

◆특집◆ STEP을 기반으로 하는 CNC 기술

STEP-NC를 기반으로 하는 생산 시스템

김선호\*, 김동훈\*\*

STEP based NC for Manufacturing System

Sun-Ho Kim\*, Dong-Hoon Kim\*\*

Key Words : STEP, NC, STEP-NC, CNC, Intelligent machining system

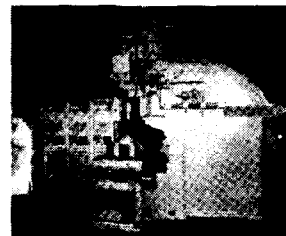
1. 서론

NC(Numerical Control)는 1949년 미공군에 Parson (Fig. 1 (a))이라는 사람에게 프로펠러(propeller)용 블레이드(Blade)의 윤곽을 검사하기 위한 판 게이지(Gauge)(Fig. 1 (b)) 개발을 의뢰한 것이 계기가 되어 발명되었다. 이후, 신시나티 미라크론(Cincinnati Miracro)이라는 공작기계 업체가 NC 사업에 참여하게 되고, 1952년 최초로 MIT(Massachusetts Institute of Technology)의 서보기구연구소(Servo-mechanism laboratory)에 의해 NC 공작기계가 탄생(Fig. 1 (c)) 되었다. 그림에 보이듯이 사람 키 보다 큰 NC 컨트롤러가 기계 뒤에 도열하고 있으므로 알 수 있듯이 NC는 기계보다 큰 장치였다. 이러한 NC의 개발은 가공공정의 개혁은 물론 기계의 제어기술에 커다란 변혁을 가

져왔다. 제2의 산업혁명에 견줄만한 기술의 혁명이었다. 이러한 NC는 1970년대에 들어서서는 마이크로 프로세서의 발전으로 컴퓨터가 내장된 NC가 출현하게 되었고 본격적인 CNC 시대에 접어들게 되었다. 이렇게 개발된 NC는 1960년대까지는 하드와이어드(Hardwired) 구조로 그리고 1970년



(a) (b)



(c)

Fig. 1 Numerical control, (a) Parson, J. T. , (b) Propeller blade, (c) NC Machine

\* 한국기계연구원 자동화연구부  
Tel. 042-868-7146, Fax. 042-868-7150  
Email ksh675@mailgw.kimm.re.kr

생산 시스템 특히, 가공시스템의 지능화, 자동화, 개방화 분야에 관심을 두고 연구활동을 하고 있다.

\*\* 한국기계연구원 자동화연구부  
Tel. 042-868-7148, Fax. 042-868-7150  
Email kdh680@mailgw.kimm.re.kr

자동화, 개방화, 디지털 화상감시에 관심을 두고 연구활동을 하고 있다.

대부터 1990년대 초까지는 소프트와이어드(Softwired) 구조로 발전했다. 물론, 그 배경에는 반도체 기술의 놀라운 성장이 있었다. NC가 출현한 후, 40년 동안 NC 벤더들은 생산 시스템의 요구를 적극적으로 수용하면서, 생산 시스템의 중심에서 생산체제의 변화를 주도했다. 덕분에 70년대에는 대량 생산체제를 가능하게 했고, 80년대에는 FMS(Flexible manufacturing system) 및 다품종 생산체제를 가능하게 했다.

또한, NC를 이야기할 때 빼 놓을 수 없는 기술이 CAD(Computer Aided Design)/CAM(Computer Aided Manufacturing)이다. NC를 지원하는 핵심기술인 CAD/CAM은 NC가 개발되면서 이를 효율적으로 운용하기 위해 탄생되었다. 이러한 시스템의 모태가 된 APT(Automatic Programming Tool)는 MIT 서보기구연구소가 미공군으로부터 의뢰를 받아 1956년부터 연구가 시작되었으며 APT-IV가

지 개발을 완료했다. APT 개발의 의의는 무형의 현장 경험이었던 가공기술을 기술문(記述文)으로 유형화 시킨데의의가 있다. APT에서 개발된 形狀定意文은 CAD로 발전되었고 工具動作文은 CAM으로 발전되었다. CAD/CAM 기술은 NC 보다 뒤늦게 탄생했으나 NC 기술의 원천이 되었던 것은 주지의 사실이다.<sup>(1)</sup>

다품종 소량생산, 소품종 다량생산으로 양분화되어 발전된 생산 시스템은 1990년대 들어와서는 이원법으로 특징 지을 수 없는 새로운 생산체제로 급속히 변화하고 있다. 여기에는 컴퓨터의 급속한 발전과 네트워크의 보편화가 크게 기여했다. 즉, Fig. 2(a)와 같은 계층적 생산 시스템 구조는 Fig. 2(b)와 같이 유기적, 분산적 구조로 발전하고 있다. 이러한 유기적, 분산적 생산 시스템에서는 개방화와 표준화를 전제로 하고 있으며, CAD와 CAM에서 제품모델 데이터 교환을 대상으로 한 표준이 STEP(Standard for the Exchange of Product Model)이라 할 수 있다.

최근에는 안정화된 분산적, 유기적 생산 시스템을 기반으로 RMS(Reconfigurable manufacturing system), MOD(Manufacturing on demand), 공급체인 경영(Supply-chain management) 등의 새로운 생산 시스템 체제가 연구되고 있으며, 새로운 기술의 추세는 시장의 단납기를 만족시키기 위한 공급업자와 제조업자간에 글로벌 협동(Globalized collaboration)으로 발전하고 있다.<sup>(2,3,4)</sup>

새로운 생산 시스템에서는 제품의 설계와 사양에 대한 정보교환은 인터넷에 의해 이루어질 것이며, 협동과 정보교환에 대한 가장 우선적인 선결과제는 모든 제품 데이터를 교환할 수 있는 강력한 데이터 모델을 필요로 하고 있다.<sup>(5)</sup>

CAD, CAM, CAE(Computer Aided Engineering)에서는 이미 STEP이라는 제품 데이터 모델을 표준으로 정하여 사용되고 있으나 CNC는 이러한 제품 라이프 사이클에서 배제되어 있는 실정이다. 이러한 문제점을 개선하기 위해, 최근에는 제품의 라이프 사이클에 CNC를 포함시키고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 성과로서 이미 STEP-NC는 ISO 14649로 제정된바 있으며, 이를 실행하기 위한 연구가 이루어지고 있다. 이에 대해서는 이미 IMS(Intelligent Manufacturing System) 프로젝트(97006 STEP-NC)<sup>(5)</sup>로도 연구가 이루어지

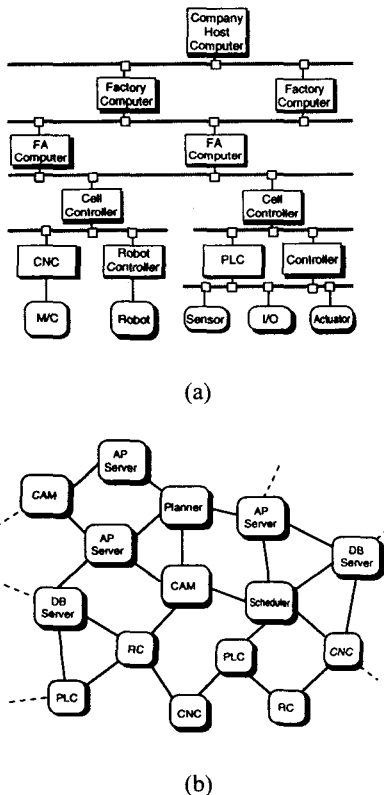


Fig. 2 Structure of manufacturing system, (a) Hierarchical structure, (b) Distributed structure

고 있으며 국내에서도 부분적으로 연구<sup>(6)</sup>가 이루어지고 있다.

본 글에서는 STEP-NC를 기반으로 하는 생산 시스템의 비전에 대해 정리하고자 했다.<sup>(7,8)</sup> 이를 위해 현재의 시스템에 대한 문제점을 분석하고, 이러한 문제를 해결하기 위한 연구를 소개하고, 마지막으로 STEP-NC를 기반으로 하는 생산 시스템의 비전을 제시하고자 한다.

## 2. ISO 6983에 의한 인터페이스

NC와 관련된 ISO 표준은 주로 NC 동작기계에 관한 것과 NC 운용에 관한 것, NC 프로그램 생성에 관한 것이 있다. 이를 Table 1에 나타내었다. 이러한 표준 중에서 NC 장치와 외부장치와의 데이터 교환에 관한 인터페이스는 ISO 6983에서 정의하고 있다.

소프트웨어드 NC에서 가공을 수행하기 위해서는 NC 프로그램을 필요로 한다. NC 프로그램은 NC의 MMI(Man Machine Interface)를 이용하여 입력하는 방법과 외부장치에서 프로그램을 작성하고 이를 NC로 입력하여 운용하는 방법이 있다.(Fig. 3 참조) 어떠한 경우이든, 운용체계는 ISO6983을 준용하고 있다. G 코드로 불리는 ISO6983에서는 G, S, F, T, M 코드를 정의하고 있다. G 코드는 동작기계의 축 정보(Axis movement)를 정의하며, S는 주축의 속도, F는 이송, T는 공구 그리고 M은 보조기능을 정의하고 있다. 그러므로 G code는 가공형상 또는 운용에 대한 정보를 가지고 있지 못하다고 할 수 있다.<sup>(9)</sup>

Table 1 Standards for NC

- ISO 841, Numerical control of machines - Axis and motion nomenclature, 1st edition ,1974-07-01
- ISO/TR6132, Numerical control of machines -Operational command and data format, ,1975-12-15,
- ISO 4343, Numerical control of machines -NC processor output -Minor elements of 2000- type records, (post-processor commands), 1st edition, 1978-04-01
- ISO 3592, Numerical control of machines -NC processor output logical structure(and major words), 1st edition, 1978-12-15
- ISO 2972, Numerical control of machines -Symbols, 2nd edition, 1979-08-16
- ISO 4336, Numerical control of machines -Specification of interface signals between the numerical control unit and the electrical equipment of an NC machine, 1st edition , 1981-05-01
- ISO 6983/1, Numerical control of machines -Program format and definition of address words-Part 1 : Data format for positioning, line motion and contouring control systems, 1st edition, 1982-09-15
- ISO 4342, Numerical control of machines -NC processor input - Basic part program reference language, 1st edition, 1985-12-15
- ISO/IEC 646, Information technology -ISO 7-bit coded character set for information interchange, 3rd edition, 1991-12-15
- ISO/IEC 9506-4, Industrial automation systems -Manufacturing Message Specification - Part 4: Companion standard for numerical control, 1st edition, 1992-12-15
- ISO 11161, Industrial automation systems -Safety of integrated manufacturing systems Basic requirements, 1st edition, 1994-04-01
- ISO 2806, Industrial automation systems -Numerical control of machines - Vocabulary 2nd edition, 1994-07-15

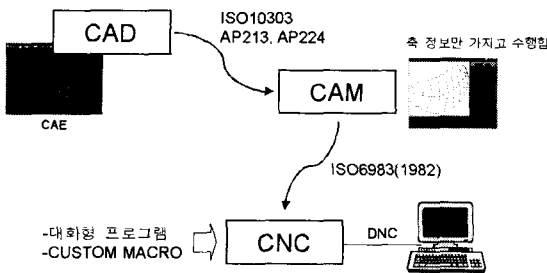


Fig. 3 ISO 6983 interface for NC code

### 3. ISO 6983의 문제점

NC와 외부장치를 연결할 수 있는 유일한 인터페이스인 ISO 6983은 현재, 우리가 사용하기에는 많은 문제점을 가지고 있다고 할 수 있다. 가공을 중심으로 하는 생산 시스템에서 CAD, CAM, CNC는 효율적인 가공이라는 동일한 목적을 가진다. 세 가지 시스템 중에서 CNC의 수명이 가장 길며, 그것이 제조생산성의 저해 요인이 되고 있다. CAD, CAM의 경우에는 새로운 알고리즘이나 컴퓨터의 운용체계(OS)가 개발되거나 컴퓨터가 고성능화 되면 이러한 환경에 적응하기 위해 꾸준히 새로운 시스템으로 발전시켜 왔다. 따라서 CAD, CAM의 경우에는 그 수명이 2년을 넘기지 못하는 실정이다. 그러나 CNC의 경우에는 그 수명이 최소 20년은 유지를 하고 있다. 따라서 성능이 향상된 CAD, CAM이 등장하더라도 CNC와의 인터페이스 체계가 이를 지원하지 못하는 관계로 그 효용성이 저하되고 있는 실정이다. 최근의 신기술 동향인 고속화, 초정밀화, 시스템 통합화, 복합기능화 측면에서 G 코드로 지칭되는 ISO 6983 코드의 문제점을 정리하면 다음과 같다.

#### 3.1 고품의 가공에서의 문제

ISO 6983이 표준으로 제정된 1982년에 비하면 지금의 공작기계는 놀랄 만큼 발전해 있다. 당시에는 CNC의 CPU가 8 비트 체제가 일반적이었고 프로그램을 저장하기 위한 메모리의 경우에도 고가의 부품이었던 시대였다. 그러나 요즘에는 64 비트 CPU가 일반적이며 메모리의 경우에도 플래시 메모리 뿐 아니라 대용량의 하드 디스크가 보편적인 시대가 되었다. 공작기계의 구동장치에 있어서도 AC 서보가 일반적이며, 이송 시스템에 있어서도 서브 마이크론의 제어는 어렵지 않은 문제가 되었다.

최근, 공작기계의 고속화, 초정밀화 측면에서 보면 ISO 6983의 인터페이스 체계는 부적합한 체계로 인식되고 있다. G 코드는 직선(G01), 원(G02, G03) 운동만 지원하기 때문에 3차원 자유곡면과 같은 정밀 고품위 가공에는 부적합한 면이 있다. 특히, 5축 가공이나 HSC(High speed cutting)에는 더욱 그렇다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 일부 업체에서는 자사 고유 코드를 가지는 경향이 있으나

이는 다른 시스템과의 데이터 교환을 불가능하게 하는 원인이 되고 있다. 예를 들어 Fig. 4(a)와 같이 가공오차(Tolerance)를 줄이기 위해 곡선을 미소 직선화 하면 프로그램 사이즈가 급격히 커지게 된다. 이 경우 고속전송 시스템을 필요로 한다. 이러한 점을 개선하기 위해서는 기존의 직선보간으로 해결이 쉽지 않다. 이러한 문제를 해결하기 위한 대안으로는 CAD에서 사용하고 있는 NURBS(Non Uniform Rational B Spline)와 같은 기술을 NC에서 적용하는 것이다. 직선보간과 NURBS 보간에 의한 가공시간 차이에 대한 개념을 Fig. 3(b)에 나타내었다. 직선보간에서는 보간 코너에서 가감속이 이루어져 전체적인 가공시간을 늘리는 효과가 있으나, NURBS에서는 코너 가감속이 없기 때문에 가공시간이 줄어드는 효과가 있다. 이러한 기술은 부분적으로 상용화되어 있으나 이는 벤더 독자 표준에 의해 제공되는 기술이기 때문에 다른 시스템과의 데이터 호환성이 없다. 그러나 STEP-NC에서는 이러한 기술에 대한 벤더 중립적인 표준 제공이 가능하다.

#### 3.2 설계-가공 파트에서 공통정보체계 부재에 따른 문제

G 코드는 가공에 대한 정보를 가지고 있지 못하고, 축 정보만 가지고 있기 때문에 현장에서 변경되는 최적화 된 가공조건이 CAD/CAM으로 피이드 백 되지 못하는 단점을 가진다. Fig. 5에 나

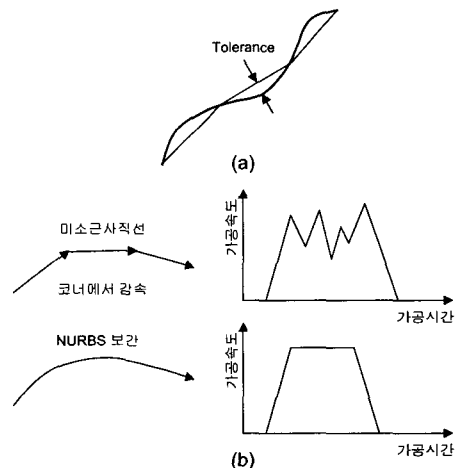


Fig. 4 Linear interpolation and NURBS

타넨바와 같이 CAM의 포스트 프로세서에 의해 생성된 NC 프로그램은 설계자가 정의한 가공정보를 바탕으로 한다. 즉, G 코드와 관련된 S, F 등은 설계자가 입력하게 된다. 현장으로 전달된 NC 프로그램은 작업자에 의해 절삭조건을 최적화하기 위해 공구경로를 한 블록씩 확인하는 것이 일반적이다. 이 과정에서 작업자는 얻고자 하는 가공면을 위해, 그리고 공구수명을 연장하기 위해 NC 프로그램은 수정된다. 그러나, 이러한 중요한 현장의 생산정보는 CAD, CAM, CNC가 공통성 정보체재를 가지고 있지 않기 때문에 피이드 백이 되지 못하고 있다. 이러한 과정은 다음에도 동일하게 반복될 수 있다. 조사에 의하면 75%의 회사들이 동일한 부품을 가공하는데 여러 개의 NC 프로그램을 가지고 있다고 한다.<sup>(5)</sup> 이러한 사실들은 새로운 제품 데이터 모델을 요구하는 것으로 정의할 수 있다. 설계(CAD/CAM 부서)와 현장(Shop floor)과의 동시성 공통정보체계를 구축하기 위한 새로운 제품 모델 데이터로는 STEP-NC가 유망한 대안이 될 수 있을 것이다. 이러한 모델 데이터의 효과적인 운용을 통해, CAD, CAM, CNC에 대한 프로세스 체인(Process chain)화가 가능해질 것이며, CAP(Computer aided planning)이 용이해질 것이고, 이를 통해 RMS, MOD 환경 구축이 가능해질 것이다.

3.3 공작기계의 복합기능화에서의 문제점

전통적인 생산방식에서는 절삭가공, 연마가공, 측정 및 검사 등을 통해 하나의 가공품이 완성된다. 그러나, 이 경우에 물류의 이동과 가공물의 적재, 이재, 고정, 얼라인 등이 숙련도에 좌우되거나 많은 시간을 필요로 하는 공정으로 인식되고 있

다. 이러한 어려움을 극복하기 위해 하나의 기계 시스템에서 절삭가공, 연마가공, 측정이 동시에 이루어지는 복합기능 공작기계에 대한 연구가 이루어지고 있다.

이 중에서 가공과 측정에서의 복합기능화 연구가 우선적으로 연구되고 있다. 금형과 같이 설계, 가공, 검사, 조립으로 완성되는 부품의 경우, 공정 중에 가공의 형상정도를 측정하기 위한 검사공정을 두는 것이 일반적이다. 소품종 다량 가공시스템의 경우에는 가공된 부품의 형상이나 치수를 측정하거나 검사하기 위한 별도의 공정과 장비를 두는 것이 유리하다. 다품종 소량 가공시스템에서 생산되는 부품의 경우에는 이와 같은 방식은 비효

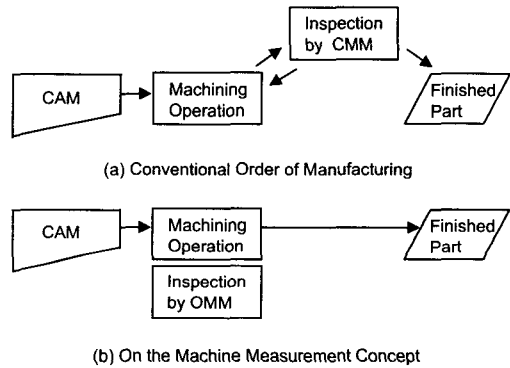


Fig. 6 Concept of OMM system

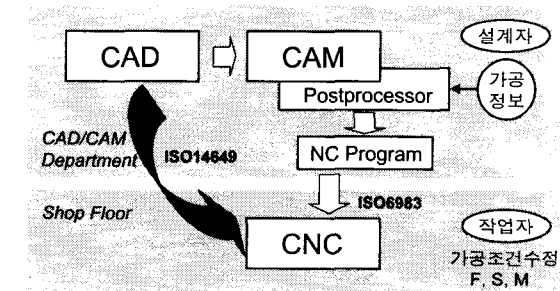


Fig. 5 CAD/CAM department and shop floor

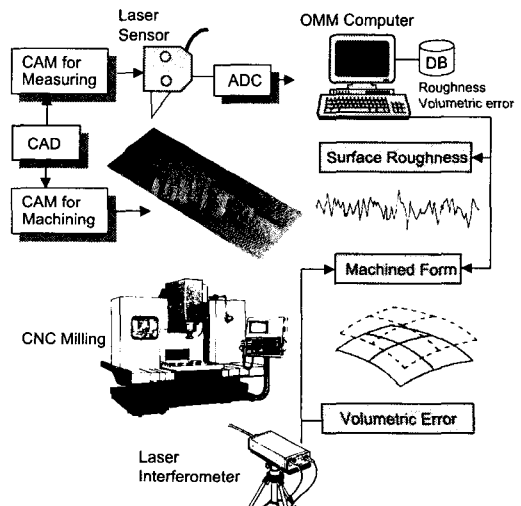


Fig. 7 Configuration of OMM system

울적일 수가 있다. 따라서 가공이 끝난 제품을 검사하기 위해 금형과 같은 제조라인에서는 3차원 측정기(Coordinate Measuring Machine; CMM)를 설치하여 운용하고 있다. 이를 위해서는 CAD에서 측정 데이터를 추출하여 제공하는 형태가 대부분이다. 이 경우, 측정된 데이터와 CAD와의 비교는 수작업에 의존하고 있는 실정이다. 이러한 공정을 효율화하기 위해서 공작기계상에서 가공과 측정을 동시에 수행하기 위한 연구가 이루어지고 있다. 이러한 개념을 Fig. 6에 나타내었다. 이러한 연구의 발전은 기상 측정 (On the Machine Measurement; OMM) 시스템의 근간인 공작기계의 정밀도와 다양하고 정밀한 측정용 센서의 발전에 기인한다. 공작기계 정밀도의 경우, 구조계의 최적화, 구동 및 이송계의 고정밀화, 열변형 보정기술 등에 대한 연구가 이루어지고 있으며, 정밀 센서의 경우, 접촉식 및 비접촉식에 대한 다양한 고정밀도 제품의 등장으로 OMM에 대한 가능성을 더욱 밝게 해 주고 있다. Fig. 7은 레이저를 이용한 머신으로 가공형상과 거칠기를 측정하는 시스템에 대한 구성도를 나타낸 것이다. 공작기계를 복합기능화하기 위해서는 관련되는 CAD, CAM 및 가공정보를 통합할 수 있는 새로운 제품 데이터 모델이 필요하게 된다. 현재의 ISO 6983 인터페이스가 가지는 축 정보만을 가지고는 정보가 충분하지 않다. 이러한 동시성 공통정보체계를 구축하기 위한 새로운 제품 모델 데이터로는 STEP-NC가 유망한 대안이 될 수 있을 것이다.

#### 4. 문제점을 극복하기 위한 노력

ISO 6983이 갖는 문제점을 극복하기 위한 노력으로 가장 대표적인 것은 OSEC(Open System Environment for Controller) 연구에서 이루어진 OSEL을 들 수 있다.<sup>(10,11)</sup>

1990년대 들어와 유럽, 미국 그리고 일본을 중심으로 NC의 개방형 제어 구조에 대한 연구가 이루어져 왔다. 유럽은 OSACA(Open System Architecture for Controls within Automation Systems)라는 프로젝트가 추진되었고, 미국은 GM(General motors) 주도로 OMAC(Open Modular Architecture Controller)이 그리고 일본은 OSEC이 그것이다.<sup>(12,13)</sup>

OSEC은 1993년 10월 "차세대 생산기계 시스템"을 연구하기 위해 연구를 시작하여, 1994년 12월 "생산 시스템 환경의 개방화"를 추진한다는 목표로 "OSE 연구회"를 발족했다. 연구회에 참여한 기업으로는 東芝機械, 豊田工機, 日本 IBM, 三菱電機, 야마자키 마작(주), SML 등 6개사가 참가했다. 연구결과로서 1995년 9월 25일 제1단계로서 개방형 NC 구조[OSEC Draft 1.0]와 試作 시스템을 발표했으며, 1995년 12월 제2단계로서 실용 시스템이 되는 핵심 시스템의 개발에 착수하여 약 10개 회사와 단체가 새롭게 참가했으며, 이후 참가업체가 더욱 늘어 17개 업체와 1단체가 본 연구에 참가 하고 있다. 1996년 8월에는 제2단계 개방형 NC 구조[OSEC Draft 2.0]이 발표되고 동시에 실용 시스템이 공개되었다.

OSEC은 Fig. 8과 같이 크게 조작계, 기계계, CAD계 그리고 생산 네트워킹계 등 4개의 관점에서 개방화를 추진하고 있다. 조작계에서는 기계의 표준 모델화를 추진하고 있으며, 기계계에서는 제어 소프트웨어의 부품화와 인터페이스 표준화를 위한 OSEC API를 표준화 했다. CAD계에서는 형상정의에 대응한 가공법의 서술과 가공 노하우를 소프트웨어 부품화하기 위해 OSEL이라는 표준을 정했다.<sup>(12,13)</sup>

OSEC의 또 다른 장점은 Fig. 9와 같이 설계 데이터에서 가공까지 7개의 처리계층으로 정의해서 계층간의 프로토콜을 정의하고 있다. I층에는 기계를 중심으로 하는 기계층이며, II은 전기층이

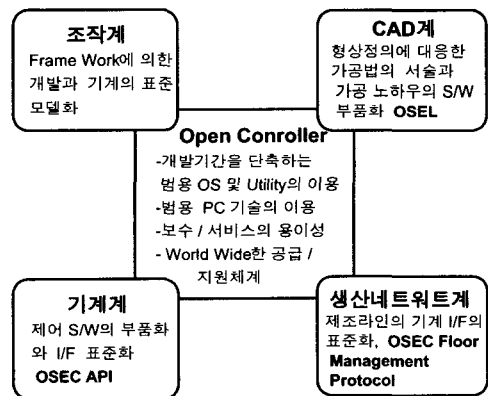


Fig. 8 OSEC architecture

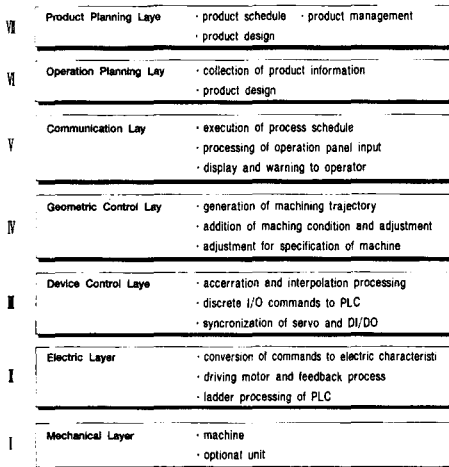


Fig. 9 System level of OSEC

더, III층은 장비를 제어하는 층이 된다. 여기서는 PLC와 I/O를 중심으로하는 이산제어가 이루어진다. IV층은 기하학적 제어가 이루어지는 층으로 보간과 같은 사상제어가 이루어진다. V층은 통신, VI층은 운영계획 그리고 VII층은 제품계획이 이루어진다. 이러한 7개 계층에서 OSEL과 관계가 있는 층은 III부터 VI층이라 할 수 있다. Fig. 10은 CSEC의 기능군(Group)의 접속 관계를 나타낸 것이다. OSEL의 개방형 CNC의 구조는 MMI 기능군, 자원관리 기능군, 언어 프로세서 기능군, 기계제어 기능군 그리고 기기제어(서보제어, PLC 입출력) 기능군 등 5개의 기능군으로 나눈다. 특징으로는 기능군을 구성하는 각 기능을 모듈화하여 실장함으로써 공작기계의 재구성(Reconfiguration)이 가능하다. 여기서 OSEL은 언어 프로세서 기술군에 속해 있는데 자원관리 기능군과 관련을 가지고 있다.

OSEL을 중심으로 기능군간의 인터페이스를 좀더 자세하게 설명하면 다음과 같다.

G 코드 형식의 NC 언어는 간단한 기계조작은 가능하지만, 메이커 독자적으로 매크로(Macro)화 또는 코드화 하는 경우, 호환성이 문제가 되었다. OSEC에서는 C 언어 형태의 고급언어로서 새로운 언어 OSEL의 개발을 시도하고 있다. 이 언어의 특징은 공구궤적이나 공구교환 등의 공작기계의 조작이 고급언어로서 기술(記述)이 가능하고, 구조

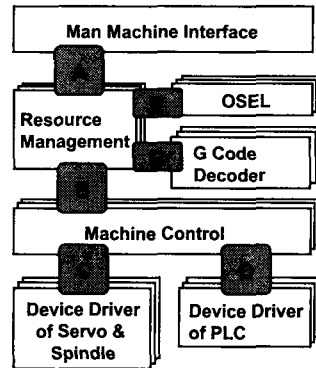
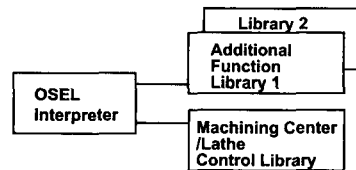
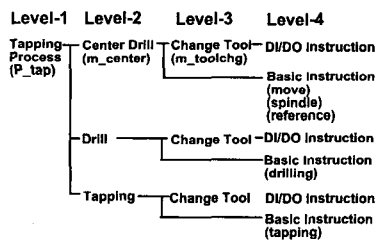


Fig. 10 Function group interface of OSEC



(a) Basic and additional Libraries of Machine Tools



(b) OSEL machining Class and an Example of Tap Planning

Fig. 11 Language structure of OSEL

화 프로그램에 의해 고도(High Level)의 가공 라이브러리를 간단히 개발할 수 있다. 이러한 방법을 이용하면 센서를 사용한 적응제어와 같은 기능 라이브러리의 제공이 가능하다. OSEC에서는 가공 Class를 객체지향을 도입하여 면가공이나 포켓가공 등과 같은 가공 프로세스 Class, Move, Line, Arc 등과 같은 CNC Class, 그리고 Axis Start나 Axis Move 등과 같은 기계제어 Class로 분류하고 있다.

Fig. 11에 OSEL의 언어구조 예를 나타내었다. 기본적으로는 OSEL 해석기에 부가적인 라이브러리가 추가되는 형식을 가진다. Fig. 11 b)는 탭핑

계획에 대한 예를 나타낸 것이다. 전체적으로는 4개의 레벨을 가진다. 레벨 1에서는 공정을 정의하며, 레벨 2에서는 탭핑 공정에 필요한 공구정보를 정의한다. 탭핑을 위해서는 센터 드릴, 드릴, 탭핑이 필요하다는 것을 나타낸다. 레벨 3에서는 동작에 대한 정보를 그리고 레벨 4에서는 지시정보를 정의한다.

제품정보의 포맷의 표준화를 위해, 제품모델과 STEP의 개발 및 피쳐 기반(Feature-based) CAM 시스템의 개발도 시도되고 있다.

### 5. STEP-NC

STEP(Standard for the Exchange of Product Model)은 생산 데이터를 컴퓨터 상에서 해석 가능하도록 표현하고, 교환하기 쉽게 하기 위한 국제 표준이다. STEP의 목적은 특정한 시스템에 무관하게, 생산품의 라이프 사이클 동안에 생산 데이터를 표현할 수 있는 중립적인 메커니즘을 제공하는 것으로 표현방법의 성격은 파일교환 뿐 아니라, DB를 제작, 공유, 보관을 용이하게 해 주는 것을 목표로 한다. 이러한 표준은 생산자, 부품공급자, 사용자간에 데이터 호환성, 수정성, 보존성을 향상시킬 수 있는 장점을 가진다.

이를 응용하기 위해 많은 AP(Application protocol)가 개발되었다. 가공된 부품에 대한 공정 계획을 위한 AP213, 그리고 가공특징(Feature)을 이용한 공정계획에 대한 제품정의의 위한 AP224 등이 그것이다. 그러나 NC 레벨에서 사용할만한 것은 아직 없는 실정이다.

이러한 점을 고려하여 Fig. 12와 같이 NC에 적합한 새로운 데이터 모델을 만든 것이 STEP-NC이다. STEP-NC는 CNC 공정에서 STEP을 기반으로 하는 모델 데이터를 개발하는 것이다.<sup>(5)</sup> 이것은 설계실에서 현장으로 NC 프로그램만 제공하는 것이 아니라, 새로운 데이터 모델을 이용한 모든 공정정보를 제공함으로써 제조에 대한 노하우(Know-how)를 활용하고 재사용하는 것이다. 이를 통해 공급체인 경영(Supply-chain management), 글로벌 제조를 지원하고자하는 새로운 공통 플랫폼(Platform)을 제공하고자 하는 것이다.

ISO 14649에서 정의하는 기술(記述) 크게 4가지로 나누어진다. 첫째는 정보 파일의 구성과 가

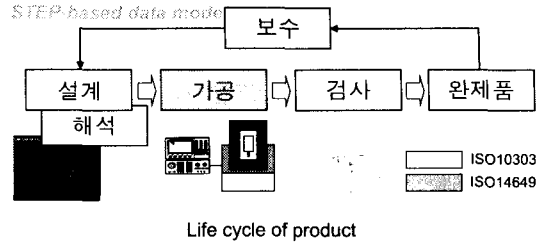


Fig. 12 Life cycle of product

공 피쳐(Worksteps) 순서를 정의하는 가공절차에 관한 기술(記述), 둘째는 가공 피쳐를 정의하고, 가공방법 및 가공 조건을 지정하고 공구경로를 지정하는 가공방법 기술, 셋째는 공구의 형상과 특성을 정의하는 공구정보 기술 그리고 넷째로는 가공 피쳐의 형상정보를 정의하는 형상정보 기술로 구성된다.<sup>(14)</sup>

### 6. STEP-NC에의 기대

생산 시스템의 효율을 향상시키기 위해, 생산공학자들은 많은 연구를 해 왔다. 계획 단계에서는 가공순서를 효율적으로 결정하기 위한 공정계획, 효율적인 가공을 위한 기계할당 및 분배 등에 관한 연구가 이루어져 왔다. 동작기계의 무인화를 위해서는 공구파손/마멸 및 공구수명 관리에 관한 연구가 이루어져 왔다. 정밀가공을 위해서는 구조진동에 대한 제진, 구조계 열변형, 구동계, 이송계에 대한 열변형 측정 및 보정, 그리고 피치 오차 보정에 관한 연구가 이루어져왔다. 동작기계의 복잡화를 위해서는 기상측정에 관한 연구가 그리고, 가공효율성을 높이기 위해서는 적응제어에 관한 연구 등이 이루어져왔다.

그러나, 어느 연구의 경우에도 이를 CNC에 실장하기 위해서는 컨트롤러에 대한 깊은 지식을 필요로 했다. 그러나 대부분의 컨트롤러는 이를 지원하지 못하고, 외부에서 감시장치를 이용해 감시를 수행을 하고 이를 실행하기 위해서는 PLC에 의한 인터페이스가 최선인 경우가 많았다.

그러나 개방형 컨트롤러를 바탕으로 하고 이의 응용기술로 개발되고 있는 STEP-NC는 우리에게 많은 기술적 가능성을 제시할 것이다. 이에 대한



개념을 Fig. 13에 나타내었다.

제품의 라이프 사이클을 설계, 해석, 가공, 검사, 조립으로 나누어 생각한다면, 설계와 해석에 관련된 기술로는 CAD, CAM, CAE가 있는데 여기에는 ISO 10303을 중심으로 하는 STEP 제품 데이터베이스가 활용되고 있다. 또한, 정보관리 기술로 사용되고 있는 기술로는 MRP(Material Resource Planning), PDM(Product Data Management), ERP(Enterprise Resource Planning)가 있는데 여기에도 ISO 10303을 기반으로 하는 데이터베이스가 널리 활용되고 있다.

이러한 STEP 모델 데이터를 CNC에서 직접 활용하고자 하는 것이 STEP-NC의 기본 취지이다. STEP-NC에서는 전술한바와 같이 가공절차 기술(記述), 가공방법 기술, 공구정보 기술 그리고 형상정보 기술을 정의하고 있다. 이러한 제품모델을 CNC에서 직접 활용한다면, 자동 공구경로생성, 자동 공구선정, 자동 절삭조건 제공, 이상상태 검지 및 복구 그리고 이상상태 및 결과 피드백과 같은 STEP을 기반으로 하는 지능형 제어가 가능하게 될 것이다. 가공이 이루어지는 동안에는 센서 시스템을 통해 얻어지는 정보를 기반으로 학습 제어, 적응제어, 절삭부하 자동조정, 열변위 예측 보정과 같은 기술의 적용이 가능하게 될 것이다.

이러한 가공정보는 CAD, CAM, CAE 등에 전달되어 공통성 정보체계를 구축하고, 가공정보가 피드백 될 것이다. 이러한 기술을 바탕으로 정밀제어가 이루어지고 열변위보정이 효과적으로 이루어진다면 공작기계에서 가공된 제품을 CMM으로 옮겨 측정할 필요는 없게 될 것이다. 기상측정에서 가장 문제가 되는 가공 운동계와 측정 운동계가 동일한데서 오는 문제점은 제거가 될 것이다. 이렇게 기상에서 측정된 정보는 CAD 정보를 이용해 비교 검토될 것이다. 이러한 모든 기술은 STEP을 기반으로 할 때 효과적으로 운용이 가능할 것이다. CAD, CAM, CNC에서 STEP을 기반으로 하는 동시성 공통정보체계를 갖는 시스템이 이루어진다면, 제품의 라이프 사이클에 CNC도 포함이 되어 많은 장점을 가져다 줄 것이다. 이를 요약하면 다음과 같다.

- CAD, CAM, CNC에 대한 프로세스 체인(Process chain)화가 가능하다.
- 설계, 해석, 가공, 검사, 보수를 통괄하는 일관된 제품 데이터 모델을 통해 생산 시스템의 지능화를 더욱 용이하게 할 것이다.

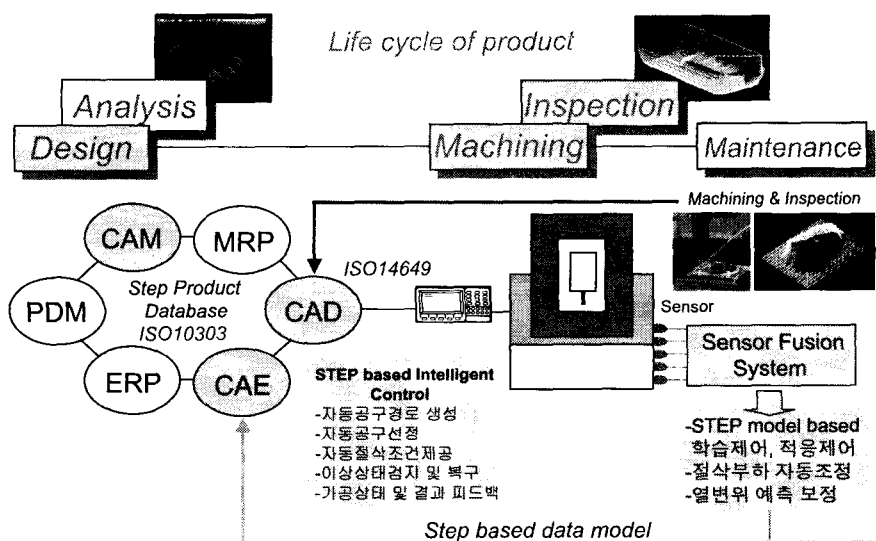


Fig. 13 STEP based Machining system

- 설계(CAD/CAM 부서)와 현장(Shop floor)을 통합할 수 있으며, CAP(Computer aided planning)가 용이해질 것이고 이를 통해 RMS, MOD 환경 구축이 가능해질 것이다.
- 새로운 데이터 모델을 활용함으로써 쉬운 HMI(Human machine interface)가 가능하게 될 것이다.

이러한 비전을 실현하는 것은 생산공학자들이 종래의 생산공학에 안주하지 않고 컴퓨터, 네트워크 등과 같은 정보기술을 생산공학에 적극적으로 접목시키고자 하는 노력이 있을 때만 가능할 것이다. "미래는 예측하는 것이 아니라 창조하는 것이다."

### 참고문헌

1. 강철희, "공작기계 기술의 현재와 미래(15)," 한국정밀공학회지, 제13권 제6호, pp. 13-26, 1996.
2. 박면웅, "재구성형 생산 시스템," 한국정밀공학회지, 제17권 제2호, pp. 15-32, 2000.
3. 김선호, 이후상, "차세대 제조 시스템(1)," 한국정밀공학회지, 제17권 제1호, pp. 11-20, 2000.
4. 김선호, 이후상, "차세대 제조 시스템(2)," 한국정밀공학회지, 제17권 제2호, pp. 11-18, 2000.
5. WZL and STEP-NC consortium, STEP-Compliant data interface for Numeric Controls "STEP-NC", 1998.
6. 서석환, 조동우, 조현보, 김선호, STEP 정보(ISO 14649)를 기반으로 하는 자율적인 NC 시스템 개발, KOSEF 특정기초연구계획서, 1999.
7. 김선호, STEP-NC를 이용한 지능형 생산 시스템, STEP-NC 기술 세미나, 한국 CAD/CAM 학회, 포항공대, 2000.
8. 김선호, 생산 시스템의 New Paradigm에 적합한 CNC 연구동향, pp. 125-148, 제15회 CNC 콘트롤러 워크 샵, 서울대학교 자동화연구소, 2000.
9. ISO 6983/1, Numerical control of machines -Program format and definition of address words-Part 1 : Data format for positioning, line motion and contouring control systems, 1st edition, 1982-09-15
10. 김선호, 박경택, 이태역, "개방형 구조를 갖는 CNC의 연구 동향," 제어 · 자동화 · 시스템공학회지, 제3권, 제5호, pp. 17-30, 1997.
11. 김선호, 개방형 CNC의 연구 동향 및 가공 시스템에의 적용, pp. 119-149, 제14회 CNC 콘트롤러 워크샵, 서울대학교 자동화연구소, 1999.
12. "OSEC-I 報告書," OSE研究會編, 1995.
13. "OSEC-II 報告書," OSE研究會編, 1996.
14. 서석환, STEP-NC 기술개요 및 구조설계, STEP-NC 기술 세미나, 한국 CAD/CAM 학회, 포항공대, 2000.