

본 연구는 학술진흥재단 1995년도 학술연구조성비 지원에 의하여 수행되었으며, 재단에 감사드립니다.

품질 지향적 CIM시스템 개발에 관한 연구 (제1부: Framework)

강 무 진*

A Study on the Development of a Quality-Driven CIM System (Part I: Framework)

Mujin Kang*

ABSTRACT

As the significance of quality in the sense of customer satisfaction is growing, the management of quality becomes one of the main interests in the manufacturing systems research. This paper presents the concept of quality-driven CIM(Computer Integrated Manufacturing) system which is composed of a business process domain and a quality domain. In the business process domain, business functions are integrated by conventional design and manufacturing databases on the one hand, and an integrated quality system is inter-linked to them via several quality modules on the other hand. Quality information model connects the business process domain with the quality domain where various types of quality data are stored in the form of quality database. This framework helps a manufacturing enterprise to implement the quality-driven CIM system to achieve its final objective "customer satisfaction".

Key Words: CIM(컴퓨터 통합생산), Quality Assurance(품질보증), Manufacturing System(생산시스템), Integration(통합), Database(데이터베이스)

1. 서론

인터넷 마케팅, 지구촌 경제, 정보화 사회 등의 단어가 이제는 매우 귀에 익숙한 단어로 자리잡은 현대의 산업사회는 정보화와 글로벌화라는 급속한 흐름 속에서 많은 변화를 하고 있다. 컴퓨터와 정보처리 기술의 발달과 그 활용에 따른 기업의 다국적화는, 국가의 이념 차이와 지리적 거리의 멀고 가까움에 관계없이 전세계의 국가들을 하나의 시장으로 파악하게 하며, 전세계의 기업이 협력과

동시에 경쟁의 대상이 되는 생존 경쟁의 시대를 열었다. 이러한 현실속에서 제조업체들은 제품, 제조기술의 혁신 및 업무의 합리화, 자동화 등을 통하여 경쟁력 향상을 위한 노력을 해 왔으며, 이에 따라 생산시스템의 모습은 계속 변화하고 있다. 생산시스템이란 제품설계 및 공정설계, 가공과 조립 및 생산관리 등 생산활동들의 유기적 결합체로서, 서비스를 제공하거나 재화의 가치 및 유용성을 증가시킴으로써 기업의 이윤을 창출하는 것을 목표로 하고 있다. 고객의 요구사항은 제품설계로 가시화되고 제조

* 성균관대학교 기계공학과

정보 및 제조계획으로 변환되며, 그에 따라 조달된 자재는 가공, 조립되어 완제품으로 만들어 지고, 제조의 각 공정은 작업진도 및 품질정보와 함께 모니터링되어 피이드백되고 관리된다 (Fig. 1).⁽¹⁾

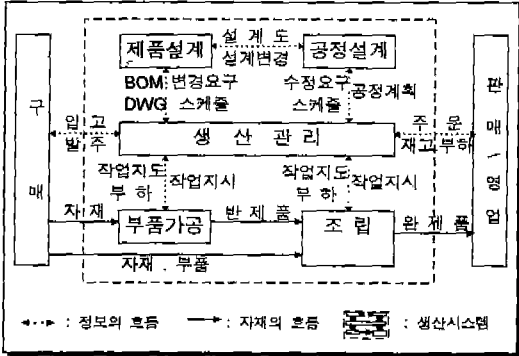


Fig. 1 Composition of manufacturing system

경쟁력 있는 생산시스템 구축을 위한 노력의 결과로서, 생산시스템은 기계화, 자동화, 통합화 등의 단계를 거쳐 CIM에 이르고 있다. CIM은 눈부시게 발전한 정보기술을 근간으로 하여 생산시스템 내의 각종 유용한 정보들을 통합함으로써 생산에 관련된 모든 활동 - 설계, 제조, 관리, 판매, 개발, 자재, 구매 등 각 부문 - 이 공통의 기업 목표를 위해 조화를 이루며 수행되는 생산체제로서, 기존의 자동화(Islands of Automation)에서처럼 부문별 최적(Local Optimum)을 추구하는 것이 아니라, 총체적인 최적(Global Optimum)을 추구한다. 즉, CIM시스템은 시장변화에 대응하여 좋은 품질의 신제품을 값싸고 신속하게 생산하기 위하여, 전사적인 CAx (CAD, CAE, CAPP, CAP, CAM, CAQ 등) 서브시스템을 통합함으로써, 모든 유용한 정보가 동기화 되고 공유되어 전사적인 최적 의사결정이 이루어 질 수 있게 하는 것이다. 최적화에서는 목적함수와 제한조건이 정의되어 있어야 하는 데, 생산자 중심의 시장이 사용자 중심으로 바뀌면서 이윤 극대화라는 기업의 목적함수는 고객만족이라는 절대적인 제한조건을 갖게 되었다. 사용자에게 있어서는 상품에 대한 만족도가 목적함수가 되고, 그것은 흔히 품질이라는 말로 표현되는 경향이 있다. 수년 전 유럽의 한 설문조사에서, 응답자의 89%가 제품선택의 기준으로 품질을 고려한다고 답한 예는 이를 잘 반증해 준다.⁽²⁾ 따라서 품질에 대한 기업의 이해도 이제는 종래의 "기능 만족도"의

범위를 넘어 "고객만족"이라는 광의의 품질로 확대되어야 한다. 즉, 소비자는 제품의 기능, 가격, 외관, 조작성, 사후 서비스(After-Service), 출시 시점(Timing) 등 제반 속성을 "품질"이라는 하나의 개념으로 표현하는 것이다. 그러므로, 생산시스템에서의 품질활동도 가공, 조립 등 제조공정의 부분활동으로서 스펙 만족여부를 가리는 기존의 방식에서 벗어나, 판매 및 상품기획으로부터 설계, 제조, 생산관리 그리고 사후 서비스에 이르는 전 부문에서의 고객만족 지향활동으로 바뀌어야 하고⁽³⁾, 이를 위하여는 고객중심 또는 품질중심을 지향하는 새로운 생산시스템의 패러다임이 필요하다.

본 논문의 목적은, 고객만족을 추구하는 제조업의 생산시스템 모델로서 생산의 새로운 제어변수인 품질지표를 이용하여 기업의 각 부문, 각 레벨에서의 품질활동을 통합함으로써 새로운 구동력(Driving Force)인 품질에 의한 생산활동 제어가 가능한 품질 지향적 CIM시스템에 대하여 고찰하고, 그 Framework을 제시함에 있다.

2. 생산시스템 패러다임의 변천

분업의 개념은 Taylor에 의해 정립된 이래 기업의 생산성을 높이는 방법으로 자리잡아 왔다. 그리고 분업은 작업자의 전문화, 작업의 표준화 등을 통한 기능의 극대화를 초래함으로써 기능 구동적(Function-driven) 생산시스템 모델을 정착시켰다.⁽⁴⁾ 그러나 이러한 분업에 근거한 생산 형태는 작업자의 기계화를 초래하였기 때문에, 현대에 들어 인간의 동기부여가 중요하다는 시각이 생겨나고 또한 극도로 분업화된 작업들 간의 상호 조정이 필요하게 됨에 따라 다시 통합이라는 시대적 흐름을 타게 된다. 그런데, 이때의 통합은 분업으로 나누어 진 업무를 물리적으로 병합하는 것이 아니라, 규모가 커지고 복잡해진 기존의 업무를 재정비하고 업무 간의 정보교환을 원활하게 하는 정보통합의 형태를 띠게 된다. 즉, CAD/CAE, CAPP, MRP, CAM, CAT, CAQ 그리고 자동 제조시스템과 자동창고 등 요소 부문 간의 데이터 인터페이스를 정의하고, 정보의 흐름을 인터페이스링 또는 공통 데이터베이스의 방법으로 실현하여, 각 업무 레벨 및 단계에서의 온갖 의사결정이 데이터에 의해 구동되는(Data-driven) 패러다임을 취하게 된 것이다.

그러나, 전술한 바와 같이 현대의 기업환경이 생산자 중심에서 사용자 중심으로 바뀌는 상황에서 기업은 "고객만족"이라는 지표를 경쟁력의 실체로서 파악하려 하고 있

으며, 이것은 '설계사양의 만족'이라는 기존의 품질의 의미가 한층 넓어졌음을 의미한다. 종래의 데이터 구동 생산시스템에서는 품질이 제조공정의 관리 레벨에서 조망되는 데에 비하여, 고객만족을 지향하는 새로운 생산시스템에서는 제조공정 레벨 뿐만 아니라 마케팅, 상품기획, 설계/개발, 생산, 판매, 서비스에 이르는 생산활동 전 과정에 걸쳐 품질속성이 다루어져야 한다 (Fig. 2).⁽⁵⁾ 이 새로운 환경은 기업 생산활동의 기능 간 정보의 흐름 속에서, 고객만족에 기여하는 모든 품질정보가 특별히 취급

3. 품질 지향적 CIM시스템

데이터 구동적인 기능 통합에서 출발한 오늘날의 CIM 모델들은 일반적으로 관리 레벨(Management Level)에서 작업장 레벨(Shop Floor Level)에 이르는 계층적 구조에 기반을 두고 있지만, 기능간 데이터 인터페이스와 물리적인 정보교환채널 구현에 중점을 두고 있을 뿐 통합을 위한 진정한 피드백 요소는 가지고 있지 못하다. 특히, 제품의 수명주기에 따라 계획, 정의, 생성되고 사용되는 품질의 주기(Life Cycle)에서 볼 때, 많은 정보가 고객만족을 지향하는 품질정보임에도 불구하고 제대로 조망받지 못하여 품질제어를 위한 피드백이 포괄적으로 이루어지지 않고 있는 편이다. 유럽공동체의 ESPRIT를 위시한 대부분의 CIM 연구와 구현사례에 있어서도 품질관점은 빠져 있거나 서브시스템의 작은 부분으로 숨겨져 있었고⁽⁶⁾, 단지 품질검사(Inspection)나 통계적 공정제어(SPC: Statistical Process Control) 차원의 품질관리가 공정관리의 일환으로 수행되고 있는 것이 고작인 실정이다. Ranky⁽⁷⁾, Tannock⁽⁸⁾ 등은 품질시스템의 중요성을 강조하여, 품질시스템(CAQ)을 CIM의 한 서브시스템으로 정의하고 다른 서브시스템들과의 인터페이싱 메카니즘에 초점을 맞추었지만, 이들에 있어서도 생산시스템의 핵심적 통합요소로서의 품질관점에 대한 고찰은 미흡한 편이다.

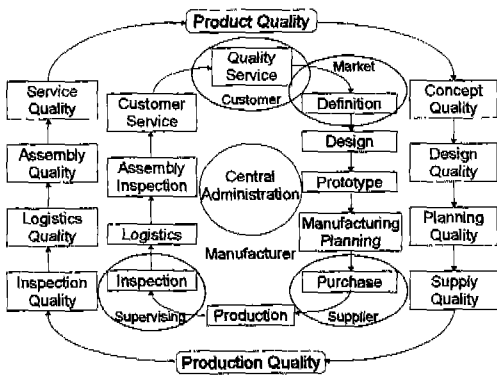


Fig. 2 Quality circle along with product life cycle (DIN 55350)⁽⁶⁾

되고 의사결정의 중심이 되는 품질 지향적(Quality-driven) 패러다임을 요구한다. 즉, 고객만족이라는 경영목표 아래 생산활동의 원류부터 하류까지의 각 단계, 각 레벨에서 각각의 품질 목표와 품질 지표들이 어우러져 고객만족을 창출하는 품질 지향적 생산시스템이 필요하게 된 것이다. Fig. 3은 기능 구동에서 데이터 구동을 거쳐 품질 지향적으로 발전하는 생산시스템 패러다임의 변천과정을 보여준다.

품질 지향적 생산시스템에는 이러한 한계를 극복하기 위하여 공정 내 제어고리(In-Process Control Loops), 공정 간 제어고리(Near-Process Control Loops), 계층 간 제어고리(Level Overlapping Control Loops) 등 포괄적인 피드백 통로가 구성되어 있어야 한다 (Fig. 4).⁽⁹⁾ 계층적 비즈니스 모델에 따라 품질관리 계층(Quality Management Level)으로부터 작업장 계층(Shop Floor Level)에 이르는 각 계층 내 및 계층 간 품질제어 루프 속에서, 각기 다른 품질목표와 품질변수가 선정되어 생산활동의 계획과 관리, 제어를 위한 주요 지표로 작용한다. 고객만족이라는 지상의 경영목표와 고객의 소리는 업무 체제에 따라 다양한 품질 지표로 전개되어 하위레벨로 전달되고, 최하위 공정레벨은 불량률, 가동률, 생산성 등과 같은 품질지표를 생성하여 상위레벨로 전달하면 요소 요소에서의 품질 지표는 다시 압축되어 궁극적으로는 기술 경영의 실적 지표로 환원된다.

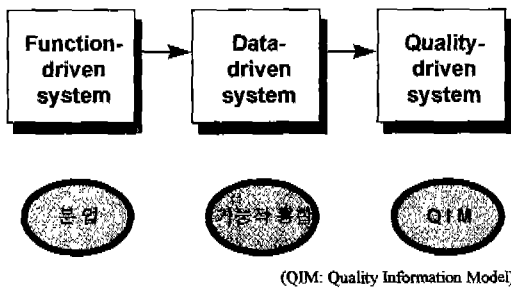


Fig. 3 Transition of manufacturing system paradigm

공정 내 제어고리는 이미 많은 자동화 시스템에서 구현되어 있다. NC공작기계의 위치 및 이송제어 등은 도달

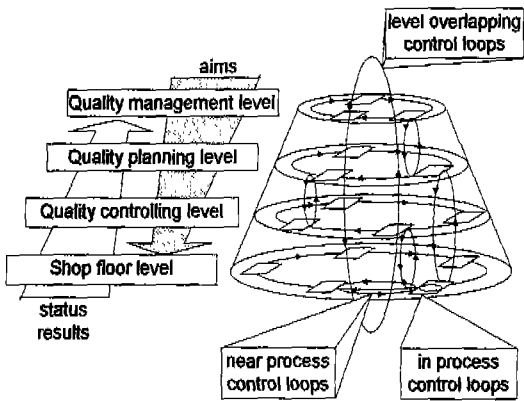


Fig. 4 Structure of technical and organizational quality control loops. ⁽⁹⁾

하고자 하는 목표치를 얻기 위한 공정 내 피드백 제어의 대표적인 예이며, 공정변수를 직접 측정하여 제어변수로 이용하는 적응제어(Adaptive Control)도 이 경우에 속한다. 또한, 공작물을 탈착하여 측정기로 옮기지 않고 작업 중에 형상이나 치수를 측정하여 불량품이 발생하지 않도록 모니터링하는 것도 공정 내 제어고리 구현의 좋은 예라 할 것이다. 공정 내 제어고리는 모든 공작물들이 실패없이 공정을 끝낼 수 있게 하며, 이때 발생하는 품질데이터는 설비와 공정의 능력(C_m :Machine Capability, C_p :Process Capability)을 최상으로 유지하기 위한 중요한 정보로 활용될 수 있다. 공정 간 제어고리는 두 공정 사이에 위치하여 한 공정을 마친 공작물들을 대상으로 검사, 통계, 분석하여 그 결과를 피드백함으로써 앞 공정의 공정능력을 향상 시키는 경우로 통계적 공정제어가 대표적인 예이다. 한 공정의 결과를 통계적으로 추적하면서 측정값의 추이가 좋지 않거나 허용범위를 벗어나면 즉시 보정하는 방향으로 공정을 제어하도록 피드백함으로써 균일한 작업결과를 얻을 수 있도록 유지하는 것이다. 또한 여기서 발생한 정보는 직접 역세스가 가능하거나 상위 레벨에서 사용할 수 있도록 가공되어 저장되어야 한다. 레벨간 제어고리는 기업내 몇 개의 레벨사이를 연결하거나, 크게는 고객까지 연계하여 품질정보를 교환하고자 하는 것이다. 최상위의 품질관리 계층에서 최하위 작업장 계층에 이르는 제어고리를 구성할 경우, 고객의 요구는 품질계획 계층에서 반영되어 설계되고, 품질통제 계층의 감독하에 작업장에서 고객의 요구에 부응하는 제품이 제작되는데, 만약 제작 결과가 고객의 요구에 부합하지 않

는다면 바로 상위계층들로 피드백함으로써 다시 고객의 요구에 부응하도록 조치가 취해지는 메카니즘으로써 실패 예방적인 품질보증이 가능하도록 하여 준다.

한편, 품질 지향적 생산시스템은 상품기획에서부터 설계, 제조, 판매 및 사후 서비스에 이르는 기업활동의 요소 요소에 품질공학적인 수단을 활용한다. ^(10, 11) 품질관리 계층에서는 QFD(Quality Function Deployment)를 통하여 고객의 요구를 대응 특성으로 변환하여 제품의 설계 품질 전략을 정함으로써 상품의 기획부터 고객의 요구에 의해 구동되도록 한다. 품질계획 계층에서는 상위 계층의 활동 결과인 제품사양 또는 제품의 품질특성(Quality Feature)에 의거하여 품질계획을 세우게 되는데, 특히 신뢰성 있는 설계를 위하여 제품설계에서는 DOE(Design Of Experiment), Design FMEA(Failure Mode and Effects Analysis), FTA(Fault Tree Analysis) 등을, 공정설계에서는 Process FMEA를 적용한다. 그리고, 작업장의 각 공정에서 수립된 검사 계획에 따라 테스트하여 가장 원시적인 품질정보를 만들어 내면, 품질통제 계층에서는 이 원시 데이터를 가공하여 설비관리, 생산관리의 지표로 삼고 동시에 품질계획 계층과의 가교를 놓는다. 이와 같이 다양한 품질활동의 상호작용의 결과로서 공장에서는 최종 제품이 최고의 품질로 생산되어 고객에게 전달됨으로써 기업의 경영목표인 고객 만족을 이룰 수 있게 된다. 이러한 품질 지향적 비즈니스 모델이 실현되기 위하여는 품질 데이터베이스가 구축되어 각 계층의 기능부문과 연계되어야 한다. 즉, 업무 전체를 포괄하는 데이터 획득으로 모아진 품질 데이터의 공유와 분석을 통하여 각 업무 계층과 각 업무 활동으로 피드백됨으로써 고객만족을 향한 생산활동의 제어가 가능할 때 비로소 총체적 통합 시스템으로서의 품질 시스템이 구현될 수 있다.

4. 품질 지향적 CIM시스템 구현을 위한 Framework

품질 지향적 생산시스템은 Fig. 5에 나타난 바와 같이, 비즈니스 업무 영역(Business Process Domain)과 품질 정보 영역(Quality Domain)으로 이루어진다. 비즈니스 업무 영역은 CIM에서와 같이 상품기획부터 판매/서비스에 이르는 제조업의 일반적인 업무들이 요소 요소에 품질공학적인 수단을 응용하고 있는 통합 품질 시스템(Integrated Quality System)과 연계되어 생산정보를 상호교환하고 있음을 보여준다. 각 활동에서 발생하는 품

질 데이터는 품질 정보 모델(QIM: Quality Information Model)에 따라 구조화 되어 품질 정보 영역 상에서 통합 운용 가능한 형태로 저장,관리 된다.

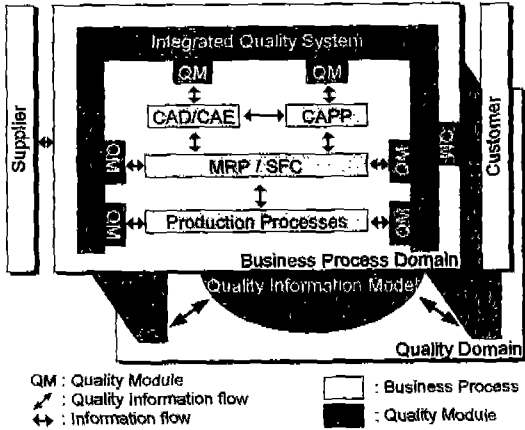


Fig. 5 Architecture of quality-driven manufacturing system

상품기획에서부터 제조, 판매에 이르는 비즈니스 프로세스는 그 업무흐름상에서 각각 CAD, CAE, CAPP, MRP, SFC 등의 업무 지원 틀을 이용하여 구현되고, 설계 및 제조 데이터베이스를 통하여 종합된다. 한편, 각각의 프로세스는 통합 품질 시스템의 모듈을 채널로 하여 품질정보를 교환한다. 품질 모듈이란 비즈니스 업무 영역의 각 틀들과 연계 또는 통합되어 품질활동을 수행케 하는 아래에 설명되는 각 방법들을 구현한 소프트웨어로 이해될 수 있으며, 이들은 품질정보 영역에 닿아 있어서 품질 정보 모델 안에서 교류한다. 최종 소비자와 직접적인 창구가 되는 상품기획은 QFD를 이용하여, 고객의 요구사항을 설계에서 활용할 수 있는 공학적인 품질특성으로 변환시킴으로써 설계,개발의 방향을 제시한다. CAD와 CAE등의 지원을 받아 제품이 설계되는 과정에서, 제품의 신뢰성에 관한 검토가 D-FMEA의 방법이 적용됨으로써 충분히 이루어진다. 생산기술에서는 공정설계 기능 외에 제품검사 계획 및 설비관리 계획이 함께 수행되는데, 외란에 대해 안정적으로 품질이 유지될 수 있도록, 실험계획에 의한 공정의 강인 설계, P-FMEA, FTA등의 방법이 적용된다. 자재가 조달,유통되고 제조,조립되어 출고되는 공정들은 종합생산관리(MRP: Manufacturing Resources Planning)시스템, 공정관리(SFC: Shop Floor Control)시스템에 의해 관리되는 데, 자재의 입출

고 및 공정의 검사에 따른 품질 정보들이 수집,분석되어 통계처리되는 한편, 이런 품질 데이터의 추이에 따라 공정이 직접 제어되기도 한다. 여기에는 SPC, FTA, FMEA등의 품질관리 툴(Quality Tools)들이 이용된다. 시장에 출하되어 제품이 판매되면, 고객이 제품을 사용함에 따라 서비스가 제공되면서, 고객의 만족도와 불량 및 신뢰성 등에 관한 평가 데이터(Field Data)가 수집,관리 된다. 이 데이터는 일련의 분석과정을 거쳐, 상품기획, 설계 개발, 생산기술, 생산관리 등 적재 적소에 피드백되어 생산활동의 제어정보로 유용하게 활용된다. Fig. 6은 비즈니스 프로세스들이 품질활동과 상호교류 또는 연계되는 기구를 업무흐름을 따라 보여준다. 이로써, 품질활동의 제충간, 공정간 그리고 공정 내 제어고리가 품질 지향적 생산시스템의 Framework을 이용하여 잘 구현될 수 있음을 알 수 있다. Fig. 6의 세번째 열에 표시된 품질 활동들은 품질 지향적 CIM시스템에서 연계 요소로 작용하는 주요 모듈을 나타낸다.

품질정보는 고객만족도나 QFD에 입력되는 고객의 요구사항과 같은 모호한 정보에서부터 부품 및 제품의 성능이나 정밀도, 공정능력(C_p), 설비능력(C_m)과 같은 상세한 데이터에 이르기까지 다양하고 방대한 정보들로 이루어져 있다. 이 정보는 하나하나의 비즈니스 프로세스와

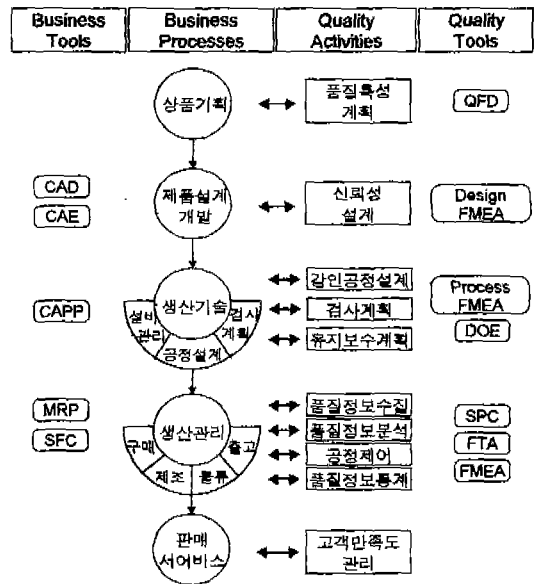


Fig. 6 Business processes vs. quality activities

품질활동에서 활용할 수 있는 형태로 관리되어야 하는데, 품질 지향적 CIM시스템에서는 이를 품질 정보 영역 상의 품질 정보 모델(QIM)로 구현한다. QIM에 따르면 Fig. 7에 표시된 바와 같이, 제품에 관한 품질 정보가 제품 품질 특성 및 제품의 이력,고장 정보와 함께 관리되면서 제품을 구성하는 부품정보와 연계되어 있다. 부품의 품질 특성 정보는 제품정보와 마찬가지로 그 이력 및 결함정보와 연결되어 있고, 또한 공정정보와도 연결되어 있다. 공정은 장비와 연계되어 그 이력 및 FMEA결과가 함께 관리된다. 한편, 제품과 부품의 검사정보도 그 특성 정보에 연결되어 함께 관리된다. 품질 데이터베이스는 비즈니스 업무 영역의 설계 데이터베이스 및 제조 데이터베이스와 직접 연계되어 제품, 생산, 품질의 통합 데이터베이스를 구성한다.

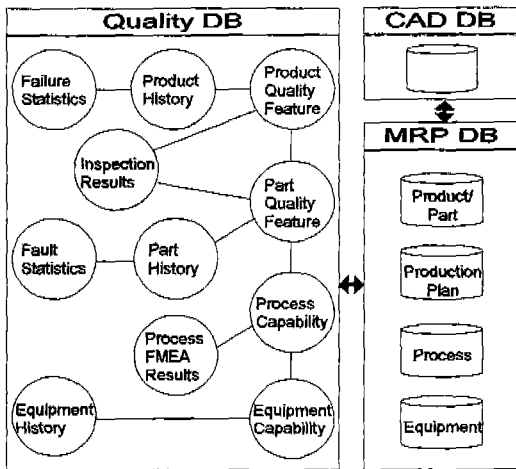


Fig. 7 Quality data model integrated with design & manufacturing databases

5. 결론

점점 치열해 지는 경쟁 상황에서 제조업체가 살아 남기 위하여 요구되는 생산시스템의 발전 단계를 고찰하고, 이러한 생산시스템의 발전선상에서 볼 때 고객만족이라는 관점에서 새로운 경쟁력 요소로 조명되는 품질을 지향하며 품질에 의해 구동되는 생산시스템의 Framework을 제시하였다. 품질 지향적 CIM시스템은 품질의 관리 계층, 계획 계층, 통제 계층, 그리고 작업장 계층에 이르는 계층적 구조 속에서 공정 내 제어고리, 공정간 제어고리

그리고 계층간 제어고리에 의해 품질정보의 포괄적인 피드백 루프를 구성하고, 비즈니스 업무 영역 상에서 발생하는 모든 품질정보들은 품질 정보 영역 상의 품질 정보 모델에 따라 품질 데이터로 통합, 저장, 관리함으로써 기업의 경영목표인 고객만족을 이루고자 하는 생산시스템으로 이해된다. 품질 지향적 CIM시스템의 Framework에서는 품질 정보 모델을 정의하고, 비즈니스 프로세스와 품질 정보 영역을 잇는 연계요소(Quality Module)를 갖는 통합 품질 시스템을 제안하였다. 이 Framework에 따라, 기존의 계층적 CIM모델 내 설계 데이터베이스 및 제조 데이터베이스와 연계하여 통합적 품질 지향 CIM시스템이 구축될 수 있다.

참고 문헌

1. Kang, M., *Entwicklung eines Werkstattsteuerungssystems mit simultaner Termin- und Kapazitaetsplanung* (일정, 부하 동시계획법에 의한 생산통제 시스템 개발), Hanser Verlag, 1987 (in German).
2. N. N., "The single most important challenge for Europe." *European Quality Management Forum* (ed.: McKinsey & Company), Montreux, Oct. 1989.
3. Pfeifer, T., Eversheim, W., Koenig, W., Weck, M., *Manufacturing Excellence - The competitive edge*, pp.35-58, Champman & Hall, 1994.
4. 박진우, *과학적 관리의 원칙* (원저: Taylor, F. W., *The principles of scientific management*), 박영사, 1993.
5. DIN 55350, *Begriffe der Qualitaetssicherung und Statistik* (품질보증과 통계의 개념), Beuth Verlag, 1982 (in German).
6. Yeomans, R. W., "Design rules and development guidelines for CIM projects", *Proceedings of 4th Conference on Automated Manufacturing* (ed.: B. B. Hundy), pp.395-412, IFS Publications, Bedford, 1987.
7. Ranky, P. G., "Real time quality control loops in CIM environment", *Proceedings of 8th International Conference on Automated*

- Inspection and Product Control* (ed.: E.McKee), pp.45-62, IFS Publications, Bedford, 1987.
8. Tannock, J.D.T., *Automating Quality Systems*, Chapman & Hall, 1992.
 9. Weck, M., Eversheim, W., Koenig, W., Pfeifer, T., *Production Engineering - The Competitive edge*, pp.423-440, Butterworth - Heinemann Ltd., 1991.
 10. Chang, C.H., "Quality function deployment (QFD) processes in an integrated quality information system", *Computers and Industrial Engineering*, Vol.17, Nos.1-4, pp.311-316, 1989.
 11. 박성현, *다구저 방법과 통계적 공정관리를 중심으로 한 품질공학*, 민영사, 1993.