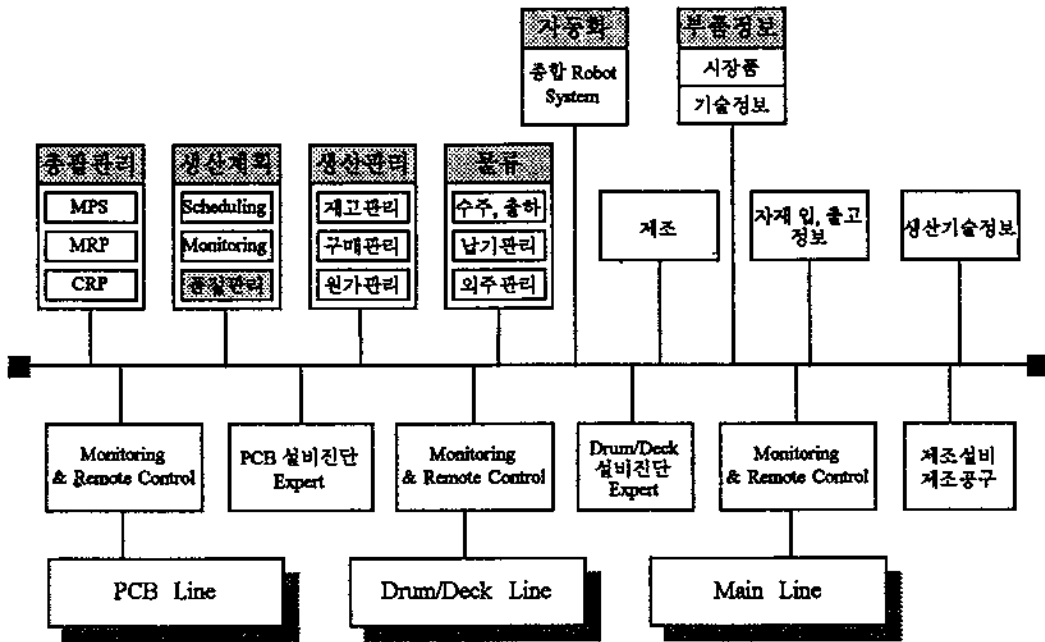
이 논문은 G7과제 개발사업인 “자기진단 및 관리, 제어 기술” 중, 고려대학교 공 인공지능연구실이 위탁 받은 과제, “품질관리 기술”의 제2차연도 연구를 진행하면서 품질관리 자동화가 CIM 사업에서 어떠한 위치를 차지하는 가를 설명하고, 기존의 공정관리 전문가 시스템 [3]을 여러 면에서 개선하며, 관리도의 패턴을 보다 효율적으로 인식하는 새로운 규칙을 개

발하는 연구에 대한 것이다.

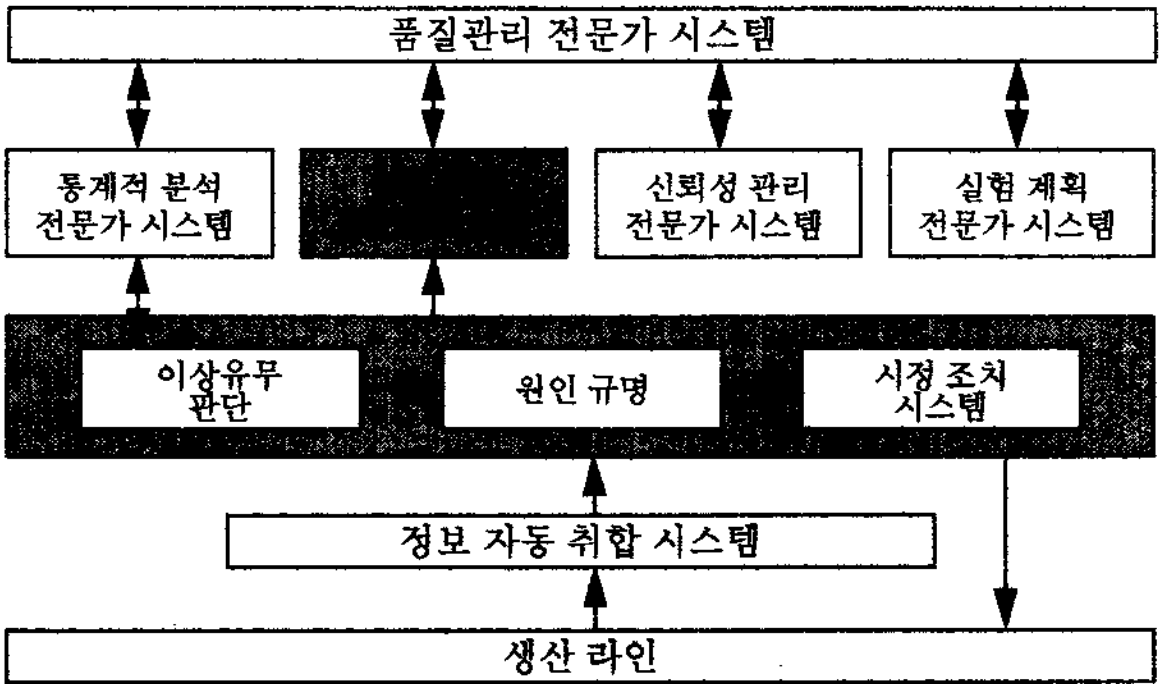
제2절에서는 품질관리 전문가 시스템의 구성 및 이 시스템이 CIM에서 갖는 위치를 설명한다. 제3절에서는 기존의 공정관리 전문가 시스템을 소개하고, 이 과제에서 개선한 내용을 설명한다. 제4절에서는 관리도의 패턴을 인식하는 규칙들을 개발하고, 이 규칙들의 유용성을 평가한다.

2. 품질관리 전문가 시스템과 CIM에서의 위치

CIM에 품질관리가 포함되어야 함은 서론에서 언급하였다. 사례로서 캠코더(camcoder) 공정을 대상으로 하는 G7 과제는 <그림 1>과 같은 구성도를 대외적으로 공표하고 있다. 이 그림에서 거의 모든 부서가 연관되어 있고, 각 부서간의 정보가 네트워크로 연결되어 어디에서나 접근 가능함을 알 수 있다. 그러나 품질관리가 생산계획과 생산관리 안에 포함되어 있어, 품질관리의 역할을 부각시키지 못하고 있다. 품질관리



<그림 1> 품질관리의 CIM-캠코더 공정의 사례.



〈그림 2〉 품질관리 전문가 시스템의 구성.

연구를 위탁받은 기관으로서 이 도표가 보다 더 품질관리의 관점에서 수정될 필요를 느낀다.

CIM의 일부가 되기 위하여 품질관리를 자동화하는 방법의 하나로 전문가 시스템(Expert System)을 고려할 수 있다. 전문가 시스템은 인공지능(artificial intelligence)의 한 분야로서 특정한 작업 영역(domain)에 대한 전문가의 지식을 컴퓨터 프로그램화하여 비전문가의 작업 능력을 전문가의 수준으로 끌어올릴 수 있도록 도와주는 컴퓨터 프로그램이다 [4]. 품질관리 전문가 시스템에 의하여 품질관리에 대한 전문 지식과 경험을 갖춘 컴퓨터가 인간 전문가처럼 자동적으로 품질관리를 수행하게 된다.

고려대학교 산업공학과와 인공지능 연구실에서는 품질관리를 위한 다양한 전문가 시스템을 구축하여 오고 있다. 이들 전문가 시스템에는 통계분석 전문가 시스템, 검사운영 전문가 시스템 [5], [6], 공정관리 전문가 시스템 [3], 실험계획 전문가 시스템 [7], 신뢰성관리 전문가 시스템 [8], 품질비용 전문가 시스템 등이 포함된다. 앞으로 이들은 통합되어 품질관리

전문가 시스템으로 완성될 예정이다.

〈그림 2〉는 품질관리 전문가 시스템을 구성하는 각 전문가 시스템의 상호관계를 G7 개발사업의 금년도 과제인 공정관리 전문가 시스템을 위주로 하여 설명하고 있다. 이 그림에서 각 전문가 시스템들이 유기적인 관계를 가져야 함을 알 수 있다. 검사운영 전문가 시스템, 품질비용 전문가 시스템은 생략되어 있다.

3. 공정관리 전문가 시스템

1) 기존 시스템의 소개

먼저 기존의 공정관리 전문가 시스템 [5]을 소개한다. 이 시스템은 사용자와의 대화를 통하여 현장의 상황을 입력하면 적절한 관리도를 선택하여 준다. 먼저 계수형 관리도와 계량형 관리도 중에서 하나를 선택하며, 다음 계수형인 경우 p 관리도, chi-square 관리도 등 9종의 관리도 중에서, 계량형인 경우 \bar{X} 관리도, cusum 관리도 등 10종의 관리도 중에서 가장 적합한

관리도 하나를 선정하여 준다. 선정은 현장 상황의 항목마다 각 관리도에 주어진 적합도 계수를 사용하여 이루어진다.

이 시스템은 선정된 관리도의 통계적 설계뿐만 아니라 경제적인 설계도 다룬다. 통계적인 설계는 주로 과거의 관리도들이 관계적으로 사용한 $\pm 3\sigma$ 를 관리한계선으로 하는 설계를 말한다. 경제적인 설계는 여러가지 비용요인을 고려하여 관리도 운용상의 총손실을 최소화하는 설계를 말한다. 경제적 설계에서 고려하는 비용요소는 검사비용, 이상요인을 제거하는 비용, 이상상태에서 생산이 이루어졌을 때 발생하는 손실비용(penalty cost), 관리상태인데도 이상요인을 찾는 비용 등이다. 이로부터 샘플 크기, 샘플링의 빈도, 샘플간의 간격, 관리한계선 등이 결정된다.

설계된 관리도가 적용되면 관리도에 나타나는 점들의 위치 또는 패턴(pattern)으로 부터 공정의 異常有無를 판정하고, 이상이 있다고 판정될 경우 그 원인이 무엇인가를 구명, 제시하고, 이에 대한 시정조치를 제안한다. 異常 패턴으로는 다음의 9가지를 고려하고 있다.

- (i) 불안정(instability)
- (ii) 규칙적 변동(systematic variation)
- (iii) 경향(trend)
- (iv) 순환(cycle)
- (v) 혼합(mixture)
- (vi) 돌변(freaks)
- (vii) 상호작용(interaction)
- (viii) 층화(stratification)
- (ix) 수준 급변(sudden shift).

이 전문가 시스템의 지식 베이스는 크게 고유 지식 베이스와 현장 지식 베이스의 두가지로 나뉜다. 고유 지식 베이스는 어느 현장에서나 적용될 수 있는 지식들, 예를 들면 교과서에 나와 있는 공정관리에 두루 적용될 수 있는 이론, 지식들을 말한다. 현장 지식 베이스는 주어진 현장에 적용되는 독특한 지식과 경험, 예를 들면 경향의 패턴이 나타날 때 그 원인이 “도금액 중의 유효 성분의 점진적 감소” 등과 같은 지식을 말한다. 현장마다 그 현장에 적용될 수 있는 특수한

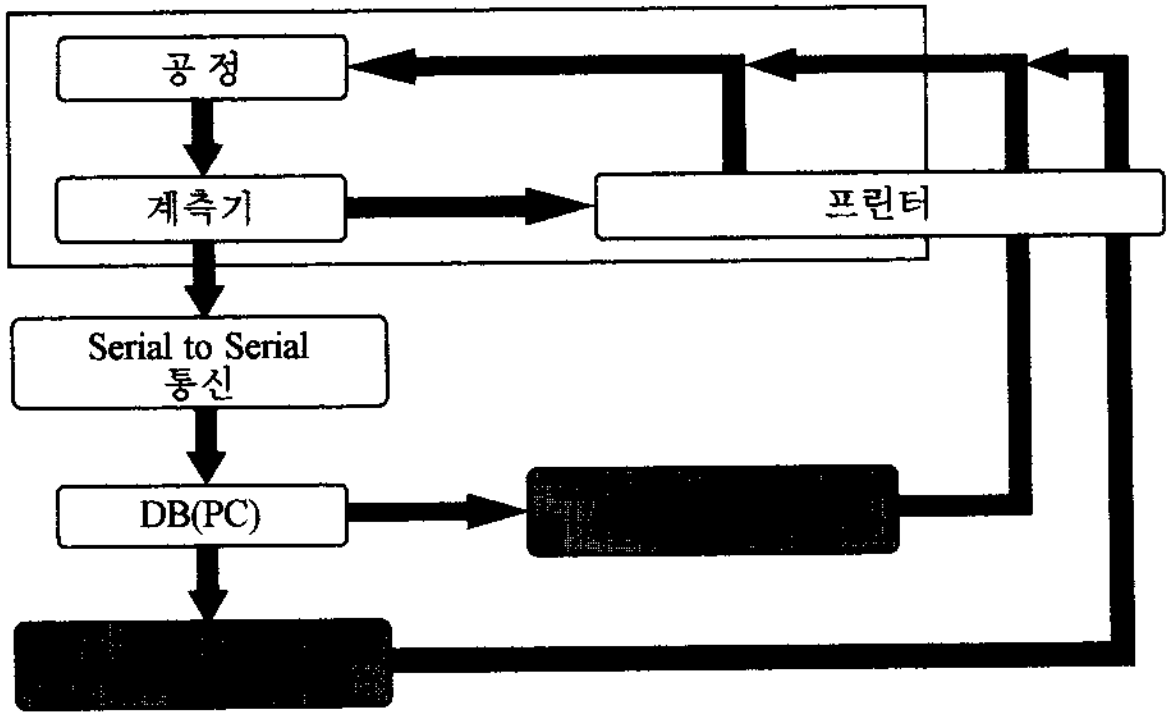
지식 베이스를 모듈로 개발하여 삽입한다.

2) 시스템의 개선

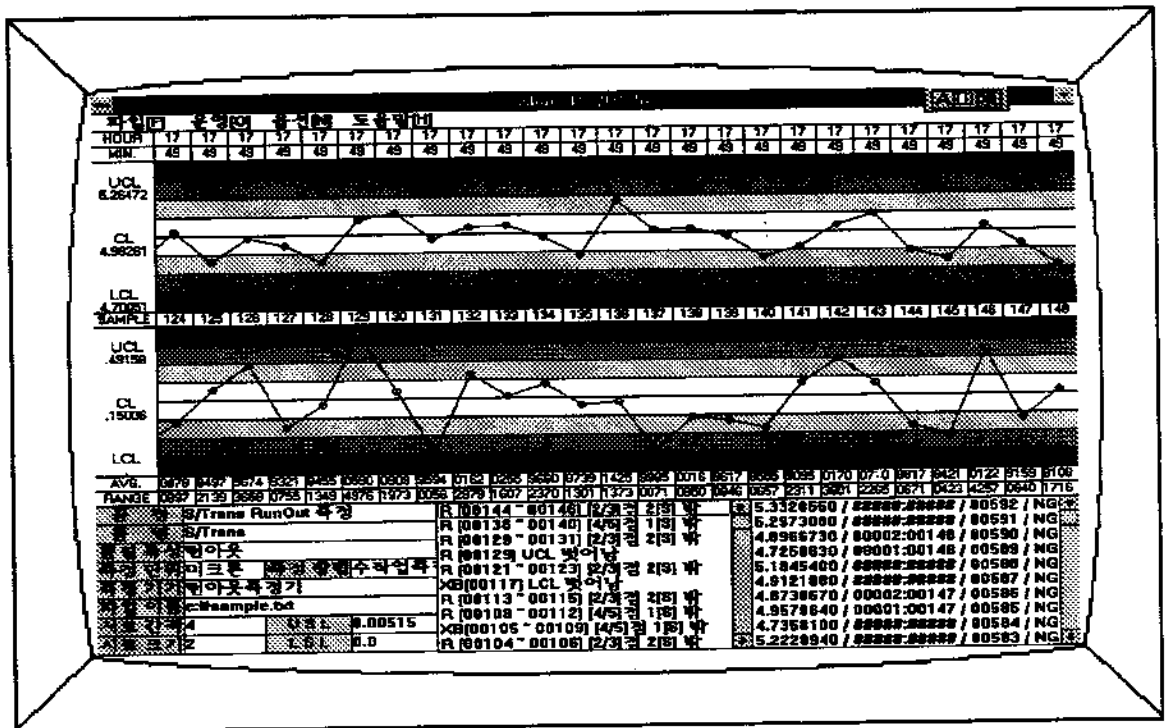
공정관리는 신속한 처리가 필수 조건이어서 공정에 이상이 발생하였을 때 이를 바로 탐지하여 시정조치가 이루어질 수 있어야 한다. 이를 위하여 본 연구에서 개발하는 시스템은 현장의 검사 데이터가 계속기를 통하여 實時間으로 시스템에 입력되면 이를 관리도에 나타내고 해석하여, 공정에 이상이 있다고 판단될 때 즉시 시정조치를 취할 수 있도록 한다. 현재 이 시스템은 직렬 대 직렬(Serial to Serial) 통신을 통하여 계속기로부터 발생하는 데이터를 데이터 베이스로 구축, 이로부터 관리도를 운영한다. <그림 3>은 실시간 공정관리를 위한 시스템의 구성도를 보여준다. 물론 배치(batch) 형태의 공정관리도 가능하다.

기존의 전문가 시스템은 DOS 환경하에서 PROLOG를 사용하여 개발되었다. 현재 이 시스템에서 대부분의 모듈은 효율적이고 편리한 사용자 인터페이스와 메모리 관리 기능을 제공하는 Visual Basic을 사용, 구축되어 있다. 화면 스크롤 루틴은 Windows API를 호출하여 사용함으로써 빠른 수행 속도를 얻는다. 그래프나 각종 도표들은 상업용 그래픽 구동기(driver)가 제공하지 못하는 기능을 극복하기 위하여 직접 디자인한다. 한편 데이터 베이스 구축은 본 시스템의 외부 모듈과의 자료 교환을 고려하여 ODBC(Open Database Connectivity) 구조의 MS Access engine을 사용, Visual Basic 루틴에 통합시켜 완성한다.

사용자의 이해를 돕기 위해 관리도의 종류와 모수의 결정과정, 관리도 운용에서 관리도의 작성, 관리도 해석의 진행 과정을 <그림 4>에서와 같이 그래픽을 이용하여 보여준다. 이상 패턴은 색상의 변화와 음향 효과를 주어 공정의 문제를 보다 쉽게 확인할 수 있게 한다. 또한 스크롤 기능을 추가하여 과거의 데이터 및 이에 따른 관리도의 분석 내용을 확인할 수 있고, 현재의 공정상태뿐만 아니라 이전의 공정상태를 함께 점검할 수 있다.



(그림 3) 공정관리 전문가 시스템의 구성도.



(그림 4) 관리도 운영의 그래픽 제시.

4. 이상 패턴의 인식 방법

관리도에서 이상 패턴을 인식하기 위하여 많은 연구가 수행되어 왔다. 이 방법들은 크게 규칙에 의한 인식과 신경망(Neural Network)에 의한 인식의 두가지로 나눌 수 있다. 과거의 연구는 대부분 규칙을 이용한 인식 방법으로서, 대표적인 것으로는 Western Electric Company의 규칙 [9]과 Nelson의 규칙 [10]이 있다. 기존 전문가 시스템 [3]에서 사용한 규칙은 다음과 같다.

- (i) 불안정: 연속되는 3점중 2점이 중심선 한쪽 2σ 밖에 나가는 경우, 연속되는 5점중 4점이 중심선 한쪽 1σ 밖에 나가는 경우, 연속되는 8점이 중심선 한쪽에 나타나는 경우
- (ii) 규칙적 변동: 연속되는 8점이 번갈아 위, 아래로 반복하는 경우
- (iii) 경향: 연속되는 7점이 연속 증가 또는 감소하는 경우
- (iv) 순환: 규칙 없음
- (v) 혼합: 연속되는 8점이 $\pm 0.7\sigma$ 밖에 나가는 경우
- (vi) 돌변: 한 점이 $\pm 3\sigma$ 밖에 나가는 경우
- (vii) 상호작용: 규칙 없음
- (viii) 총화: 연속되는 8점이 $\pm 0.7\sigma$ 안에 나타나는 경우
- (ix) 수준 급변: 불안정과 같음.

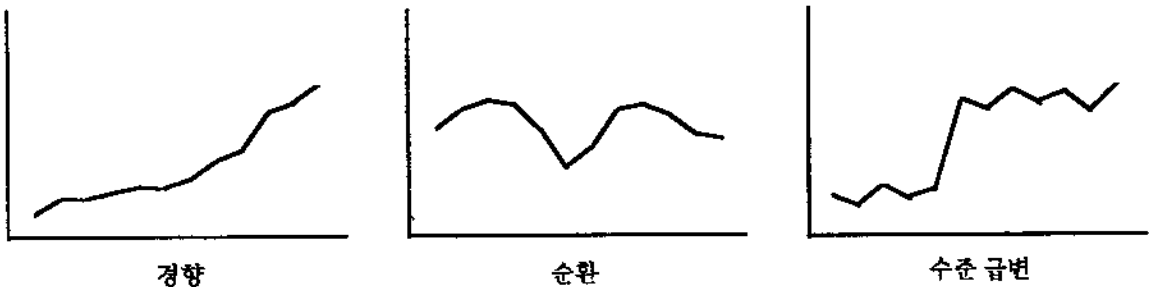
최근에는 신경망에 의한 관리도의 패턴 인식에 대

한 연구가 Hwang and Hubele [11], [12]에 의하여 발표되었다. 이들은 패턴 인식에서 가장 많이 사용되는 역전파(back-propagation) 방법을 사용하였고, 각 패턴을 패턴 생성기에 의하여 발생시켜, 수렴 속도가 빠른 모멘트 방법에 의하여 학습시켰다. 관리도의 구역을 m 개로 나누고 관측치 하나를 m 개의 비트를 사용하여 표시한다. 즉, 각 관측치는 하나의 1을 갖고 나머지는 0인 m 개의 노드 문자열로 표시한다. 문자열 내에서의 1의 위치는 그 관측치가 놓여 있는 구역에 해당된다. 이들은 실험 결과 은닉층의 노드 수는 30, 관리도의 구역 수는 7이 가장 적합하다는 결론을 얻었다.

순환에 대해서 규칙은 이를 인식하지 못하고, 신경망에 의한 인식은 단지 일부의 週期를 가진 순환만을 인식한다. 경향의 경우, 규칙에 의한 인식은 연속된 점들의 린만을 인식하고, 신경망에 의한 인식은 기울기가 큰 경우에는 인식율이 떨어진다. 수준 급변의 경우, 분명한 규칙을 설정할 수 없고 다른 패턴들을 인식하는 규칙을 적당히 사용하고 있다. 따라서 이 절에서는 <그림 5>의 경향, 순환 및 수준 급변의 세가지 패턴에 대하여 기존의 규칙을 개선하고 신경망과 비교하여 어느 방법이 인식 기능에서 우월한가를 평가한다.

이 방법들은 모의실험에 의하여 평가된다. 먼저 해당 패턴 1000개가 생성된다. 패턴 $x(t)$ 는 다음과 같이 공정평균 μ 와 정상적 雜音(noise) $\gamma(t)$ 와 異常的 요인 $d(t)$ 로 이루어진다.

$$x(t) = \mu + \gamma(t) + d(t).$$



<그림 5> 규칙 개선의 대상인 세가지 패턴.

여기에서 t 는 시점을 나타내고, $y(t)$ 는 평균 0, 분산 σ^2 인 정규분포를 따른다. σ 는 공정이 관리상태일 때의 공정의 표준편차이고, 따라서 τ 는 잡음의 정도를 나타낸다.

각 방법이 주어진 패턴을 제대로 식별한 횟수의 비율을 ROT (Rate of Target)로, 다른 패턴으로 인식한 비율을 $RONT$ (Rate of Non-Target)로 표시한다. 또 얼마나 빨리 주어진 해당 패턴을 식별했는가를 $ATPRL$ (Average Target Pattern Run Length)로 표시한다. $ARLIDX$ (Average Run Length InDeX)는 $ATPRL$ 을 ROT 로 나눈 값이다. 반복적 패턴의 경우 ROT 와 $ARLIDX$ 의 두가지 指數로, 비반복적 패턴의 경우 ROT 와 $RONT$ 의 두가지 지수로 규칙과 신경망의 우열을 가린다.

1) 경향

기존의 규칙은 7점이 연속 증가 또는 감소할 때 경향이라고 인식한다. 그러나 이 규칙은 중간에 한 점만이 이에서 벗어나도 경향이 아니라고 판정한다. 신경망은 기울기가 큰 경우에는 인식이 떨어지고 있다. 학습 패턴들의 집합에서 기울기가 큰 경향의 비율이 작기 때문이고, 이 비율을 크게 하면 또한 학습 시간 등의 면에서 어려움이 있다.

제안하는 규칙은 먼저 관리도의 구역을 $+2\sigma$ 이상의 구역, -2σ 이하의 구역, 나머지 구역을 꼭 0.8σ 로 나눈다. 따라서 모두 7개의 구역이 생기고 위로부터 아래로 차례대로 1에서 7까지의 구역값을 준다.

규칙. 연속 8점의 구역값이 감소(증가)하지 않으면 이를 상향(하향) 경향이라고 판정한다. 단, 구역값이 같은 개수는 5를 넘지 않는다.

경향 패턴은

$$d(t) = (t-t_0) \alpha \sigma$$

로 생성된다. 여기에서 t_0 는 참조시점을, α 는 경향의 기울기를 나타낸다. 표 1은 모수를 변화시켜 가면서 두 방법을 비교한 결과이다. 이 표를 보면 기울기가 큰 경우에는 규칙이, 기울기가 작은 경우에는 신경망이 우월함을 알 수 있다.

〈표 1〉 상승 경향에서의 수행도 평가

모수	ROT			ATLIDX	
	기울기 α	잡음	규칙	신경망	신경망
0.15	0.1	0.98	1.00	9.30	9.01
	0.3	0.66	0.85	17.03	11.49
	0.5	0.44	0.56	35.26	18.81
0.25	0.1	1.00	1.00	8.05	8.01
	0.3	0.76	0.93	12.41	8.76
	0.5	0.51	0.54	23.11	15.92
0.35	0.1	1.00	0.69	8.00	11.59
	0.3	0.82	0.43	10.23	18.66
	0.5	0.45	0.32	22.22	25.20

2) 순환

순환에 대한 기존의 규칙은 설정되어 있지 않다. 신경망은 학습 패턴의 제한 때문에 일부의 주기에 대해서만 순환을 인식할 수 있다.

주기가 3에서 8까지의 일반적인 순환을 인식하기 위하여 제안하는 규칙은 먼저 관리도의 구역을 다음과 같이 3개의 구역으로 나눈다.

- (i) 구역1: $+ 0.7\sigma$ 이상
- (ii) 구역2: $\pm 0.7\sigma$ 이내
- (iii) 구역3: $- 0.7\sigma$ 이하.

다음 주기에 따라 구역값의 변화를 다음과 같은 순열(chain) 순열로 확정시킨다.

- (i) 주기3: 231
- (ii) 주기4: 2321
- (iii) 주기5: 23311
- (iv) 주기6: 233211
- (v) 주기7: 2332211
- (vi) 주기8: 23332111.

규칙. 구역값의 변화가 위와 같을 때, 해당 주기를 갖는 순환이라고 판정한다.

순환 패턴은

$$d(t) = \sin[2\pi (t-t_0) / \phi] h \sigma$$

로 생성된다. 여기에서 k 는 진폭의 크기를, ϕ 는 주기를 나타낸다. <표 2>는 주기가 8인 순환에서 모수를 변화시켜 가면서 두 방법을 비교한 결과이다. 이 표를 보면 진폭이 큰 경우에는 규칙이, 진폭이 작은 경우에는 신경망이 우월함을 알 수 있다.

<표 2> 주기 8인 순환에서의 수행도 평가

모수		ROT		ARLIDX	
진폭 k	잡음	규칙	신경망	규칙	신경망
1.5	0.1	0.99	1.00	8.06	8.00
	0.3	0.99	0.98	13.49	9.91
	0.5	0.86	0.95	22.53	16.57
2.0	0.1	1.00	1.00	8.00	8.04
	0.3	1.00	0.87	8.35	9.93
	0.5	0.97	0.65	10.83	16.19
2.5	0.1	1.00	1.00	8.00	8.00
	0.3	1.00	0.67	8.06	12.03
	0.5	0.96	0.36	9.42	26.86

3) 수준 급변

수준 급변에 대한 기존의 규칙은 설정되어 있지 않다. 다만 불안정을 인식하는 규칙들을 혼용한다. 신경망은 수준 급변을 인식하는데 있어서 수행도가 떨어진다. 제안하는 규칙은 점의 위치와 두 수준 차이의 크기를 동시에 고려한다.

규칙. 연속되는 8점 중 앞의 4점보다 뒤의 4점이 모두 높거나 낮을 때 수준 급변이라고 판정한다.

수준 급변 패턴은

$$d(t) = (-1)^s u\sigma$$

로 생성된다. 여기에서 s 는 변화가 발생한 시점을, u 는 공정변화의 쪽을 나타낸다. <표 3>은 수준 급변에서 모수를 변화시켜 가면서 두 방법을 비교한 결과이다. 이 표를 보면 일반적으로 규칙이 우월함을 알 수 있다. 여기에서 규칙의 경우 ROT와 RONT의 합이 1을 넘는 것은 어느 한 패턴으로 인식하지 않고 두가지 이상의 패턴으로 인식하는 경우가 있기 때문이다. 신경망의 경우, RONT가 작으나 ROT와 RONT의 합

이 1에 훨씬 못미쳐 정상 패턴으로 인식하는 경우가 많음을 보여준다.

<표 3> 수준 급변(상승)에서의 수행도 평가

변화폭 u	모수	ROT		RONT	
	잡음	규칙	신경망	규칙	신경망
1.5	0.3	0.837	0.466	0.299	0.005
	0.5	0.417	0.211	0.070	0.020
	0.7	0.176	0.119	0.033	0.024
2.0	0.3	0.997	0.771	0.175	0.001
	0.5	0.757	0.430	0.072	0.012
	0.7	0.340	0.260	0.038	0.026
2.5	0.3	0.991	0.921	0.482	0.000
	0.5	0.828	0.610	0.156	0.010
	0.7	0.488	0.390	0.097	0.015

4. 결론

어떠한 CIM 사업이든 품질관리를 중요한 구성 요소로 포함하여야 한다. 품질에 대한 정보는 제품의 설계, 생산, 판매의 모든 단계에서 필요하고, 서로 유기적으로 연관되어 있으며, 경영진의 의사결정에 가장 중요한 기본 요인이기 때문이다.

품질관리 전문가 시스템을 구성하는 각각의 전문가 시스템들은 개선할 여지가 많고, 개선에는 많은 노력과 비용이 투입되어야 한다. 이러한 면에서 본 연구가 G7 과제로서 선정되어 공정관리 전문가 시스템의 개선에 많은 지원을 받게 되었다.

관리도의 이상 패턴을 찾는 규칙이 설정되면 이에 따라 컴퓨터가 판정한다. 따라서 수작업으로 판정하지 않는 이상, 규칙이 매우 복잡해도 아무런 어려움이 없다. 본 연구의 결과로부터 모든 조건에서 우월한 규칙을 설정하는 과제가 어렵지는 않을 것이다.

[참고문헌]

[1] Ranky, P.G. "Real time quality control loops in CIM environment," *Proceedings of 8th International Conference on Automated Inspection and*

product Control, IFS Publication, 1987, pp. 45-62.

[2] Yeomans, R.W., "Design rules and development guidelines for CIM projects," *Proceedings of 4th European Conference on Automated Manufacturing*, IFS Publication, 1987, pp. 395-412.

[3] 김성인, 신용석, "통계적 공정관리를 위한 전문가 시스템," *산업공학*, 제6권, 제1호, 1993, pp. 19-30.

[4] Waterman, D.A., *A Guide to Expert Systems*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts, 1986.

[5] 김성인, 이춘섭, 양재열, 왕한철, "합리적인 검사 운영을 위한 전문가 시스템," *대한산업공학회지*, 제17권, 제1호, 1991, 17-27.

[6] Kim, Seong-in, Lee, C.S., Yang, J.R. and Wang, H.C., "An expert system approach to administer acceptance Control," *Industrial Engineering*, June 1993, pp. 57-59.

[7] 김성인, 장홍석, "신뢰성관리 전문가 시스템," *품질경영학회지*, 제22권, 제3호, 1994, pp. 152-160.

[8] 김성인, 문순환, "실험계획 전문가 시스템," *산업공학*, 제7권, 제2호, 1994, pp. 99-105.

[9] Thomas, D.W., Barret, C.S., Blankenstien, E.E., Champman, A.T., Cole, C.C., Drummond, F.H., Lesage, C.W., Ordecki, A.S., Schin, R., Smali, B.B., and Stonehill, F., *Statistical Quality Control Handbook*, Western Electric Company, 1970.

[10] Nelson, L.S., "The Shewhart control chart-tests for special causes," *Journal of Quality Technology*, Vol. 16, No. 4, 1984, pp. 237-239.

[11] Hwang, H.B., and Hubele, N.F., " \bar{X} control chart pattern identification through efficient off-line

neural network training," *IIE Transactions*, Vol. 25, No. 3, 1993, pp. 27-40.

[12] Hwang, H.B., and Hubele, N.F., "Back-propagation pattern recognizers for \bar{X} control charts: Methodology and performance," *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 24, No. 2, 1993, pp. 219-235.



김성인(金成寅)

고려대학교 산업공학과 교수로 17년째 재직중. 전자계산소 소장을 겸임하여 정보화시대의 대학종합정보시스템 구축에 주력하고 있다. 관심 분야는 품질관리 자동화, 이동설비의 최적 경로 등 다양. 1970년 서울대학교 경제학과 졸업(학사), 1973년 서울대학교 응용수학과 졸업(학사), 1979년 학국과학원 산업공학과 졸업(석사, 박사), 1988년 학회 부회장 역임.



조남길(趙南吉)

1968년 생. LG전자 생활시스템 연구소 사원. 현재의 관심사는 품질관리와 연구개발 관리. 1992년, 경기대학교 산업공학과 졸업(학사), 1994년, 고려대학교 산업공학과 석사과정 졸업(석사).



한정희(韓正熙)

1970년 생. 고려대학교 산업공학과 석사과정. 이동통신의 채널할당 방식의 개선에 관심을 갖고 있다. 1994년 위의 학과 졸업(학사).