

항공기 기체 부품 생산을 위한 생산 현장 중심의 설계/생산 통합 정보 시스템 개발

한관희(경상대학교 산업시스템공학부), 최운집(수성기체(주))* , 박찬우(경상대학교
기계항공공학부/BK사업단), 이상한((주)CIES)

Development of a Shop Floor-Centered Integrated Design/Manufacturing
Information System for the Production of Aerospace Structure Parts

K. H. Han(Indus. Eng. Dept., GSNU), U. G. Choi (SooSung Co.), C. W. Park(Aero. Eng. Dept.,
GSNU), S. H. Lee (CIES Co.)

ABSTRACT

To increase the productivity and efficiency of an enterprise, all relevant product information should be provided to shop floor workers timely and in a unified form because shop floor workers are final consumers of most accumulated information generated from various departments of an enterprise. But, most existing enterprise information systems have an emphasis upon providing design/manufacturing information to office workers. Proposed in this study is a development of integrated design/manufacturing information system focused on providing integrated information required for shop floor activities. For developing integrated information system, the functional requirements at the shop floor are identified and analyzed. Based on the extracted functional requirements, object-oriented system design and implementation is conducted. By using this system, shop floor workers can refer to all relevant information necessary to their work easily and in a integrated form.

Key Words : 통합 정보 시스템, 생산 현장, PDM (제품 정보 관리 시스템), MES (제조실시시스템)

1. 서론

극심해지는 글로벌 경쟁 환경 및 제품 수명 주기 단축 등으로 인해 기업 외부 환경이 빠르게 변화함에 따라 각 기업은 핵심 역량 확보를 위해 전반적인 프로세스의 혁신을 추진하고 있다. 이러한 프로세스 혁신의 일환으로 1990년대부터 재무, 인사 등 기업의 관리 영역을 전체적으로 연결하는 ERP (Enterprise Resource Planning) 시스템의 도입이 추진되어 대다수의 기업이 적극적으로 활용하고 있으며 최근에는 제품 설계 분야나 생산 현장 분야로 까지 정보 시스템의 적용 범위가 넓어지고 있다.

기존의 정보시스템 중에서 설계 및 생산 부문을 지원하는 시스템으로는 제품 정보 관리 (PDM) 시스템이나 제조 실시 시스템 (MES)을 들 수 있는데 PDM

은 설계 단계를 주로 지원하고 MES는 생산 단계만을 주로 지원하고 있다. 그런데, 제품 설계에서 생산까지의 리드타임 단축과 생산 원가를 절감하기 위해서는 설계 부문과 생산 부문간에 정보가 양방향으로 실시간 소통되는 체제의 구축이 필수적이며 이를 위해서는 PDM 기능과 MES 기능이 밀접하게 연결된 통합 정보 시스템의 개발이 필요한 실정이다. 그리고 제품 설계나 공정 설계 단계에서 발생하는 각종 기술 정보는 영업과 생산 관리에서 구체화된 수주 정보와 함께 생산 현장에서 합쳐져서 하나의 작업지시 정보를 형성하며 이를 기반으로 실제 생산이 수행된다. 그러므로 주어진 수주 오더를 높은 생산성으로 단납기에 생산하기 위해서는 각종 설계 및 생산 관련 데이터가 생산 현장에서 작업자가 이해하기 쉽고

사용하기 쉬운 형태로 전달되어야 하고 생산 작업에 필요한 정보를 작업자가 신속하게 찾을 수 있는 체계가 갖추어져야 한다.

특히, 본 연구의 대상인 항공기 기체 부품 생산은 다품종 소량 생산 형태로 부품의 종류가 많고-대상 기업은 기계 가공 및 판금 부품을 생산 및 조립하며 약 8,000 품목 (군용기 2,000 품목, 민항기 6,000품목)을 생산- 대상 부품의 형상과 크기가 다양하며 설계 변경도 빈번하여 현장 작업자들이 작업 시에 다수의 설계 도면과 각종 기술 사양서를 수시로 참조해야 하는 실정으로서 납기 단축과 생산성 향상을 위해서는 설계도면, NC 데이터, 각종 사양서 및 수주 정보를 쉽고 빠르게 단일 사용자 인터페이스에 의해 접근할 수 있게 해주는 통합 정보 시스템의 개발이 필요하다. 그리고 항공 산업 관련 모든 제작 시설과 공정은 원천 완성이 제작사의 사전 승인과 인증을 전제로 하기 때문에 항공 산업 품질 인증 체계인 AS9100 인증 시스템 지원 기능과 생산 부품에 대한 엄격한 형상 관리, 설계 변경 관리 및 추적성 관리 기능 등이 추가적으로 요구된다 [1].

그러나 설계 및 생산 기술 관련 정보와 생산 현장에서 발생하는 생산 정보들을 관리하기 위해 개발된 기존의 정보 시스템들은 주로 관리직의 계획/통제 업무를 지원하는데 필요한 데이터의 체계적 저장이나 사후 분석 기능들을 위주로 제공하고 있어서 위에서 언급한 요구사항들을 만족시키지 못하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 항공기 기체 부품 생산에 있어서 생산 현장에서 요구되는 다양한 정보를 통합적인 형태로 사용하기 쉽게 제공하기 위해 필요한 기능 요구사항 및 시스템 요구사항을 분석하고 필요 정보들의 종류와 내용을 체계화하며 이를 기반으로 정보 시스템으로 구현한다.

2. 관련 연구

항공 산업에서의 정보 시스템 설계, 개발 및 활용에 관한 연구를 살펴보면 우선 항공전자 시스템을 생산하는 기업을 대상으로 기존 정보 시스템과 새로이 도입되는 유연 생산 시스템을 통합하기 위해 필요한 요구사항을 정의하기 위하여 IDEFO (ICAM DEFINITION)를 이용하여 전사적 모델링을 수행하였으며 [2], Rupp & Steiner [3]는 항공기 엔진 개발시에 원격지에 분산되어 있는 관련 회사간의 원활한 의사소통과 기술 데이터 교환에 필요한 웹기반 협업 지원 도구를 설정하기 위한 체계적인 절차를 제시하였다. 강진구 외 [4]에서는 완성이 조립업체에서 사용하고 있는 PDM 시스템과 ERP 시스템을 연결하기 위해 상용 공정 계획 시스템을 데이터 중계

시스템으로 이용하였다. 이 연구에서는 자체 개발한 인터페이스를 이용하여 PDM 시스템의 EBOM (Engineering BOM)을 추출한 후 이를 이용하여 상용 공정 계획 시스템에서 MBOM (Manufacturing BOM)과 공정 계획서를 작성하여 이를 ERP로 보내는 인터페이스들을 개발하였다.

제품 데이터 관리 분야에서는 일반적인 PDM 시스템이 갖추어야 할 기능에 관한 분석에 관한 연구[6]와 웹 기반 PDM 시스템의 장단점과 7 개 상용 시스템들의 특성 비교에 관한 연구가 수행되었다 [6]. 제조 실시 시스템의 범위와 구성 기능에 관한 연구도 광범위하게 수행된바 있다 ([7]-[9]).

기간 정보 시스템 사이의 연동을 위한 연구로는 우선 ERP 시스템과 CAD/CAM 시스템의 통합에 필요한 핵심 성공 요인을 도출한 연구를 들 수 있고 [10], WOB [11]에서는 최근의 다품종 소량 생산 체제에서는 고객 요구의 다양화에 따라 수많은 BOM과 공정 계획 데이터를 유지 관리해야하는데 이의 결과로 데이터의 중복성과 불일치성이 발생하고 있음을 지적하고 이를 해결하기 위해 고객의 요구사항으로부터 최종 BOM을 산출하고 이를 바탕으로 동적으로 공정 계획을 생성하는 규칙 기반 제품 데이터 관리 기능을 개발하였다. Ou-Yang & Jiang [12]에서는 PDM과 ERP 사이의 데이터 교환을 위한 별도의 미들웨어를 개발하였고, 한관희 외 [13]에서는 이를 일반화하여 일반 사용자도 쉽게 기업 기간 시스템 사이의 데이터 교환 작업을 수행할 수 있게 하는 데이터 통합 도구를 개발하였다.

통합 정보 시스템에 관한 연구로는 Lee [14]에서 제품의 시장 조사에서 개발, 생산/판매에 이르는 제품 생애 주기 전반을 지원하는 통합 정보 시스템에 대한 개념 설계를 수행하였으며 대상 기능은 ERP, PDM, MES, CRM (Customer Relationship Management) 분야를 포괄하고 있다. NG and IP [15]에서는 기업 목표를 달성하기 위해서는 통합 제조 정보 시스템이 필요함을 전략 계획 프로세스를 통해 도출하고 MES의 일종인 실시간 생산 모니터링 시스템과 ERP 시스템의 통합을 위한 분산 객체 시스템 설계가 이루어졌다. 그리고 설계 부문과 생산 부문의 양방향 실시간 데이터 흐름을 위한 설계/생산 통합 정보 시스템의 바람직한 기능 요건을 정의하기 위한 QFD (Quality Function Deployment) 기반 기능 분석이 본 연구의 선행 연구로 수행되었다 [16].

위에서 살펴보았듯이 생산 작업자 측면에서 실제 작업에 필요한 정보들의 종류와 내용을 정의하고 이를 바탕으로 정보 시스템을 개발/구현하는 연구는 아직까지 발표되지 않고 있다.

3. 기능 분석

설계/생산 통합 정보 시스템 개발에 필요한 사용자 요구사항은 응답 시간, 사용자 편의성, 신뢰성 등과 같이 시스템 전체에 걸친 바람직한 특성을 기술하는 시스템 요구사항과 실제 업무 수행에 필요한 기능들을 표현하는 업무 지원 요구사항으로 구분할 수 있는데, 결정된 주요 시스템 요구사항은 아래와 같다: 1) 설계-생산준비-생산의 전 과정을 하나의 정보 시스템으로 통합 관리할 수 있어야 한다. 2) 항공기 기체 생산 특성을 최대한 반영해야 한다. 3) 필수적인 핵심 기능만을 제공하며 간단한 업무 처리 방식과 사용하기 쉬운 증소형 시스템이어야 한다. 4) 사용자 편의성 및 접근성을 제고하기 위해 웹 기반 시스템으로 개발되어야 한다. 5) 향후 시스템 변경과 확장이 용이하도록 객체지향 시스템으로 개발되어야 한다.

업무 지원 요구사항으로는 아래와 같은 항목들이 정리되었다. 1) 모업체에서 요구하는 추적성 및 이력 관리를 위해 파트 형상 관리 및 설계 변경 관리가 체계적으로 이루어져야 한다. 2) 제품과 관련된 도면, 사양서, NC 파일, CAD 파일 등을 제품 번호에 의해 통합 관리하고 검색할 수 있어야 한다. 3) 현장 작업자가 작업에 필요한 각종 정보들을 단일 사용자 인터페이스에 의해 제공할 수 있어야 하며 사용하기 쉬워야 한다. 4) AS9100 인증 시스템에서 요구하는 품질 인증 프로세스를 지원할 수 있어야 한다. 5) 장비 가동 현황이 실시간으로 모니터링 될 수 있어야 한다.

이와 같은 요구사항들을 만족시키기 위해 선행 연구[16]에서는 QFD 방법을 이용하여 필요 기능을 추출하였으며 확정된 설계/생산 통합 정보시스템의 필요 기능은 <그림 5>와 같다. 필요 기능들은 크게 설계 부문, 생산 부문, 기반 기능 부문, 시스템 인터페이스 부문의 4 부문으로 분류된다. 설계 부문은 파트/BOM, 설계변경 등과 같이 제품과 관련된 각종 정보들을 파트 번호라는 단일 식별자에 의해 통합적

으로 관리하며 제품 구조 및 형상 관리, 설계변경 및 이력 관리, 문서/도면/CAD 데이터 관리로 이루어져 있다. 생산 부문은 작업지시에서 생산 실적 집계까지의 전반적인 생산 현황을 관리하며 공정서 작성 및 NC 데이터 관리, 작업지시 관리, 생산 실적 집계 및 분석, 설비 관리, 공구 관리로 이루어져 있다. 기반 기능 부문은 설계/생산 통합 정보시스템을 운영하는데 필요한 전체적인 시스템 관리 기능과 각 부문에서 필요로 하는 공통 기능들을 제공하는데 AS9100 및 워크플로 관리, 분류 및 검색, 시스템 운영 관리로 구성된다. AS9100 품질경영 시스템은 ISO9000 요건에 기초하여 항공 산업 분야에 적용되는 공급자 품질 보증 규격으로 항공 산업 분야 공급자에게 필요한 ISO9000 요건들을 더욱 상세하고 명확하게 규정하고 있다. 시스템 인터페이스는 설계/생산 통합 정보시스템과 관련이 있는 기업 내외의 관련 시스템간의 연결을 위한 것인데 크게 CAD 인터페이스 및 시각화, ERP 인터페이스, 모업체와의 기술 데이터 연계로 이루어진다. (상세 기능 설명은 [16] 참조)

4. 생산 현장 중심의 시스템 구현

개발된 시스템 (이하 AIDMIS라 칭함)은 3장에서 설명된 바와 같이 설계 단계와 생산 단계에서의 제품 관련 정보의 생성과 분배 및 사용을 체계적으로 관리하기 위한 시스템으로 주요 기능 및 ERP 시스템 사이의 데이터 흐름은 <그림 2>와 같다. AIDMIS를 이용한 업무 흐름은 <그림 2>에서 보듯이 우선 모업체로부터 관련 자료를 받아 파트, 도면, 문서, CAD 파일들의 등록을 완료한 후 BOM을 구성한다. 이후에 CAD 파일에 근거하여 공정 계획과 NC 데이터를 작성하여 저장한다. 파트/BOM 정보와 같은 제품 관련 데이터들은 ERP 시스템으로 전송되며, ERP 시스템으로부터는 생산지시서 정보를 받게 된다. 생산지시서 정

설계 부문	생산 부문
제품 구조 및 형상관리	작업 지시 관리
설계 변경 및 이력 관리	실적 집계 및 분석
문서/도면/CAD 데이터 관리	공정서 작성 및 NC 데이터 관리
	설비 관리
	공구 관리
기반 기능 부문	시스템 인터페이스 부문
AS9100 및 워크플로우 관리	ERP 인터페이스
분류 및 검색	CAD 인터페이스 및 시각화
시스템 운영 관리	모업체와의 기술 데이터 연계

그림 1. 설계/생산 통합 정보시스템의 기능구조도

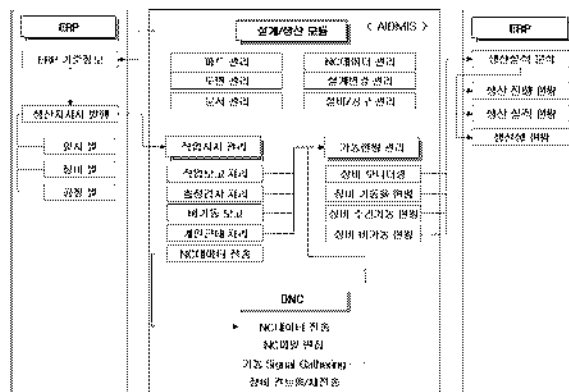


그림 2. AIDMIS와 ERP 시스템간 데이터 흐름도

보와 각종 기술 자료들에 근거하여 생산 작업이 수행되며 작업 완료 후 AIDMIS 시스템은 ERP 시스템에 생산 실적 정보를 전송하게 된다. 이와 같이 각 부문에서 생성된 제품 관련 정보들은 생산 현장으로 집적되어 통합 정보를 형성하게 되는데 이는 현장 작업자가 생성된 정보의 가장 최종적인 사용자면서 가장 다양한 정보를 사용하는 통합 정보 사용자를 의미한다.

생산 현장에서의 가공 작업은 상세하게 설명하면 아래와 같은 순서로 진행된다: 1) 장비 코드를 이용하여 작업지시서를 검색하여 특정한 작업지시를 선택한다. 2) 작업 지시서의 내용을 검토한다. 3) 대상 작업지시와 관련된 도면, 기술 사양서, NC 코드 등을 조회한다. 4) 작업 시작 보고 처리한다. 5) NC 데이터를 다운로드하여 NC 기계에 전송한다. 6) 작업 상황을 모니터링한다. 7) 작업 완료 보고 처리한다. 8) 이상 상황이 발생하면 필요시 '중단 시작' 보고와 '작업 개시' 보고를 한다. 즉, 작업자는 작업 준비 단계에서 척, 공구 등의 툴링과 NC 데이터를 준비하고 절삭 조건을 결정하며 작업물을 셋업하는 작업을 수행한다. 가공 중에는 가공 모니터링을 통해 가공 중에 이상상황이 발생하면 조치를 취한다.

이러한 작업 과정에서 작업자는 대상 제품과 관련된 다양한 정보를 참조하여 작업을 수행하는데 그 중에서 대표적인 것으로는 작업할 제품의 수량, 납기, 공정 라우팅 등의 정보를 담고 있는 작업지시서와 툴링, 셋업 정보 등을 담고 있는 작업 사양서, 작업물의 형상을 표현하고 있는 2D/3D 도면과 NC 데이터 등을 들 수 있다. 만약 작업자가 이러한 정보들을 참조하기 위해 여러 번의 로그인을 필요로 하거나 복잡한 검색 단계를 거쳐야 하거나 혹은 관련 정보를 통합적으로 조회하기 어렵다면 가공 생산성에 큰 영향을 미치게 되므로 단일 사용자 인터페이스에 의해 작업자에게 필요한 정보를 통합된 형태로 제공

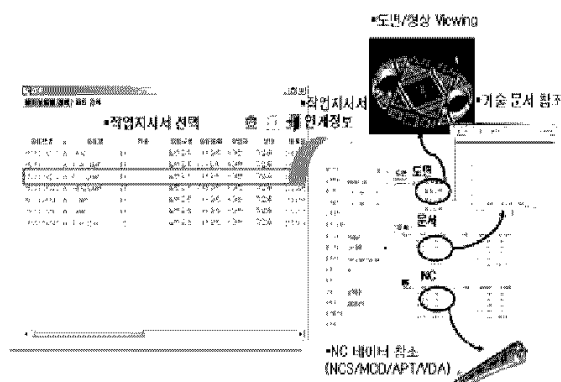


그림 3. 단일 사용자 인터페이스에 의한 정보참조

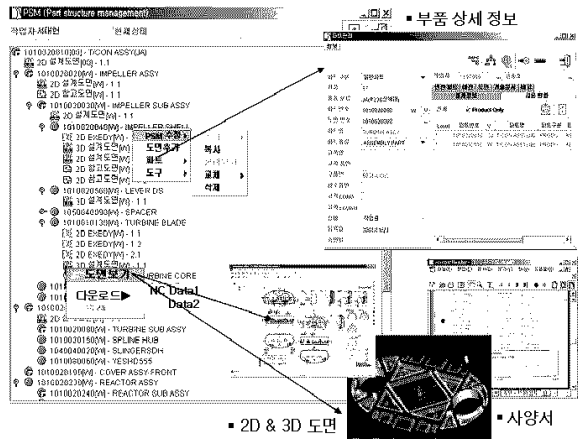


그림 4. BOM 구조를 이용한 관련 정보 조회

하는 기능이 기업 전체의 효율 향상에 매우 중요하다. <그림 3>은 위에서 설명한 가공 작업 1 단계에서 특정 작업지시를 선택한 후에 이 작업의 수행에 필요한 도면, NC 데이터, 기술 사양서 등 각종 정보를 단일 사용자 인터페이스에 의해 참조하는 화면을 나타내고 있다.

작업자는 작업에 필요한 정보를 작업물의 파트 번호를 가지고 BOM 구조를 검색하여 조회할 수도 있으며 <그림 4>에 BOM 구조를 이용하여 대상 작업물의 상세 정보와 2D/3D 도면 및 사양서 정보 등을 단일 화면으로 조회하는 기능을 나타내고 있다. 제품 구조 및 형상 관리를 위한 파트 기본 데이터는 <그림 5>의 우측 상단의 주 화면을 통해 관리되며 입력된 데이터들을 이용하여 우측 하단과 좌측 화면들에서와 같이 파트의 상세 정보를 조회하거나 BOM 정보를 트리나 테이블 형태로 조회하거나 혹은 서로 다른 제품과의 구조 차이를 분석해볼 수 있다. 제품의 설계 변경이 확정되면 변경된 정보가 빠르고 정확하게 생산 현장에 전달되어야 하는데 개발된 시스템에서

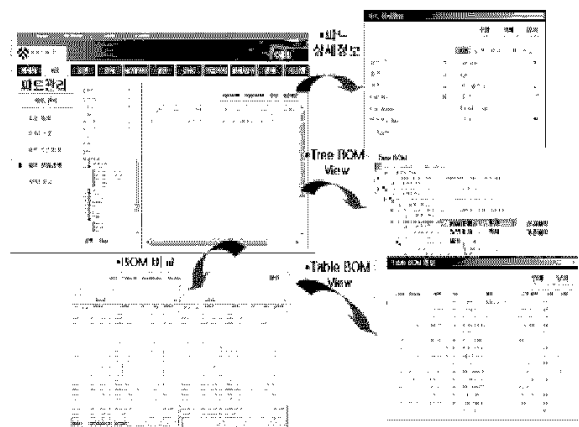


그림 5. 제품 정보의 다양한 표현

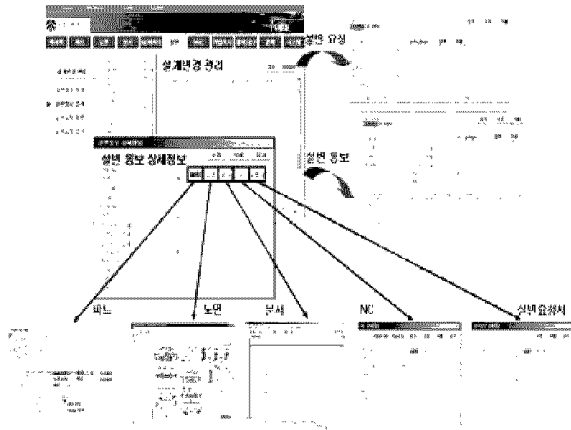


그림 6. 설계 변경 관리

는 설계 변경 요청과 설계 변경 통보에 대한 기본 정보가 등록되면 <그림 6>에서와 같이 단일 화면에서 다양한 형태로 변경 정보들을 조회할 수 있다.

본 연구의 대상이 되는 기업은 취급 품목이 약 8,000여 품목에 달해 이를 가공하기 위한 NC 코드의 체계적인 관리도 매우 중요한 사항이다. <그림 7>에 CAD 와 연계하여 NC 데이터를 생성하고 NC 데이터에 대한 메타데이터를 등록하며 NC 파일을 저장하는 등의 NC 데이터 관리 기능을 나타내고 있다.

AIDMIS 서버와 DNC 시스템 사이의 데이터 흐름은 크게 두 가지로 분류되는데 하나는 NC 파일의 업로드/다운로드 흐름이고 다른 하나는 장비 가동 시그널의 흐름이다. 우선 NC 데이터의 다운로드시에는 작업자 PC에서 작업자가 다운로드 버튼을 누르면 NC 파일을 AIDMIS 서버에서 작업자 PC로 전달하고, DNC S/W는 파일을 RS 232C를 통하여 장비 콘트롤러로 전송 한다. 업로드시에는 작업자 PC에서 작업자가 업로드 버튼을 누르면 장비 콘트롤러로부터 파일을 업로드하고 다시 AIDMIS 서버로 전송된다. 장비 가동

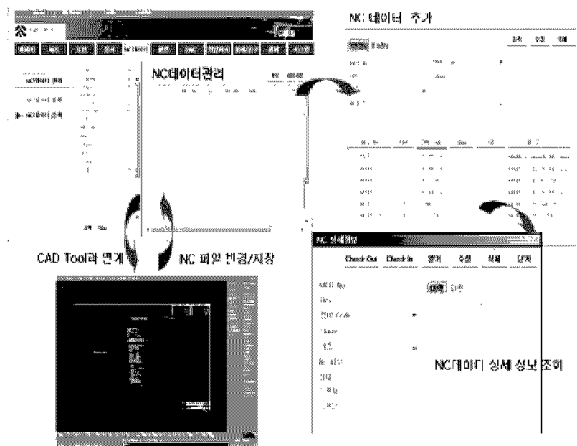


그림 7. NC 데이터 관리

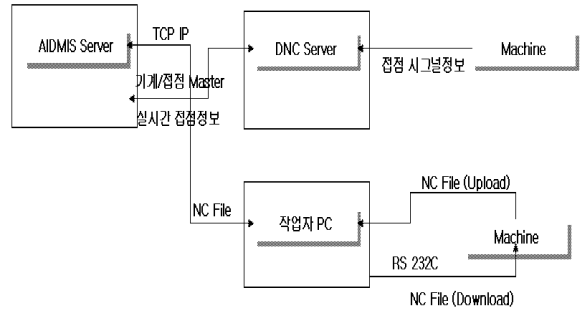


그림 8. AIDMIS 서버와 DNC시스템간의 데이터 흐름 시그널에 대해서는 DNC 서버가 AIDMIS DB의 기계/접점 마스터 정보를 이용하여 장비로부터의 점점 시그널을 자동 취합하여 AIDMIS DB에 실시간으로 정보를 갱신하게 된다. AIDMIS 서버와 DNC 시스템간의 데이터 흐름이 <그림 8>에 나타나 있다.

가공 작업 중에는 <그림 9>에서와 같이 장비에서 자동적으로 수집되는 가동 시그널을 이용하여 장비 가동 현황을 여러 가지 형태로 가공하여 그래픽하게 제공함으로써 현장 작업자와 사무실 관리자는 작업 중에 발생하는 이상상황을 적기에 처리할 수 있는 능력을 갖추게 된다.

5. 결론 및 추후 연구 과제

본 연구에서는 기업의 생산 리드타임의 단축과 원거 절감을 위해서는 현장 작업자가 작업 준비 및 작업 수행 중에 필요한 정보를 쉽고 정확하고 빠르게 제공하는 것이 중요하다는 점을 지적하고 이를 해결하기 위해 생산 현장에 필요한 정보를 중심으로 설계/생산 통합 정보 시스템의 기능을 정의하고 이를 정보 시스템으로 구현하였다. 기존의 생산 지원

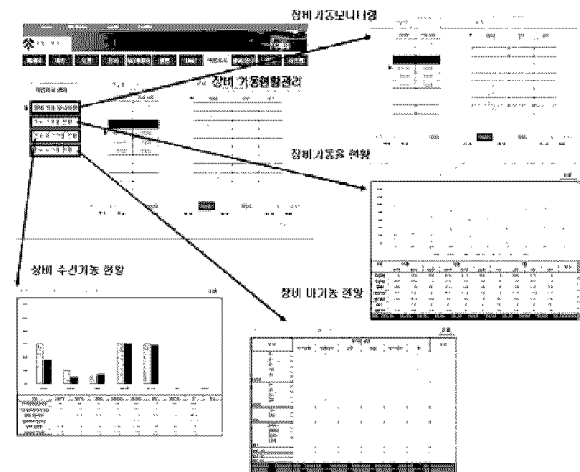


그림 9. 장비 가동 현황 모니터링

정보 시스템들은 주로 관리직의 업무 지원을 위한 데이터의 체계적인 분석, 저장 및 분배에 중점을 두었으나 본 연구에서는 시각을 달리하여 설계/생산 정보의 통합적인 사용자라 할 수 있는 현장 작업자의 정보 요구 사항을 중심으로 필요 정보를 정의하였다.

개발된 시스템은 100여명의 인원으로 구성된 항공기 기체 부품 생산 기업에 적용될 계획이며 향후 적용 과정을 통해 개발된 정보 시스템의 기능 수정 및 보완이 지속적으로 이루어질 예정이다.

추후 연구로는 우선 정보 시스템 설계 전에 파악된 사용자 요구사항이 시스템 기능에 얼마나 반영되었는가를 평가하는 것과 기업의 각 조직 계층별로 시스템 사용 만족도와 활용 현황의 차이에 대한 비교 분석 연구를 들 수 있다. 그리고 최근의 협업 설계나 협업 제조 추세에 대응하기 위해 모업체와 협력업체, 협력업체와 협력업체간에 필요한 데이터 교환을 원활하게 하는 방법과 기업간 협업 지원을 위한 도구 개발에 관한 연구도 추가적으로 필요하다.

후기

본 연구는 산업자원부 지역특화·중기거점기술 개발사업 (항공기 기체 지능형 통합 생산 시스템 및 고속 가공기 개발)의 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. 박찬우 외, 항공기 기체 지능형 통합 생산 시스템 및 고속 가공기 개발을 위한 산업 분석, 산업자원부, 2002
2. Moynihan G. P., The Application of Enterprise Modeling for Aerospace Manufacturing System Integration," The International Journal of Flexible Manufacturing Systems, Vol.9, No.2, pp.196-210, 1997.
3. Rupp, T. M. and Steiner C. P., Supporting Distributed Engineering in the Aerospace Industry by Web-based Collaborative Applications", 9th International Conference of Concurrent Engineering, Espoo, Finland, June 2003.
4. 강진구, 한관희, 김정진, "공정계획 시스템을 이용한 PDM과 ERP 시스템 연동 환경 개발," 한국 경영 과학회/대한 산업 공학회 2003 춘계 공동 학술대회, pp.53-59, 2003.
5. 한관희, 박찬우, "제품 정보 관리 시스템 개발을 위한 기능 분석에 관한 연구," 한국 CAD/CAM 학회

- 논문집, Vol.7, No.1, pp.42-56, 2002.
6. Liu D. T. and Xu X. W., "A Review of Web-based Product Data Management Systems," Computers in Industry, Vol.44, No.3, pp.251-262, 2001.
7. 김병희, "수주 생산 방식을 지원하는 제조실시 시스템 개발," 박사 학위 논문, 한국과학기술원, 2001.
8. 최병규, "MES란 무엇인가?," 월간 무인화 기술, pp. 82-85, June 2002.
9. McClellan, M., Applying Manufacturing Execution Systems, St. Lucie Press, Boca Raton, FL, 1997.
10. Soliman F. and Clegg S., "Critical Success Factors for Integration of CAD/CAM Systems with ERP Systems," International Journal of Operations & Production management, Vol.21, NO.5/6, pp.609-629, 2001.
11. WöB W., Retschitzegger W. and Wagner R., "Rule-based Integration of Business Oriented and Technical Components in CIM Systems," Journal of Intelligent & Robotic Systems, Vol.26, No.3/4, pp.249-266, 1999.
12. Ou-Yang C. and Jiang T. A., "Developing and Integration Framework to Support the Information Flow Between PDM and ERP," International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol.19, No.2, pp.131-141, 2002.
13. 한관희, 박찬우, 최운집, 이상한, "기업 정보 시스템간 효율적인 데이터 공유를 위한 통합 도구 개발, 한국 정밀공학회 2004 춘계 학술대회 논문집, 2004.
14. Lee C. Y., "Total Manufacturing Information System: A Conceptual Model of a Strategic Tool for Competitive Advantage," Integrated Manufacturing Systems, Vol.14, No.2, pp.114-122, 2003.
15. NG J. K. C. and IP W. H., "The Strategic Design and Development of ERP and RTMS," Computers and Industrial Engineering, Vol.34, No.4, pp.777-791, 1998.
16. 한관희, 박찬우, "설계/생산 통합 정보시스템 개발을 위한 QFD기반 기능 분석," IE Interfaces, Vol.17, No.3, 2004.