

종합적 품질경영을 위한 웹 기반 분산형 전문가시스템의 설계 및 구축

김성인·조정용[†]

고려대학교 산업시스템정보공학과

Design and Implementation of a Web-based Expert System for the Total Quality Management

Seong-in, Kim·Jung-yong, Cho[†]

Dept. of Industrial Systems and Information Engineering, Korea University

Key Words: TQM(Total Quality Management), Web-based System, DES(Distributed Expert Systems), Blackboard System

Abstract

In these days of world-wide business environment, the characteristics of quality management are variety, specialty, decentralization, totality, etc. Thus nowadays quality management is demanded to incorporate these new concepts. We propose a web-based distributed expert system for this purpose. The system consists of four expert systems for design of experiment, acceptance inspection, statistical process control and reliability management corresponding to design quality, incoming-material quality, manufacturing quality and usability quality, respectively, throughout the total product life cycle. Each distributed expert system at the horizontal level in the hierarchy carries out its own quality jobs independently. At the lower level in the hierarchy there is an expert system for measurement analysis to provide reliable data, and at the upper level, an expert system for total quality management to coordinate, integrate and make final decisions. A prototype has been developed and its application is presented.

1. 서론

오늘날의 국제적 무한 경쟁에서 기업이 고도의 경쟁력을 갖추기 위해서는 무엇보다

효율적인 품질경영이 필수적이다. 품질경영은 품질에 영향을 미치는 광범위하고 다양한 여러 분야의 지식을 필요로 하는 전문적인 영역이며 이와 관련된 모든 업무의 종합적인 활동이다. 이러한 품질경영에 종래와

[†] 교신저자 spectrum@korea.ac.kr

는 다른 다음과 같은 새로운 개념과 특징이 필요하게 되었다.

첫째, 품질업무는 여러 영역에서 다양하게 수행된다. 제품의 개발/설계, 구매, 생산, 판매, 사용/AS 등 제품의 수명주기 전반에 걸친 설계품질, 조달품질, 제조품질, 사용품질의 영역에서 실험계획, 검사운영, 통계적 공정관리, 신뢰성관리, 측정분석 등의 업무가 수행된다.

둘째, 품질업무는 공간적으로 분산되어 수행된다. 오늘날의 기업 환경은 전 세계적이다. 많은 기업이 글로벌 마케팅이라는 기업 전략의 일환으로 경영 체제를 전 세계적으로 분산시켜 각 지역에서 가지는 핵심적인 장점과 역량을 활용하고 있다. 예를 들면, 기획과 설계는 본사가 위치하는 한국에서 수행하고, 원자재는 태국에서 구입하며, 부품은 인건비가 저렴한 중국에서 조립하고, 정밀도 조정과 같은 고도의 기술을 요하는 작업은 미국의 기술연구소에서 담당하고, 최종적으로 완제품은 유럽 및 미국 시장에 배포되어 판매된다.

셋째, 품질업무는 전문적으로 분산되어 수행된다. 이에 대한 지식들은 학문적 이론이나 현장의 적용에서 고도의 전문성을 갖고 있다. 품질업무는 그 기법과 내용적인 면에서 더욱 복잡해지고 세분화되어가고 있으며 이에 적합한 전문적 이론, 지식, 기술, 경험을 요구한다. 이들 지식은 (1) 사용가능한 기법들에 관한 지식, (2) 품질을 개선하는 방법과 절차들에 대한 지식, (3) 환경에 적절한 기법들의 선택과 적용에 관련된 지식, (4) 품질의 문제를 규정해 주는 지식 등을 포함한다(Deslandres and Pierreval, 1997).

넷째, 품질업무 간에 종합적 관리체제가

필요하다. 기업 조직 전체에서 위와 같이 다양하고, 분산되어 있고, 전문적인 업무들을 수행하는 데에는 지식을 체계적으로 공유하여 관리하는 종합적인 체제가 필요하다. 기업 내 어느 한 부서의 최적화가 아닌 기업 전체의 최적화가 달성되어야 한다.

다섯째, 전 부서간에 원활한 의사소통 체제가 필요하다. 각각 분산되어 동시다발적으로 수행되는 업무들 사이에 서로 피드백(Feedback) 기능을 가지면서 서로간의 요구 변화나 환경 변화에 대응하여 동적으로 융통성 있게 대처할 수 있는 원활한 의사소통이 필요하다.

이 논문은 이와 같은 오늘날의 종합적 품질경영에 필요한 개념과 특징을 갖추기 위하여 다음과 같은 시스템을 개발한다. (1) 제품의 수명주기 전반에 걸쳐서 설계품질, 조달품질, 제조품질, 사용품질의 4개 영역을 모두 다룬다. (2) 각 영역에서 필요한 품질업무인 실험계획, 검사운영, 통계적 공정관리, 신뢰성관리, 측정분석의 전문 지식을 전문가시스템화한다. (3) 이들 업무들은 각각 분산된 세부 전문가시스템으로 구축하여 전문분야별로 각각의 업무를 담당하는 분산형 시스템을 구축한다. (4) 이들 세부 시스템간의 유기적 관계를 정립한다. (5) 종합경영 시스템을 도입하여 체계적, 종합적 의사결정에 의하여 종합적 품질을 달성한다. (6) 웹 기반으로 구축하여 공간적으로 분산 처리하며, 의사소통을 원활히 한다.

전문가시스템(Expert Systems)은 인공지능(AI: Artificial Intelligence)의 여러 분야 중에서 가장 괄목할 만한 성과를 낳고 있는 분야이다(Giarratano and Riley, 1998). 품질경영에 전문가시스템 방법론을 도입함으로써, 직접적으로는 현장에서 품질에 대한 전

문가가 부족한 현실을 극복할 수 있고, 궁극적으로는 최고 품질을 효율적으로 달성할 수 있을 것이다. 실험계획과 관련된 전문가 시스템으로는 품질검사 평가를 위한 시스템(Lee, Phadke & Keny, 1989), 실험방법 선정 및 분석을 위한 시스템(김성인, 문순환, 1994) 등이 개발되어 있다. 검사운영과 관련된 전문가시스템으로는 비전(Vision) 인식을 통한 자동 검사운영 시스템(Ntuen, Park & Kim, 1989), 검사방식 선정 및 합리적 운영을 위한 시스템(Kim et al, 1993), 퍼지(Fuzzy) 기법을 이용한 검사작업자의 수행도를 평가하는 시스템(Jose and Francisco, 2002) 등을 찾아볼 수 있다. 공정관리와 관련된 전문가시스템으로는 적합한 관리도 선택을 위한 시스템(Alexander and Jagannathan, 1990; Dagli, 1990; 김성인, 신용석, 1991), 공정의 자동적 이상진단 및 조치를 위한 지능 시스템(Pham and Oztemel, 1992; Guh, Tannock & O'Brien, 1999) 등이 있다. 신뢰성관리를 위한 전문가시스템으로는 샘플링 검사방식을 선정하는 시스템(김성인, 장홍석, 1994), 품질의 신뢰성 설계를 위한 시스템(Liu and Yang, 1999) 등이 있다.

기존의 많은 전문가시스템들은 단일 시스템(Stand-alone) 방식의 중앙집중식 시스템(Centralized System)으로 개발되어왔다. 최근에는 시스템의 요구사항이 점점 다양하고, 복잡하며 전문화됨에 따라 기존의 시스템은 유연성, 효율성 등의 면에서 기능과 능력의 한계를 보여주게 되었다. 이에 따라 네트워크로 연결된 여러 독립적인 시스템에 분산하여 처리하는 분산형 시스템(Distributed Systems)의 개발이 연구되고 있다. 분산형 시스템에 대한 논의는 이미 1980년대 초부터 시작되었

다(Rodd, 1983; Kleinrock, 1985). 여기에는 분산형 시스템이 가지는 광범위한 지식의 활용, 시스템 구조의 통합, 성능 확장 및 구성 변경의 용이성 그리고 프로세스의 유연성 및 효율성 등에 관한 내용들이 주요 연구 내용이 된다.

제품과 관련하여 개발된 분산형 전문가시스템(DES: Distributed Expert Systems)은 제품설계, 생산계획, 공정감시 및 진단, 공정관리 등의 분야와 관련되어 있다. Kary & Leif(1993)는 석유화학 제품의 특성에 따라 휴리스틱 추론방법(Heuristic Reasoning)과 시뮬레이션(Simulation) 기법을 선택적으로 적용하여 각각 독립적으로 생산계획을 수립하는 분산형 전문가시스템을 구축하였다. Wu, Nakano & She(1998)는 3단계의 아연 제련 공정(용해, 정액, 전해)에서 각각 실시간 제어 기능을 수행하는 분산형 전문가시스템을 구축하였다. Bonastre, Ors & Peris(2000)는 맥아 발효 공정을 실시간으로 감시하고, 종합적으로 진단하며, 상황에 맞추어 적시에 원료를 주입하는 분산형 전문가시스템을 구축하고, 기존의 중앙집중식 시스템과 비교하여 그 우수성을 입증하였다. 이후 이들은 화학 산업의 복잡한 물성 분석 및 제어 업무에 분산형 전문가시스템의 효율성을 주장하였다(Bonastre, Ors & Peris, 2001).

이러한 분산형 전문가시스템은 품질경영과 관련하여 다음과 같은 장점을 가진다. (1) 공간적으로 또한 전문분야별로 분할된 지역과 분야에서 전문가시스템의 지능적이고 전문적인 기능은 최고 전문가 수준의 업무수행 능력을 갖출 수 있게 한다. (2) 기존의 중앙집중식 시스템이 가지는 데이터 이동간의 예러, 데이터 오염, 일관성 부재 등

의 신뢰성 문제를 극복할 수 있다. (3) 담당자들이 분산된 현장에서 직접적으로 데이터, 정보, 지식들을 시스템을 통해 축적하고 관리할 수 있다. (4) 업무를 분담하는 여러 독립적인 시스템들이 동시병행으로 업무를 수행함으로써 전체 시스템의 처리용량과 효율이 극대화되고 연결된 네트워크를 통하여 원거리에서 지식을 분배하고 공유하여 협업적이고 종합적인 업무를 수행할 수 있다.

그러나 이러한 분산형 시스템의 전문성과 효율성을 지나치게 강조하는 시스템은 자칫 업무간에 일관성이 결여되고, 부분 최적화에 빠지는 단점이 있다. 이를 극복하기 위하여 본 논문에서는 분산형 시스템을 통괄하며, 조정하는 종합경영 전문가시스템을 상위에 설치한다. 제2장에서는 전체 시스템의 구조를 설계한다. 분산형 구조하에서 세부 시스템들이 맡는 기능, 유기적 관계, 이들을 통괄하는 시스템이 설명된다. 아울러 이들 시스템들간의 상호 관계를 정립하고 이를 정형화한다. 또한 웹 기반으로서의 시스템 구축이 설계된다. 제3장에서는 이 시스템의 구축 방법을 모색하고, 간단한 적용 사례를 제시한다.

2. 시스템 설계

2.1 시스템의 구조

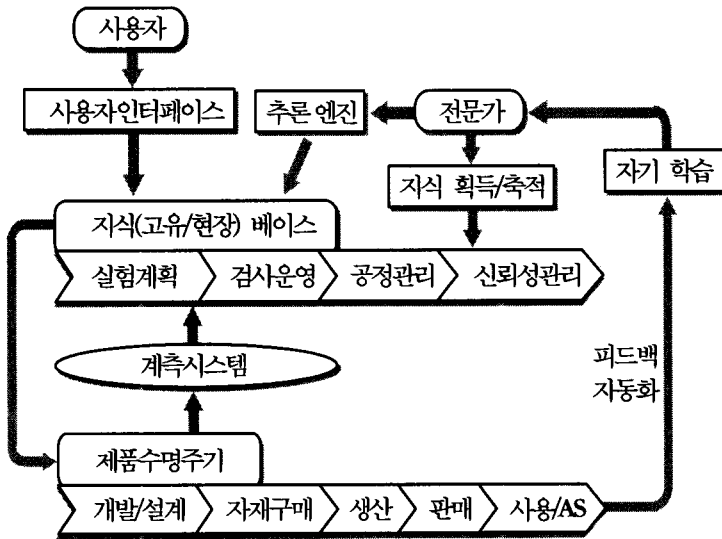
범위 및 분산 구조. 품질경영은 제품의 개발/설계, 구매, 생산, 판매, 사용/AS 등에 이르는 제품의 수명주기 전반(Total Product Life Cycle)에 걸쳐 최고의 품질을 달성하려는 종합적 활동이다. 각 단계에서의 품질을 각각 설계품질, 조달품질, 제조품

질, 사용품질의 4개 영역으로 나눌 수 있다. 각 영역에서의 전문적인 품질업무를 각각 실험계획(DOE: Design Of Experiment), 검사운영(IO: Inspection Operation), 통계적 공정관리(SPC: Statistical Process Control), 신뢰성관리(RM: Reliability Management)의 4개 분야로 나눈다. 이들 각 분야별로 세부 전문가시스템(ES: Expert System)을 구축한다. 이들을 각각 ESDOE, ESIO, ESSPC, ESRM으로 표기한다. 이 구조가 <그림 1>에 도시되어 있다.

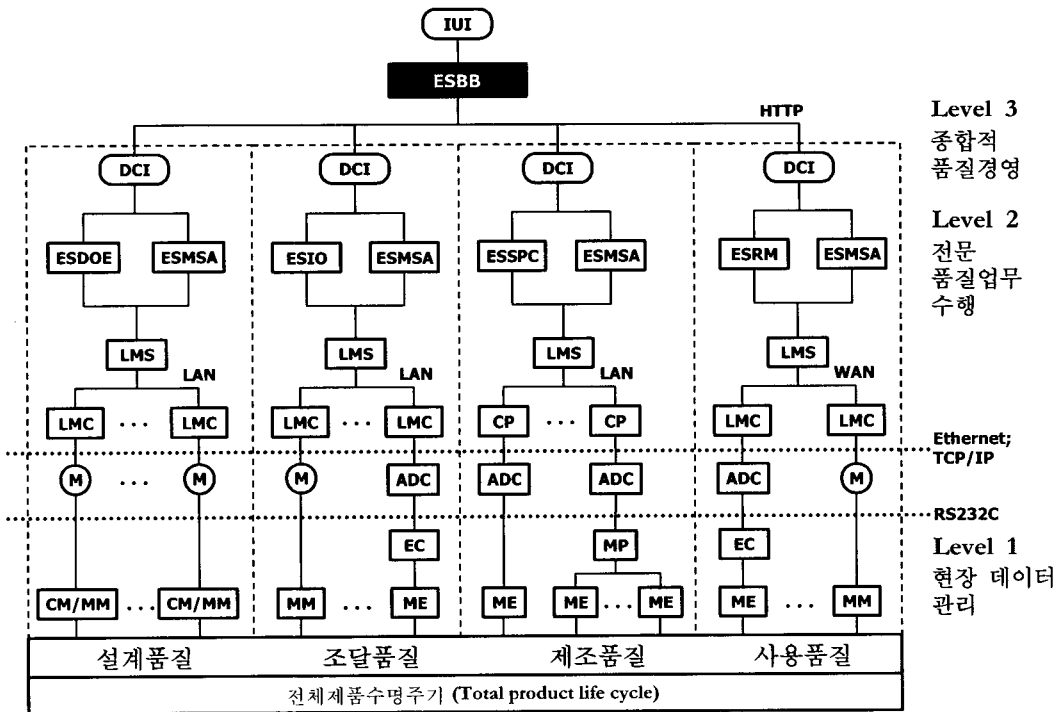
구조 계층. 세부 전문가시스템들인 ESDOE, ESIO, ESSPC, ESRM은 각각의 전문 업무를 수평적(분산적, 독립적) 구조로 분담한다. 이들은 모두 데이터의 측정분석(MA: Measurement Analysis)이 필요하므로 이들의 하부에 이를 담당하는 전문가시스템(ESMSA)을 둔다. 그리고 이들의 지식 자원을 공유하고 교환하며 각 전문 업무가 상호 협업적으로 전개되어 종합적 품질을 달성할 수 있도록 이들 상부에 종합경영 전문가시스템을 둔다. 이 시스템은 블랙보드(BB: BlackBoard)의 개념을 활용하여, ESBB로 표기한다. 이렇게 시스템의 계층(수직적인 구조)은 현장의 데이터 관리, 전문 품질업무 수행, 종합적 품질경영의 3단계를 갖는다.

<그림 2>에 이러한 관계가 나타나는 구조의 예가 그려져 있다. 물론 이 구조는 기업의 특수한 환경에 따라 선택적으로 조합되어 재구성될 수 있다.

이제 이 시스템을 구성하는 설비를 알아본다. 하위의 현장 데이터 관리 수준에서는 검사원에 의한 수작업 방법 또는 전자식 계측기에 의해 자동적 방법으로 품질 데이터들이 측정되고 수집, 관리될 수 있다. 수작



<그림 1> 수명주기에 따른 시스템의 범위와 구조.



<그림 2> 시스템의 다중 분산 구조.

업의 경우, 계측자에 의한 수작업 계측(MM: Manual Measurement) 또는 수작업 제어(MC: Manual Control)에 의해 추출된 데이터들은 역시 수작업(M: Manual)에 의하여 시스템에 입력된다. 자동 계측의 경우, 품질 데이터들은 계측장비(ME: Measurement Equipment)로부터 측정되고 장비에 장착된 제어기(EC: Equipment Controller)에 의해 자동적으로 수치화되고 기록된다. 이렇게 네트워크 최하부에 존재하는 데이터들은 RS232C 통신 표준에 의해 특정 지역 별로 분산되어 있는 지역관리 컴퓨터(LMC: Local Management Computer)에 전달된다. 이 과정에서 수집되는 데이터는 대부분 아날로그 신호의 형태를 띠며 컴퓨터에서 사용가능한 디지털 신호로 변환되어야 하는데 아날로그/디지털 변환기(ADC: Analog/Digital Converter)가 이 역할을 한다. ADC는 인터넷에 사용하는 Ethernet; TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) 통신 표준에 적합하게 데이터 형태를 변환하여 LMC에 전달한다.

품질 데이터들은 지역적으로 묶여 있는 근거리통신망(LAN: Local Area Network)을 통해 자동적으로 수집될 수 있다. 그 규모에 따라 여러 계측기의 데이터를 모니터링할 수 있는 멀티플렉서(MP: Multi-Plexer)에 의해 지역적으로 묶여진 네트워크들이 관리되고 때로는 네트워크 종점에 ME로부터 직접적으로 데이터를 받을 수 있다. 이렇게 수집된 데이터들은 계측기를 담당하는 제어컴퓨터(CP: Control PC)에 축적되고 이들은 다시 LMS에 의해 종합 관리된다. 특히 사용품질 영역에는 일반적인 신뢰성 테스트 데이터들 외에 공정 외적인 사후 서비스(A/S: After/Service), 시장조사

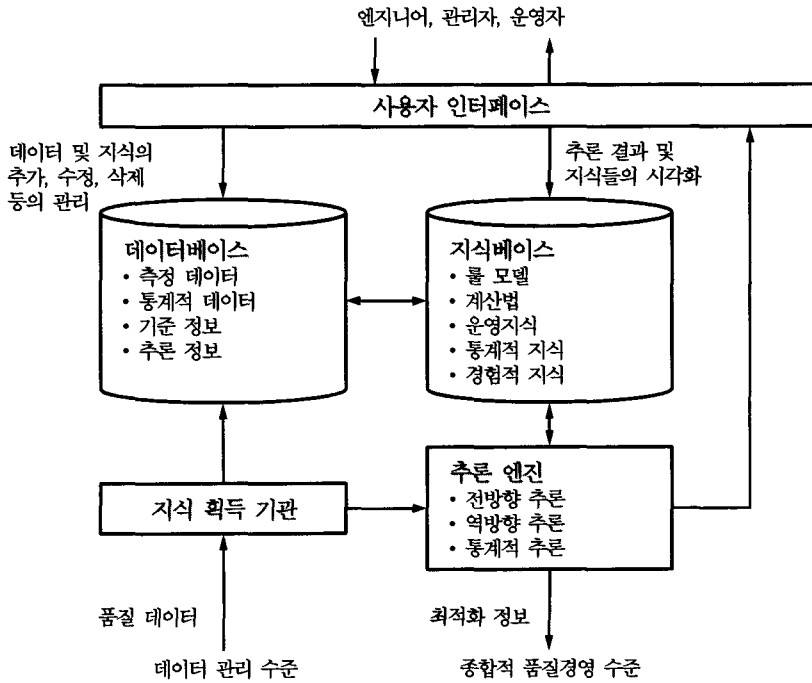
등에 의한 데이터들이 보다 광범위한 영역에서 광역통신망(WAN: World Area Network)을 통해 수집할 수 있다.

이렇게 수집되고 축적된 데이터들은 전문 품질업무 수준에서 지역관리 서버(LMS: Local Management Server)에 위치하는 전문가시스템들인 ESDOE, ESIO, ESSPC, ESRM이 각각 분석하고 진단하여 처리한다. 이들 세부 전문가시스템들은 각각의 독립적인 DCI(Distributed Communication Interface)를 가지고 있으며, 이 DCI는 지역적으로 분산되어 있는 시스템 사용자들 간에 의사소통을 위한 매개체가 된다.

이렇게 지역적으로 분산되어 있는 전문가시스템(Local Expert Systems)들의 수행결과들은 하이퍼텍스트 전송규약(HTTP: Hyper-Text Transfer Protocol) 통신 방법에 의해 하이퍼텍스트 생성언어(HTML: Hyper Text Markup Language)의 문서 형식으로 상호 통신하게 된다. ESBB는 이들 지식을 공유하고 교환하여 품질업무에 종합적인 최적화를 꾀하게 된다. 이를 위하여 블랙보드 시스템의 방법을 도입한다. 이 단계에서는 통합 사용자 인터페이스(UI: Integrated User Interface)가 목적하는 시스템의 DCI에 접근하는 수단을 제공하며 특정 분산형 전문가시스템들을 그룹으로 묶어주는 역할을 한다.

2.2 전문가시스템

본 연구에서는 고려대학교 인공지능 및 응용통계 연구실에서 품질경영과 관련하여 개발하여온 ESDOE, ESIO, ESSPC, ESRM(김성인 외, 1990; Kim et al, 1993; 김성인, 신용석, 1993; 김성인, 문순환, 1994; 김성인, 장홍석, 1994, 김성인, 조남길, 한정희, 1995)



<그림 3> 전문가시스템의 일반적 구조.

들을 구성 요소로 활용하며 추가적으로 이들 하부에 ESMSA를 구성하여 신뢰성 있는 분산형 전문가시스템을 구축한다. 전문가시스템은 일반적으로 지식 획득 기관(Knowledge Acquisition Facility), 데이터베이스(Data Base), 지식베이스(Knowledge Base), 추론 엔진(Inference Engine), 사용자 인터페이스(User Interface)로 구성되는 <그림 3>과 같은 구조를 가진다.

지식 획득 기관은 품질업무를 수행하기 위해 필요한 모든 전문 지식을 수집하고, 이를 구현하여 지식베이스로 구축한다.

지식베이스는 제품의 품질과 관련하여 품질업무에 대한 경영진, 품질엔지니어, 통계적 품질관리 전문가, 현장 품질 담당자 등의 다양한 전문가들이 가지는 이론적 또는 경험적 지식(know-how)들로부터 직접 얻

거나 품질관련 기술문서, 기술서적, 논문 등의 문서화된 지식자원들로부터 지식을 획득하여 구축한다. 따라서 지식베이스에는 품질업무에 대한 고급 전문가들의 지식과 시스템 운영 결과로부터 얻어진 이론, 지식, 경험 및 노하우 등이 포함된다. 본 시스템에서는 품질과 관련하여 시스템이 가지는 지식을 다음과 같이 분류한다. (1) 일반(Problem Independent) 지식: 모든 현장에 적용될 수 있는 이론 등 이미 검증된 지식. (2) 현장(Problem Dependent) 지식: 각 작업 현장에 따라 다른 현장 운영자, 관리자, 작업자들의 경험적 지식. 따라서 본 시스템에서는 현장에 고유한 지식은 별개의 모듈로서 개발하여 삽입할 수 있다. 시스템의 지식들은 IF(condition) THEN(conclusion or action) 형식의 규칙(Rule)으로 표현되고,

이를 기반으로 의사결정 그래프(Decision Graph)를 구축하여 품질경영 여러 분야에서 업무를 지원하게 된다. 다음의 <표 1>은 시스템의 지식베이스 내 전형적인 몇 가지 규칙 사례들을 보여준다.

<표 1> 지식베이스 내 규칙 사례

[ESDOE]

- [D.1] IF 인자 수준수에 선택계약이 있다.
THEN 요인배치법
- [D.2] IF 실험계획법 = 요인배치법
AND 인자의 수 = 1개
AND 실험인자 = 모수인자
THEN 일원배치법
- [D.3] IF 계수형 데이터에 대한 실험이다.
THEN 다투찌 방법
- [D.4] IF 인자의 수 = 3개
AND 각 인자의 수준수가 동일하다.
THEN 라틴방격 실험방법

[ESIO]

- [I.1] IF 검사 방식 = 샘플링 검사
AND 검사에 제품의 수명이 고려된다.
THEN 신뢰성 검사
- [I.2] IF 검사 방식 = 샘플링 검사
AND 제품수명 고려하지 않는다.
AND 검사시점 = 주기적
THEN 체크 검사
- [I.3] IF 데이터 분포 형태 = 정규분포
AND 검사종료방법 = 완전검사
THEN 계량 표준형 검사.
- [I.4] IF 데이터 분포 형태 = 모름
AND 검사종료방법 = 완전검사
THEN 계수 표준형 검사.

[ESSPC]

- [S.1] IF 데이터 형태 = 계량형
AND 공정변동 판정기준 = 측정 평균
THEN Xbar관리도
- [S.2] IF 데이터 형태 = 계량형
AND 공정변동 판정기준 = 측정 범위
THEN R관리도

[ESSPC]

- [S.3] IF 관리도 타점 패턴 = 증가경향
THEN 투입 낭량 확인
- [S.4] IF 관리도 타점 패턴 = 7점 중심선 위
THEN 기계노즐 확인
AND 장착 타이밍 확인
AND 카세트 점검
- [S.5] IF 관리도 타점 패턴 = 5점중 4점 1s 밖
THEN 크립슬더 점도 조정
AND 카세트 점검

[ESRM]

- [R.1] IF 제품 수리 = 가능
AND 종료방법 = 축차
THEN MIL-STD-781D 축차시험
- [R.2] IF 데이터 분포 형태 = 지수분포
AND 제품 수리 = 가능
THEN MIL-STD-781D 전장비
신뢰성 수락 시험
- [R.3] IF 데이터 분포 형태 = 지수분포
AND 제품 수리 ≠ 가능
AND 검사기준 = 신뢰수명
THEN H108 규정시간전 고장비율
종료

[ESMSA]

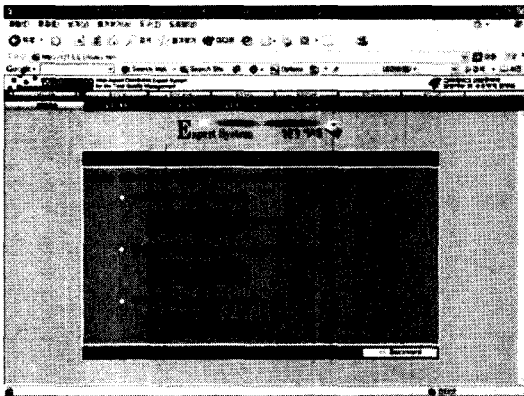
- [M.1] IF 정밀도(R&R) ≤ 10%
THEN 측정시스템 양호
- [M.2] IF 정확도 > 5%
THEN 측정시스템 양호
- [M.3] IF 측정 변동 특성 = 정확도
AND 데이터 차이에 대해 알고 싶다.
AND 측정값의 차이가 기준값과의
차이이다.
THEN 편의(Bias)
- [M.4] IF 측정 변동 특성 = 정밀도
AND 검사종류 = 비파괴검사
AND 데이터 형태 = 계량형
AND 교호작용 = 고려
THEN R&R(ANOVA) 분석

데이터베이스에는 측정시스템들로부터 얻어진 측정데이터, 통계적 분석을 통해 얻어진 분석데이터 등이 품질측정항목, 계측기

명, 품질표준규격, 기준데이터 등과 같이 구축된다.

추론 엔진은 지식베이스에 축적된 지식을 이용하여 사용자가 필요로 하는 품질정보 및 지식을 도출하여 제공하는 부분으로 사용자(엔지니어, 관리자, 운영자 등)의 질의(Query)에 대하여 답을 하거나 조언한다. 이러한 추론 엔진은 찾고자하는 결론(Conclusion)과 관련된 규칙들을 지식베이스 내에서 검색하고 결론이 성립하기 위해 필요한 조건(Condition)들이 성립하는지 판단하여 최적해를 추론하는 역방향 추론(Backward Chaining) 방식을 구현한다. 웹 환경에서의 추론엔진은 HTML의 하이퍼링크(Hyperlink), 자바스크립트(JavaScript), 자바애플릿(Java Applet) 기술 등을 이용하여 구축한다.

사용자 인터페이스는 사용자와 시스템간의 원활한 의사소통을 매개하는 부분으로 품질업무와 관련된 다수의 사용자가 품질데이터 및 정보를 입력하거나 시스템에서 도출한 추론 결과를 받아볼 수 있도록 표현한다.



<그림 4> 사용자 인터페이스 사례.

<그림 4>는 사용자로부터 질의를 통해

정보를 입력받는 사용자 인터페이스의 사례를 보여준다.

2.3 시스템간의 유기적 관계

품질경영 활동이 종합적이기 위하여는 분산형 세부 전문가시스템들이 밀접한 유기적 관계를 유지하여 지식을 공유하고 전체의 품질 목표를 향하여 협업해 나가도록 설계되어야 한다.

이 논문에서는 품질경영의 핵심적인 지속적 품질개선(CI: Continuous Improvement)의 입장에서 시스템의 바람직한 유기적 관계를 정립한다.

이를 위하여 먼저 품질업무들을 수행하는 세부 전문가시스템에 따라 분류하고 다음의 기호를 사용한다.

- [D] 실험계획
- [I] 검사운영
- [S] 공정관리
- [L] 신뢰성관리
- [M] 측정시스템분석

각 시스템에서의 업무들은 품질요소들을 해석하고 품질규격 및 업무표준을 계획하여(Plan), 현장에 적용하고(Do), 품질변동 요인들을 측정, 수집하여 분석하고(Check), 이를 바탕으로 이상 및 결함 요인들을 제거하는(Action) PDCA 사이클을 기준으로 분류한다. 이에 따라 시스템의 시작에서 종료까지의 시스템 업무를 체계적으로 수행할 수 있다.

<표 2>는 각 분산형 전문가시스템들이 수행하는 기본 업무를 요약, 정리한 표이다. 예를 들어 ESSPC의 경우, 주요 업무 9가지를 다음과 같이 분류한다.

<표 2> 각 전문가시스템의 기본 업무

	ESDOE	ESIO	ESSPC	ESRM	ESMSA
Plan	[D1] 실험계획 [D2] 실험방법 선정 [D3] 실험설계	[I1] 검사계획 [I2] 검사방식선정 [I3] 검사운영 설계	[S1] 공정관리 계획 [S2] 공정관리도 선정 [S3] 관리규격 설계	[R1] 신뢰성분석 계획 [R2] 신뢰성분석 설계	[M1] 측정시스템 분석계획 [M2] 분석방법 선정 [M3] 측정시험 설계
Do	[D4] 실험 및 측정	[I4] 검사운영 및 측정	[S4] 공정관리도 작성 (On/Off line)	[R3] 신뢰성 시험	[M4] 측정시험
Check	[D5] 실험데이터 분석	[I5] 검사결과 통계 [I6] 불량 분석	[S5] 공정불량 통계 [S6] 공정평가 [S7] 공정이상 탐지	[R4] 신뢰성분포 분석 [R5] 고장데이터 분석	[M5] 측정시스템 분석
Action	[D6] 실험결과 조치 [D7] 실험지식 관리	[I7] 검사운영 조치 [I8] 검사내역 관리	[S8] 공정이상 조치 [S9] 공정이력 관리	[R6] 제품고장 조치 [R7] 신뢰성 샘플링 검사방식설계 [R8] 신뢰성지식 관리	[M6] 측정시스템 이상조치 [M7] 측정시스템 이력관리

Plan: [S1] 공정관리 계획
[S2] 공정관리도 선정
[S3] 관리규격 설계

Do: [S4] 공정관리도 작성
(On/Off line)

Check: [S5] 공정불량 통계
[S6] 공정평가
[S7] 공정이상 탐지

Action: [S8] 공정이상 조치
[S9] 공정이력 관리.

이러한 분류는 추후 업무간의 유기적 관계를 정립하는데 도움이 된다.

각 업무들의 입력 및 출력 데이터들은 품질문제를 구체적으로 정의하는 명확성, 업무수행 내용을 효과적으로 반영하는 적합

성, 문제발생 원인의 정확한 파악을 위한 추적성을 갖추어야 한다. 이를 위하여 각 업무의 입력 및 출력 데이터는 업무의 단위 이벤트들이 발생한 내용들에 대하여 5W 2H에 입각하여 구성된다. 즉, 각 업무의 이벤트(event)는 언제(when) 발생했는지를 반영하는 발생시간([t]: time), 누가(who) 참여하는지를 반영하는 주체([s]: subject), 무엇(what)을 관리하는지를 나타내는 관리식별자([m]: management), 어디(where)에 있는지를 반영하는 추적데이터([l]: location), 내용을 설명(why)하는 특성데이터([c]: character), 어떻게(how) 수행되는가를 나타내는 운영데이터([o]: operator), 얼마나 비용이 드는지(how much)를 설명하는 비용요소([e]: expense)들의 집합으로 표현되어 다음과 같이 정리된다.

- [t] 실험일, 검사일, 측정일 등.
- [s] 실험자, 검사자, 작업자, 측정자 등.
- [m] 실험관리코드, 검사관리코드, 공정관리코드 등.
- [l] 공장명, 라인명, 작업장명 등.
- [c] 샘플크기, 샘플평균, 불량개수 등.
- [o] 실험방법, 검사방법, 공정관리도 등.
- [e] 실험예산, 검사비용, 조치비용 등.

여기에 데이터의 순차적인 속성을 설명하는 수자들을 조합함으로써 각 시스템들 간에 협업을 위한 데이터 조합을 설계하게 된다.

<표 3>에는 검사운영 업무가 다른 분야의 업무들과 가지는 유기적 관계를 표시하고 있다. 예를 들어 ESIO의 경우, 검사방법 선정은 선행 업무로서 같은 시스템의 검사운영 조치[I7], ESSPC의 공정이력 관리[S9], ESRM의 신뢰성 샘플링검사 설계[R7] 및

<표 3> 검사운영 전문가시스템의 업무 및 타 시스템과의 관계

선행 업무	입력	수행 업무	출력	후행업무	경영보고
	[I1] 검사 계획				
[I7]	[s2] 검사원이력, [m3] 공급업체명, 공급자수, 업체거래빈도, 공급자 대체용이성, [c5] 보호대상, [c9] 검사엄격도, [c15] 검사소요시간 [c25] 공급업체등급 [o1] 검사분류	[I2] 검사 방법 선정	[m1] 검사품목 [m2] 검사항목 [m3] 공급업체명 [m4] 계측기 [l1] 공장명 [l2] 라인명 [l3] 작업장명, [c1] 검사적합분포 [o1] 검사분류 [o2] 검사방법	[I3] 검사운영 설계 [M1] 측정시스템 분석계획	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 공급업체 현황 ✓ 검사품목 및 검사항목 현황
[S9]	[c20],[c21] 공정안정성			[R4] 신뢰성분포 분석	
[R7]	[c8] 데이터 확률분포 [c13] 부품안정성, [c18], [c19] 품질보증 기간, 최종 품질보증 유무				
[M7]	[m3] 계측기 보유여부, [e1] 계측기 유지비용				
[I2]	[m1],[m2],[m3],[m4], [l1],[l2],[l3], [c1], [o1],[o2]	[I3] 검사 운영 설계	[s1] 검사담당자 [m5] 검사운영코드 [c2] 로트 번호 [c3] 로트크기, [c4] 샘플크기 [c5] 보호대상 [c6] 보호대상위험도 [c7] 합격판정개수 [c8] 불합격판정개수 [c9] 검사엄격도 [o3] 로트형태	[I4] 검사운영 및 측정 [S3] 관리규격 설계	
[R7]	[c20] 합격품질수준, [c21] 로트허용불량률 [c22] 생산자 위험 [c23] 소비자 위험 [c24] 샘플크기			[R7] 신뢰성 샘플링검사 방식 설계	
[I3]	[m1],[m2],[m5], [c2],[c3],[c4],[c7], [c8],[c9], [o3]		[I4] 검사 운영 및 측정	[l1] 검사일 [l2] 검사시작시각 [s2] 검사원 [c10] 불량수 [e1] 검사비용	[I5] 검사결과 통계

<표 3> 검사운영 전문가시스템의 업무 및 타 시스템과의 관계 (계속)

선행 업무	입력	수행 업무	출력	후행업무	경영보고
[I4]	[f1], [f2], [m5], [c2], [c10]	[I5] 검사 결과 통계	[c11] 검사로트개수 [c12] 불량로트누계 [c13] 누적검사량 [c14] 누적불량개수 [c15] 검사소요시간, [c16] 평균검사시간	[I6] 불량분석 [D5] 실험데이터 분석 [S3] 신뢰성분포 분석	
[I3]	[c2], [c3], [c4], [c7], [c8], [c9]	[I6] 불량 분석	[c17] 평균검사개수(ASS), [c18] 평균검사량(ATT) [c19] 평균불량률(AOQ) [c20] 평균검출품질한계 (AOQL) [c23] 합격품질수준(AQL), [c24] 로트허용불량률(LTPD), [c25] 공급업체등급 [o5] OC곡선 [o6] ATI곡선	[I7] 검사운영 조치	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 품목별 불량발생률 ✓ 시간대별 불량발생률 ✓ 공급업체등급
[I4]	[c10]			[S8] 공정이상 조치	
[I5]	[c11], [c12], [c13], [c14], [c15], [c16]			[R7] 신뢰성 샘플링 검사방식 설계	
[D6]	[o3] - 조치사항	[I7] 검사 운영 조치	[c26] 조치사항 [e2] 조치비용 [o7] 검사비교	[I8] 검사내역 관리	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 품목별 검사운영비
[I6]	[c17], [c18], [c19], [c20], [c23], [c24], [c25], [o5], [o6]				
[R7]	[o3] - 조치사항				
[M6]	[o3] - 조치사항				
[I2]	[m1], [m2], [m3], [m4], [I1], [I2], [I3], [c1], [o1], [o2]	[I8] 검사 내역 관리	[f1], [f2], [s1], [s2], [m1], [m2], [m3], [m4], [m5], [I1], [I2], [I3], [c1], [c2], [c3], [c4], [c5], [c6], [c7], [c8], [c9], [c10], [c15], [c23], [c24], [c25], [o1], [o2], [o3], [o7], [e1], [e2]	[D][S][R][M]	
[I3]	[s1], [c2], [c3], [c4], [c5], [c6], [c7], [c8], [c9], [o3]				
[I4]	[f1], [f2], [s2], [c10], [e1]				
[I5]	[c15]				
[I6]	[c23], [c24], [c25]				
[I7]	[c26], [o7], [e2]				

ESMSA의 측정시스템 이력관리[M7]가 수행되어야 한다. 이를 토대로 수행한 결과들은 후에 같은 시스템의 감사운영 설계[I3], ESMSA의 측정시스템 분석계획[M1] 및 ESRM의 신뢰성분포 분석[R4]에 활용된다.

2.4 종합적 품질

각각의 ESDOE, ESSPC, ESIO, ESRM, ESMSA들은 각각이 책임지는 업무 영역에서 데이터수집을 통해 분석을 행하고 전문 업무 수행내용에 대한 결과물들을 제공한다. 이 결과물들은 종합되어 전체적인 품질경영의 최적해를 낳게 해야 한다. 이 역할을 담당하는 시스템으로 블랙보드(BB: BlackBoard) 시스템에 근간을 두는 전문가시스템(ESBB)을 설치한다. BB 시스템은 여러 시스템들의 중심에 블랙보드를 두고 각 시스템의 실행결과들을 기록, 조정해가면서 종합적으로 문제를 해결해나가는 시스템이다(Corkill, 1991). ESBB는 문제해결에 객체 역할을 하는 (1) 지식원 (2) 지식원들 간의 통신을 담당하는 블랙보드 (3) 지식원들의 활성 순서를 조정하는 제어기로 구성된다.

각 시스템의 수행 내용 및 결과들은 블랙보드 내에 저장되고 관리되면서 다른 전문가 시스템들이 참조한다. 분산된 지식원들이 메시지를 교환하고, 수행결과들을 게시하며 이들의 검색을 통해 다른 지식원이 지식을 획득할 수 있도록 하는 일종의 게시판이다. 이들은 회사 전체의 입장에서 조정되고 피드백(Feedback)된다.

제어기에서는 각 시스템 사용자에게 하부 시스템에 접근할 수 있는 접근방법을 제공하고 시스템적으로는 블랙보드와 관련하여 업무를 할당하게 된다. 품질경영 과정에서

어느 전문가시스템의 업무를 수행시킬 것인가를 지정하고 선택하여 업무를 분산하고 필요한 데이터 셋(Set)을 넘겨주는 기능을 수행한다.

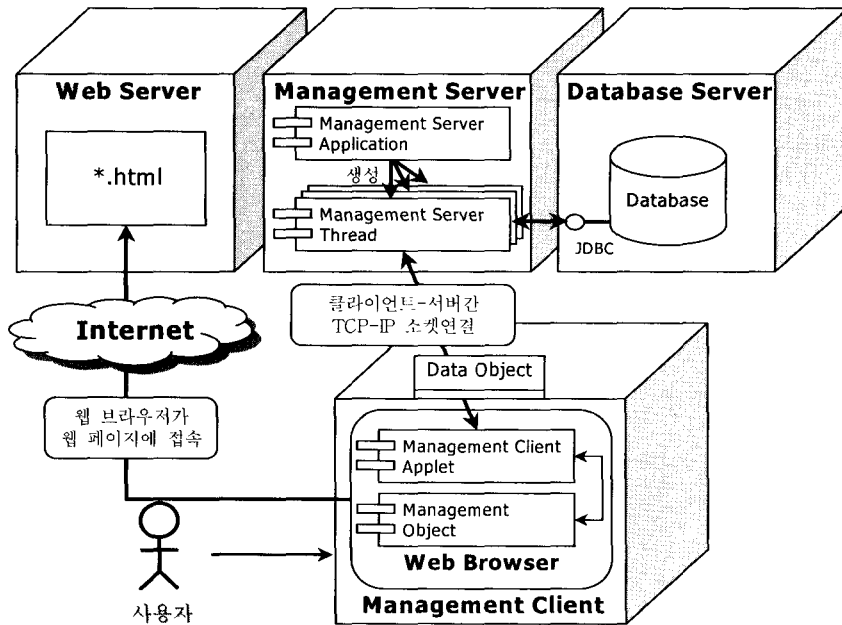
2.5 웹 기반 시스템

온라인으로 정보를 관리하는 기업들은 일반적으로 인트라넷을 통해 정보를 운영하고 있으나 그 범위가 제한적이고 이를 확장하기에는 많은 기반 비용을 필요로 한다. 그러나 방화벽으로 보호되는 인터넷을 활용한다면 기존의 시스템을 그대로 활용하면서 저렴한 비용으로 광범위하고 즉각적으로 대응할 수 있는 시스템을 구축할 수 있다. <그림 5>는 인터넷 기반 구조를 UML(Unified Modeling Language)의 배치 다이어그램(Deployment diagram)으로 표현한 그림이다.

시스템 구조는 크게 그림 상단에 나란히 배치된 서버(Server) 측과 하단에 배치된 클라이언트(Client) 측으로 나뉘며 그 구성 내용은 다음과 같다.

(1) 웹 서버(Web Server): 기업 내 분산된 네트워크 자원들의 중심에 위치하여 인터넷상에 원격의 클라이언트와 웹 브라우저(Web Browser)를 연결하여 접속 상태를 유지하고 관리하며 사용자 인터페이스 환경을 구성하여 분산시스템 간의 정보 전송과 표현을 담당한다.

(2) 관리 서버(Management Server): 품질관리에 필요한 여러 가지 업무 프로세스를 애플리케이션(Application) 형태로 가지고 있으면서 작업 현장의 하부 데이터를 수집하고 분석하여 정제된 지식자원들을 다수의 클라이언트에 제공하기 위해 처리해 주



<그림 5> 웹 기반 시스템.

는 쓰레드(Thread)를 생성하고 이것들을 사용자의 요구에 따라 운용하여 품질경영 업무를 진행시킨다.

(3) 데이터베이스 서버(Database Server): 여러 곳에 분산되어 네트워크를 구성하는 클라이언트 시스템들로부터 데이터들을 받아 저장하고 관리하여 특정 지역에 위치한 클라이언트 시스템으로부터 요청이 발생하면 필요한 데이터를 목적에 맞게 구성하여 넘겨주는 역할을 한다.

(4) 관리 클라이언트(Management Client): 클라이언트에 위치하며 웹 브라우저를 통하여 다양하고 동적인 기능수행이 가능한 애플릿(Applet)을 구동시키고 TCP/IP 소켓 연결을 통해 업무 처리에 쓰이는 데이터 객체(Data Object)들을 관리 서버와 실시간 수준으로 교환하면서 클라이언트 측에 사용자에게 필요한 정보를 신속하게 전달해 준다.

3. 시스템 구축 및 적용 사례

3.1 시스템 구축

이 시스템은 기본적인 개발 도구(Tool)로서, 텍스트(Text) 편집기와 JSDK(Java Servlet Development Kit)를 사용하여 설계, 구현한다. 시스템의 품질업무를 수행하는 모든 비즈니스 로직(Business Logic)부분은 자바 빈즈(Java Beans)의 형태로 구현되며, 사용자 환경과의 연결은 JSP(Java Server Pages)기술을 이용하여 구현된다. 또한 JSP를 지원하는 웹 데몬(Web daemon)으로 Tomcat (v3.2.4)을 Apache(v1.3.23)와 연동하여 사용한다. 데이터베이스 관리시스템(Data Base Management System)은 Oracle 8i를 사용하고, Sun Microsystems에서 표준으로 제공하는 JDBC (Java Database Connectivity) 드라이버를 사

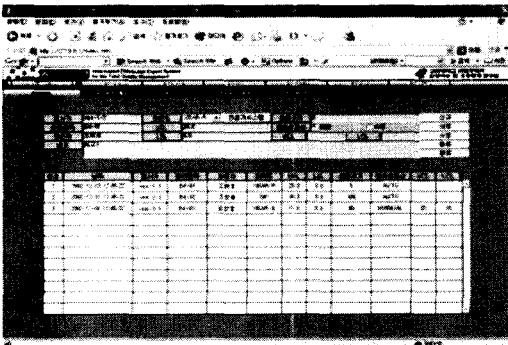
<표 4> 시스템 구축 환경

	구축 환경	비고
사용 기종	IBM-PC Compatible Pentium MMX급 이상	RAM 128MB 이상
운영 환경	Web Server: Apache v1.3.23 + Tomcat v3.2.4	
	Web Client: Windows 95/98/NT4.0/2000 Professional	
	Web Browser: Microsoft Internet Explorer 5.0 이상	
프로그래밍 언어	Business Logic: J2EE(Java 2 Platform, Enterprise Edition)	
	사용자 환경: JSP(Java Server Page), Javascript, HTML	
데이터베이스 관리시스템	Oracle 8i	JDB C드라이버

용하여 데이터베이스와 프로그램을 연결한다. 이를 <표 4>에 요약한다.

3.2 적용 사례

본 시스템의 적용 사례로서 Motorola 사의 반도체 사업본부에서 1988년도부터 시행한 6시그마 프로그램에 적용한다. 전형적인 절차는 다음과 같으며 이를 <그림 7>에 나타낸다(박성현, 박영현, 이명주, 1998).

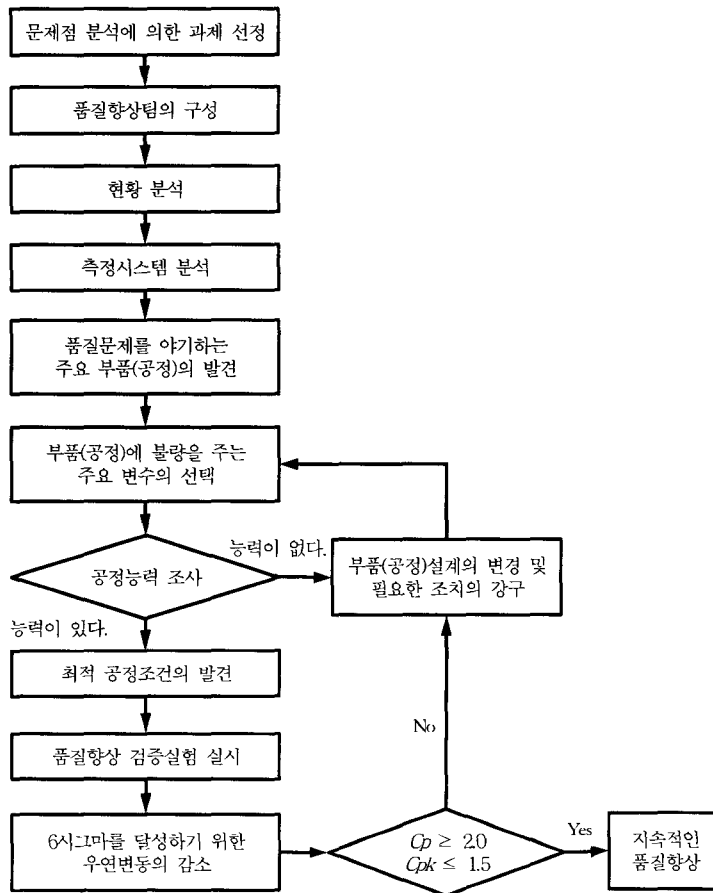


<그림 6> ESBB의 구축사례.

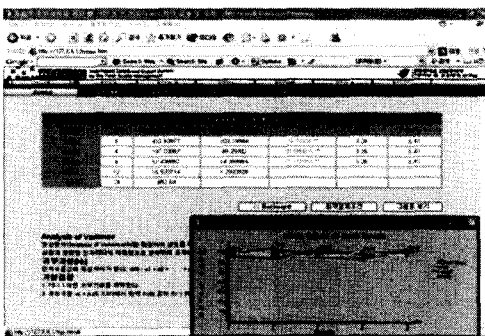
(1) 과제 선정. 문제점 분석에 의하여 중점 관리대상이 되는 과제를 선정하는 단계로서, 각 시스템은 이력관리를 통해 축적된 지식정보들을 제시한다. ESBB는 이들을 종합적으로 고려하여 품질과제를 선정한다.

<그림 6>은 공정관리 정보를 게시하여 여러 공정 중 관리공정을 선정하기 위해 구축된 ESBB의 구축사례를 보여준다.

ESDOE: 실험의 계획[D1], 설계[D2][D3], 적용[D4], 분석[D5] 등을 수행하여, 실험에서 가지는 인자들의 분석에 따라 어떤 인자가 유의한 반응을 주는지 파악하고 [Dc7], 그 영향을 양적으로 표현해주며 [Dc9], 측정변동의 정도를 분석하고 [Dc12], 유의한 인자들 간에 최적 수준조건을 제시한다[Dc16]. 다음의 <그림 8>은 인자별 효과에 대한 ANOVA분석 결과와 인자별 최적 수준을 그래프로 도시해 주는 ESDOE의 구축사례를 보여준다.



<그림 7> 6 시그마 프로그램의 절차.

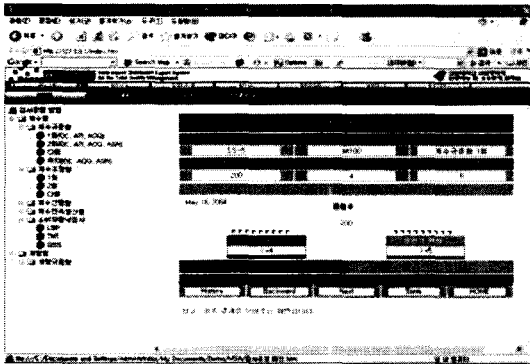


<그림 8> ESDOE의 구축사례.

ESIO: 품질요인과 관련된 검사항목에 대해

- [Im2] 불량분석 내용을 제시한다[16].
- ESSPC: 제조공정에서의 공정이상 탐지 내역을 제시한다[S7].
- ESRM: 신뢰성분포 분석[R4]과 고장데이터 분석[R5] 정보를 제시한다.
- (2) 품질향상팀의 구성. 관련된 모든 부서의 인원들을 동원하여 팀을 구성하는 단계로 필요한 담당자를 선정한다. ESBB가 이를 수행한다.
- (3) 현황 분석. 선정된 과제에 대한 현상을 파악하는 단계이다.

ESIO: 검사항목에 대한 검사결과를 통계 데이터로 제시하여 현 과제에 대한 검사성적을 열람할 수 있게 해준다[15]. <그림 9>는 현장의 검사성적을 요약 제시해주는 ESIO의 구축사례를 보여준다.



<그림 9> ESIO의 구축사례.

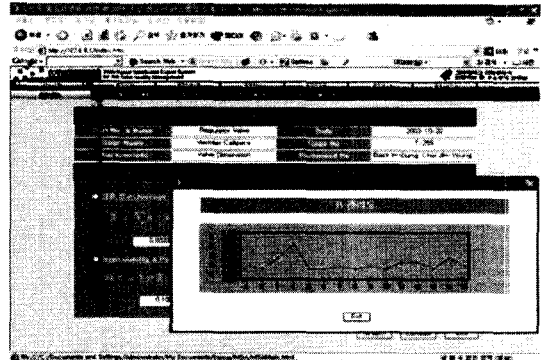
ESSPC: 관리항목에 대한[Sm2] 공정평가와 [S6] 관리규격 설계 내역을 제시하여[S3] 문제에 대한 진단을 내리도록 돕는다.

ESDOE 및 ESRM: 실험결과와[D6] 제품오장 조치 내용을 제시하여[R6] 문제의 원인을 예측하도록 돕는다.

(4) 측정시스템 분석. 계측기의 정밀도 및 오차 분석을 수행하여 측정데이터의 신뢰성을 확보하는 단계이다.

ESMSA: 측정시스템을 분석하여[M5], 측정데이터에 영향을 주는 이상요인(계측기, 측정자, JIG 등)을 평가하고 보완 조치함으로써[M6], 측정데이터의 신뢰성을 확보한다. 측정시스템의 편의[Mc7], 선형성[Mc8], 안정성[Mc9], 재현성[Mc10], 반복성[Mc11] 등의 분석을 통하여, 측정자, 측정 장비, 시료들 간에 주요한 변동요인을 밝히고 그 정도를 양적으로 산출해준다[M5]. <그림 10>은 측정시스템의

측정변동을 분석하고 R 관리도를 통해 측정시스템의 측정 변동을 그래프로 도시해주는 ESMSA의 구축사례를 제시한다.



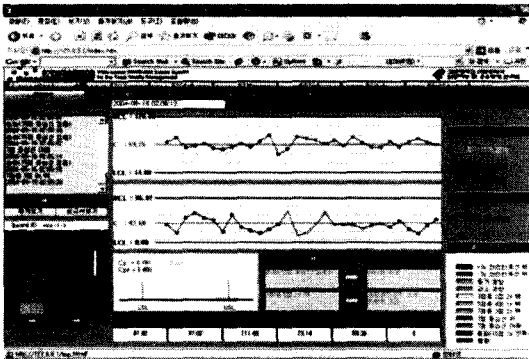
<그림 10> ESMSA의 구축사례.

ESDOE 및 ESSPC: 계측기 관리규격 이상 원인 분석은 ESDOE와 ESSPC의 이력관리에서 나타나는 측정 특성요인[D7] 및 관리규격을[S9] 참조하여 최적화한다.

(5) 문제 공정의 발견. 품질문제를 야기하는 주요 공정을 발견하는 단계로서, 선정과제에 관련하여 문제 원인을 도출한다.

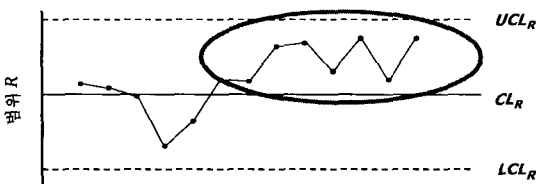
ESSPC: 관리도를 작성한다[S4]. 생산라인에서 공정상황 분석을 위한 적절한 관리도를 선정해주고[So1], 온/오프-라인(On/Off-Line)으로 관리도를 작성하고 운영한다[S4]. 이를 통해 품질변동을 일으키는 작업자 오류, 불량자재, 생산설비 이상 등의 이상원인(Assignable Cause)을 제거하기 위하여 공정데이터를 분석하고 실시간으로 모니터링한다[S6]. 관리도는 공정에 관한 데이터를 가능한 빨리 수집하여 공정에 이상요인이 발생하는 경우 이를 탐지하여[S7], 시정조치를 취함으로써[S8], 불량제품의 발생을 사전에

억제하고, 이들 정보를 관리, 해석하여 공정의 산포를 효율적으로 관리해 나가도록 해 준다. 또한 관리도의 각종 이상 패턴을 자동으로 감지하여 알려주며 [Sc22], 현장의 상황을 반영하는 공정운영자의 작업 환경과 현장지식을 획득하여[So4], 차후에 작업자, 작업조건, 원자재, 생산설비 간의 미세한 차이에서 발생하는 우연원인(Chance Cause)을 분석하는 데에도 사용할 수 있다. <그림 11>은 자동적으로 관리도를 작성하고 이상 패턴을 자동으로 감지하여 공정조치사항을 제시하는 ESSPC의 구축사례를 보여준다.



<그림 11> ESSPC의 구축사례.

하나의 예로서, <그림 12>는 R 관리도의 특징적인 이상패턴의 한 예를 보여주고 있다(Griffith, 1996).



<그림 12> R 관리도의 런 패턴.

점이 하위 관리범위에서 상위 관리범위로 도약하여 런(run)이 발생한 패턴(pattern)으로 다음과 같은 여러 원인들을 추론할 수 있다.

- i) 투입되는 원자재의 변동이 커졌다.
- ii) 새로운 작업자가 투입되었다.
- iii) 투입된 작업자가 숙련되지 못했다.
- iv) 관리범위가 잘못 산정되었다.
- v) 작업이 지나치게 서둘러졌거나 자재의 투입이 빨라졌다.
- vi) 작업 방법이 변경되었다.
- vii) 공정변동이 오랜 시간 증가했다.
- viii) 측정시스템에 편차가 발생했다.
- ix) 작업 도구 및 설비가 교체되었다.
- x) 검사장비가 변동되었다.

이러한 원인들을 검토하여 주요한 원인을 찾아낼 때, i)은 ESIO의 검사이력[I7]을 참조할 수 있으며 iv), v)는 ESDOE와 협업하여 재조정할 수 있다[D5]. iii), vii), x)은 ESMSA의 분석결과에 따라 그 변동주체가 더욱 명확해진다[M5]. 이러한 방법을 통해 품질문제를 야기하는 주요공정의 발견 단계에서 분산 시스템 간의 협업이 이루어진다.

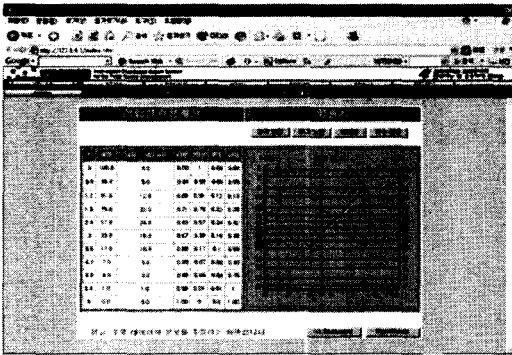
(6) 주요 변수의 선정. 위에서 발견된 사안들에 대해 중점 관리할 항목을 결정하고 현상파악을 위해 측정 및 검사를 실시하는 단계이다.

ESIO: 품질검사를 통하여 관리항목의 품질 수준을 파악하고 결정하는데 주요한 역할을 한다[I5].

ESDOE 및 ESSPC: 이들에 의하여 주어진 검사표준[D6], 작업표준을[S3] 기준으로 공정상황을 감안하여 수입검사, 공정검사, 출하검사에 합리적인 검사방식을 선정한다[I2].

ESRM: ESRM에서 분석된 제품 수명분포

를 참조한다[R4]. <그림 13>은 확률지를 통하여 수명 데이터의 분포를 추정하는 ESRM의 구축사례를 보여준다.



<그림 13> ESRM의 구축사례.

ESIO: ESIO에서 계산된 검사특성 곡선(OC: Operating Characteristic Curve)[I05], 평균총검사수(ATI: Average Total Inspection)[Ic18], 평균시료개수(ASN: Average Sample Number)[Ic17], 평균출검품질(AOQ: Average Outgoing Quality)의[Ic19] 검사 특성들을 통해 검사 운영 상황을 분석한다[I6]. 또한 검사 이력을 관리하여 과거의 검사 수행성을 또한 검사 이력을 관리하여 과거의 검사 수행성을 평가한다[I7].

ESSPC: ESSPC로부터 공정상황과 생산실적을 보고받아 검사표준 및 품질수준을 조정한다[S9].

(7) 공정능력 조사. 공정의 능력을 통계적으로 평가하는 단계이다.

ESSPC: 공정의 능력을 평가한다[S6].

(8) 공정설계의 변경 및 필요한 조치의 강구. 공정능력이 기대에 못 미치면, 공정의 설계를 변경하거나 필요한 조치를 찾는 단계로서, 근본적인 공정능력을 갖추기 위해

다각적인 분석을 통하여 설계상의 변경을 주거나 품질과 관련된 전반적인 면에서 불필요한 요소들을 제거하고 줄이기 위한 조치를 강구한다.

ESDOE: 고려되는 변수들에 대해 분산분석을 시행하여[D5], 중점변수에 대한 판단 및 보다 주요한 조치를 강구하도록 돕는다.

ESIO: 해당 내용에 관련된 이력관리 내용을 제시하여[I8], 품질검사 규격의 적합성 여부를 판단하고 변경 및 조치사항을 제시한다[I7].

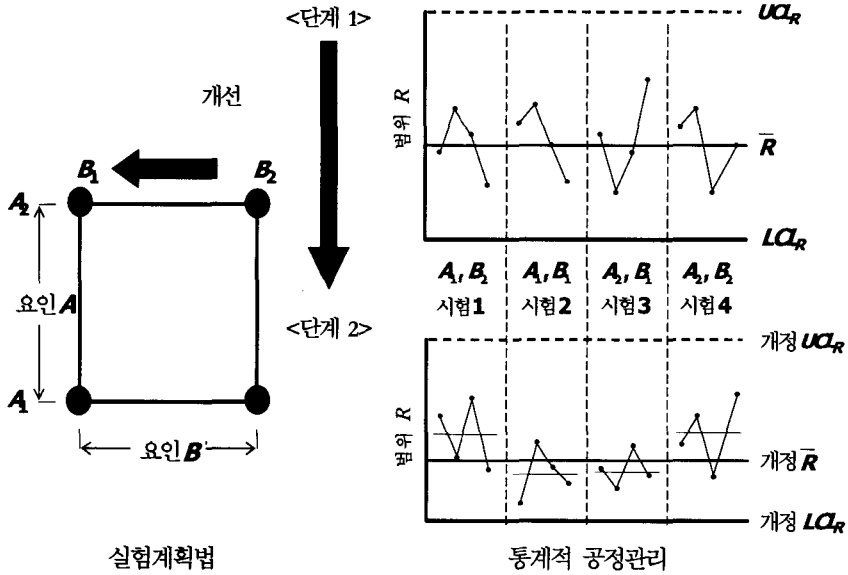
ESSPC: 목표품질을 달성하기 위하여 공정능력의 평가성적을 제시하고[S6], 이에 따라 필요한 설계변경 내용 및 필요한 조치를 예측하게 돕는다[S8].

ESRM: 신뢰성분포[R4] 및 고장데이터의 분석과[R5] 제품고장 조치 내용을 제시하여[R6], 불량요인을 파악하도록 돕는다[R6].

ESMSA: 측정시스템의 오차에 대한 과거이력을 제시하고[M7], 측정시스템에 필요한 조치를 내리는데 도움을 준다[M6].

(9) 최적 공정조건의 발견. 공정능력이 만족스러우면, 최적 공정조건을 찾는 단계로 들어간다. 하나의 예로서, <그림 14>는 ESDOE의 2×2 요인배치법(Factorial design)과 ESSPC의 R 관리도에 의해 최적 공정조건을 발견하는 과정을 나타내고 있다(DeVor, Chang, & Sutherland, 1992).

<단계 1>에서는 ESSPC에서 관리된 관리상한과 관리하한의 범위 내에서 공정데이터가 관리상태 안에 놓여 있으며 특별한 개선사항을 찾을 필요가 없어 보인다. 그러나 2개 실험요인의 2수준을 샘플링하여 공정을 운영하고 공정의 범위값을 실시간으로 피드



<그림 14> 실험계획과 통계적 공정관리의 관계.

백 받아서 관리규격을 갱신하였을 때에 보이는 <단계 2>에서의 관리도 모습은 요인 B에서의 수준 변동의 여지와 공정에서의 산포를 줄일 수 있는 여지를 보여준다.

요인 B에서의 수준 변동의 여지와 공정에서의 산포를 줄일 수 있는 여지를 보여준다. 이러한 ESDOE와 ESSPC 간의 유기적 관계를 정립함으로써 품질 개선의 기회는 넓어지게 된다.

(10) 품질향상 검증실험. 조치 결과를 확인하는 단계이다.

ESRM: 제품품질과 관련된 데이터를 수집하고 신뢰성을 보장할 수 있는 적절한 평가방법과 그와 관련된 품질 특성치들을 제공하여 적합한 신뢰성 샘플링 검사 방식을 결정한다[R6].

(11) 우연변동의 감소. 이러한 단계를 거쳐 품질변동이 감소하고 안정적인 공정능력을 갖추게 되면, 이제는 6시그마를 목표로

우연변동까지를 감소시키는 단계이다. 이는 기존 설비의 근본적 대체, 기존 공정의 대대적 변경, 사고방식의 혁신 등 최고경영자의 조치로 이루어질 수 있고, 이 업무들은 ESBB가 맡는다.

(12) 지속적인 품질향상. 이제는 새로운 시스템에 대하여 위의 절차를 처음부터 반복하게 된다. 지속적인 품질향상의 노력이 이어지게 되는 것이다.

4. 결론

본 시스템에서는 종합적 품질경영을 전개하기 위하여 (1) 설계품질 (2) 조달품질 (3) 제조품질 (4) 사용품질의 4개 영역에서 각각 실험계획 전문가시스템, 검사운영 전문가시스템, 통계적 공정관리 전문가시스템,

신뢰성관리 전문가시스템이 품질업무를 분산적으로 실행한다. 이들은 서로 수평적 구조를 이룬다. 이들 하부에 데이터의 신뢰성을 보장하는 측정분석 전문가시스템을 가지며, 이들 상부에 업무간의 조정, 통괄과 최종 의사결정을 담당하는 종합품질 전문가시스템을 갖는다. 이 시스템은 웹 기반으로 구축된다.

이 시스템이 가지는 장점은 다음과 같다. 먼저 전문가시스템을 통하여 모든 현장에서 최고 수준의 품질관리 전문가를 보유하고 있는 것과 같은 효과를 가져서 이들의 지식을 활용한다. 분산 시스템을 통하여 담당자들이 분산되어 있는 현장에서 직접 데이터, 정보, 지식들을 시스템을 통해 축적하고 관리할 수 있다. 업무를 분담하는 여러 독립적인 세부 전문가시스템들이 동시에 병행으로 업무를 수행함으로써 전체 시스템의 처리용량과 효율이 극대화된다. 또한 웹 기반의 네트워크를 통하여 원거리의 여러 부서와 담당자들 간에 효율적인 의사소통과 정보공유 도구로서의 기능을 담당하여, 전문 지식을 분배하고 공유하여 협업적이고 일관적인 업무 수행이 가능하다.

시스템의 유지, 관리 측면에서 보면, 분산형 전문가시스템은 기존의 중앙집중식 시스템에 비하여 저렴한 비용으로 시스템의 성능을 추가하거나 시스템의 구성을 쉽게 변경할 수 있으며 일부 시스템에 결함이 발생하더라도 독립적인 관계에 의해 전체 시스템 수행에 피해를 최소화하는 신뢰성 있는 시스템 개발이 가능하다.

본 논문의 시스템을 실제로 상용화시키는 데에는 많은 시간, 비용과 노력이 필요하다. 이 시스템은 기능적인 측면과 기법적인 측면에서 더 발전되어야 한다. 즉, 4개의 품질

업무에서 추가적으로 QFD(Quality Function Deployment), FMEA(Failure Mode and Effect Analysis), FTA(Failure Tree Analysis), QCS(Quality Cost System) 등의 기능 확장이 고려될 수 있다. 또한 인공지능망(Neural Networks, 베이저안망(Bayesian Network), 퍼지 이론(Fuzzy Theory), 데이터마이닝(Data Mining) 등의 최신 인공지능 기법의 접합을 통해 시스템의 성능을 개선시킬 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 김성인, 이춘섭, 양재열, 왕한철(1990), "합리적인 검사운영을 위한 전문가 시스템," 「대한산업공학회지」, 제17권, 제1호, pp. 17-27.
- [2] 김성인, 신용석(1993), "통계적 공정관리를 위한 전문가 시스템," 「산업공학」, 제6권, 제1호, pp. 19-30.
- [3] 김성인, 문순환(1994), "실험계획 전문가 시스템," 「산업공학」, 제7권, 제2호, pp. 99-105.
- [4] 김성인, 장홍석(1994), "신뢰성 관리 전문가 시스템," 「품질경영학회지」, 제22권, 제3호, pp. 152-160.
- [5] 김성인, 조남길, 한정희(1995), "품질관리 자동화," 「산업공학」, 제8권, 제3호, pp. 249-257.
- [6] 김원중, 권오운(1998), 「경쟁력제고를 위한 품질경영추진론」, 동현출판사.
- [7] 박성현, 박영현, 이명주(1998), 「통계적 공정관리」, 민영사.
- [8] Affisco, J. F. and Chandra, M.(1990), "Quality assurance and expert

- systems - A framework and conceptual model," *Expert Systems with Applications*, Vol. 1, pp. 147-153.
- [9] Alexander, S. M. and Jagannathan, V.(1986), "Advisory system for control chart selection," *Computers in Industrial Engineering*, Vol. 10, No. 3, pp. 171-177.
- [10] Badiru, A. B.(1992), *Expert Systems Applications in Engineering and Manufacturing*, Prentice-Hall, New Jersey.
- [11] Bonastre, A., Ors, R. and Peris, M.(2000), "Monitoring of a wort fermentation process by means of a distributed expert system," *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, Vol. 50, pp. 235-242.
- [12] Bonastre, A., Ors, R. and Peris, M.(2001), "Distributed expert systems as a new tool in analytical chemistry," *Trends in Analytical Chemistry*, Vol. 20, No. 5, pp. 263-271.
- [13] Corkill, D. D.(1991), "Blackboard systems," *AI Expert*, Vol. 6, No. 9, pp. 40-47.
- [14] Deslandres, V. and Pierreval, H.(1997), "Knowledge acquisition issues in the design of decision support systems in quality control," *European Journal of Operational Research*, Vol. 103, pp. 296-311.
- [15] DeVor, R.E., Chang, T.-H. and Sutherland, J.W., *Statistical Quality Design and Control*, Macmillan, New York, 1992.
- [16] Dagli, C.(1990), *Expert Systems for Selecting Quality Control Charts*, USF Report, pp. 325-343.
- [17] Giarratano, J. and Riley, G.(1998), *Expert Systems: Principles and Programming*, PWS publishing company, Boston.
- [18] Griffith, G. K.(1996), *Statistical Process Control Methods for Long and Short Runs*, ASQC Quality Press, Milwaukee, Wisconsin.
- [19] Guh, R.-S., Tannock, J. D. T. and O'Brien, C.(1999), "IntelliSPC: A hybrid intelligent tool for on-line economical statistical process control," *Expert Systems with Applications*, Vol. 17, pp. 195 - 212.
- [20] Jose A. P.-M. and Francisco J. S.-M.(2002), "A fuzzy expert system for evaluating human observers in a visual detection task," *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 132, Issue 3, pp. 389-400.
- [21] Kary, F. and Lief, H.(1993), "A distributed heuristic expert system for simulation and production planning in petrochemical industry," *Knowledge-based Production Planning, Scheduling and Control*, IJCAI-93 Workshop, Chanbery, France.
- [22] Kim, S. I., Lee, C. S., Yang, J. R. and Wang, H. C.(1993), "An expert system approach for acceptance control," *Industrial Engineering*, pp.

- 57-59.
- [23] Kleinrock, L.(1985), "Distributed systems," *Communications of the ACM*, Vol. 28, No. 11, pp. 1200-1213.
- [24] Kwok, K. Y. and Tummala, V. M. R.(1998), "A quality control and improvement system based on the total control methodology(TCM)," *The International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 15, No. 1, pp. 13-48.
- [25] Lee, N. S., Phadke, M. S. and Keny, R.(1989), "An expert system for experimental design in off-line quality control," *Expert Systems*, Vol. 6, No. 4, pp. 238 - 249.
- [26] Liu, T. I. and Yang, X. M.(1999), "Design for quality and reliability using expert system and computer spreadsheet," *Journal of the Franklin Institute*, Vol. 336, pp. 1063-1074.
- [27] Ntuen, C. A., Park, H. E. and Kim, J. H.(1989), "KIMS: a knowledge - based computer vision system for production line inspection," *Computers in Industrial Engineering*, Vol. 16, No. 4, pp. 491-508.
- [28] Pham, D. T. and Oztemel, E.(1992), "Control chart pattern recognition using neural networks," *Journal of Systems Engineering*, Vol. 2, No. 4, pp. 256 - 262.
- [29] Rodd, M. G.(1983), *Distributed Computer Control Systems*, Pergamon Press, Oxford.
- [30] Wu, M., Nakano, M. and She, J.-H.(1998), "A distributed expert control system for a hydrometallurgical zinc process," *Control Engineering Practice*, Vol. 6, pp. 1435-1446.
-