

◆특집◆ STEP을 기반으로 하는 CNC 기술

STEP-NC 기술: 현황과 전망

서석환*, 조현보*, 홍희동**, 조정훈**

STEP-NC Technology: Status and Prospect

Suk-Hwan Suh*, Hyunbo Cho*, Hee-Dong Hong**, Jung-Hoon Cho**

Key Words : STEP-NC, ISO 10303(STEP), ISO 14649, ISO 6983, Autonomous CNC Control(자율적 수치제어), IMS(지적생산시스템)

1. 서론

STEP-NC는 차세대 수치제어 장치의 인터페이스 표준 제정 및 새 표준을 기반으로 한 지능적이고 고성능 수치제어 장치의 개발을 목표로 한다.

차세대 수치제어 장치의 인터페이스 표준제정은 ISO TC184/SC1/WG7에서 ISO 14649라는 이름으로 수행하고 있으며, 여기에는 밀링, 선반, EDM, 그라인딩 등 수치제어를 사용할 수 있는 전 공정을 대상으로 한 수치제어 장치의 인터페이스 표준을 제정 중에 있고 현재는 밀링 공정을 위한 데이터 모델이 CD 또는 DIS 버전으로 개발되어 있다.⁽¹⁾

ISO 14649의 인터페이스 표준 제정을 돕고 이에 기반한 지능형 수치제어 기술 연구를 위하여 국제적인 공동연구가 행해지고 있는데 IMS 프로젝트 97006⁽³⁾과 유럽의 ESPRIT IV 29708⁽⁴⁾이 대표적이고, 국내의 학계와 관련 기업도 IMS 프로젝트에 참여하기 위하여 노력하고 있다.

유럽의 아헨 공대를 중심으로 1994년부터 STEP-NC와 관련된 연구가 수행되었으나, 국제적으로 볼 때 STEP-NC에 관한 연구는 아직 생소한 분

야이며, 실제로 많은 연구분야를 가진 방대한 기술이다.

본 논문에서는 STEP-NC의 등장 배경, ISO 14649 소개, 국제적인 STEP-NC의 기술개발 현황, STEP-NC 요소 기술, STEP-NC 기술의 전망 등의 내용으로 STEP-NC 기술의 현황과 전망을 조명하고자 한다.

2. STEP-NC의 등장 배경

STEP-NC 연구의 시작은 현재의 CNC 제어기의 가장 큰 문제점인 인터페이스 방식의 비효율성의 제고에서 시작하였다. 국제적으로 ISO10303(STEP)이 제품의 전체 생명 주기 동안의 제품정보호환을 목적으로 제정되기 시작하였고, 이를 통하여 이기종 시스템 간의 제품정보 호환방식이 국제 표준으로 채택되기에 이르렀고 이러한 STEP의 등장은 CNC를 제외한 전 분야에 많은 영향을 주고 있다.

이에 영향을 받아 수치제어 장치의 인터페이스 방식도 STEP과 같은 개념을 취하여, 전 공정에 대하여 인터페이스 방식을 통일하고 인터페이스되는 내용에 있어서 단순한 수치 데이터가 아닌 공정에 관한 정보의 개념으로 확대하고자 하는 계획이 수립되었다.

이와 같이 초기의 STEP-NC는 인터페이스 코드의 성능 향상 및 통일에서 출발하였으며 차츰 이에 기반한 공작기계의 성능향상으로 이어진다.

* 포항공대 기계산업공학부 교수
Tel. 0562-279-2196, Fax. 0562-279-5998
Email shs@postech.ac.kr

차세대 수치제어 장치 특히, STEP-NC, 개방형 CNC 제어기, 지능형 CNC 개발, 가상 가공 분야 등에 관심을 두고 연구 활동을 하고 있다.

** 포항공대 기계산업공학부 대학원

2. 1 ISO 6983 코드의 문제점

현재 CNC 제어기에서 사용 중인 ISO 6983코드는 기계의 모든 기능을 G, M, S, F 등의 알파벳 문자와 번호로 코드화 하여 원하는 동작 수치과 함께 지령하는 방식이다. 구체적으로 ISO 6983코드는 다음과 같은 문제점을 갖고 있다.

1) 머신 코드 형태의 파트프로그램:

머신 코드 형태의 파트프로그램을 사용함으로써 코드 및 작업 흐름의 관독이 어렵고, 실제 자신이 직접 프로그램 하지 않은 경우는 수정도 힘들게 현실이다.

2) 공정 계획 파트와 인터페이스 능력 부재:

공정계획은 상위단계인 CAD/CAPP/CAM 단계에서 미리 만들어져서 Shop floor에 내려오기 때문에 현장 이상 상황이 발생하였을 경우 상위 시스템과의 유기적인 관계가 이루어지지 않게 되며, 특히, 인터페이스 측면에서도 단지 DNC에서 지원하는 기능에 제한을 받기 때문에 생산 시스템의 한 부분으로서 유연한 능력을 담당하기에는 문제점이 있다.

3) CNC 운영에서의 한계점:

실제 CNC 운영도중 공구수명 및 파손이나 기타 이상상황으로 인해 부득이 가공중 정지를 하고, 정지한 가공시점부터 다시 가공을 재개하기가 힘들고, 특정부분에 대한 부분 가공도 매우 힘들게 현실이다.

4) 파트 프로그램의 호환성:

현재 ISO 6983코드는 국제표준으로 제시되고 있지만, 이기종 제어기 즉, CNC 제어기 메이커마다 지원되는 코드 내용 및 지령 방식에서 약간의 차이가 있으므로, 이기종 제어기에서 가공시에는 재차 Post-processing 과정을 거쳐야 하는 문제점이 있다.

2. 2 NC 제어기의 성능 개선에 대한 요구

ISO 6983 코드의 문제점과 실제 급변하는 생산 환경에 대처하기 위해서 새로운 수치제어 장치의 필요성이 요구되어 왔다. 향후 정보기반 생산 시스템의 한 부분으로서, 그리고, 21세기 국제 프로젝트인 IMS(Intelligent Manufacturing System)에서 요구하는 지적, 자율적인 제어 기능을 만족하기 위해서

는 다음과 같은 항목들이 필요하다.

- 새로운 NC 제어기의 입력 코드 도입
- NC 제어기 자체의 독립적인 지적 능력
- 고속/고정밀 가공 능력
- 상위 생산시스템간의 유기적인 관계
- 상호운용(Interoperability)적인 제어기 구조

차세대 NC 제어기는 현재의 제어기와 같이 입력된 지령치만 수행하는 수동적인 기계가 아니라, NC 제어기 자체가 자율적이고, 생산 시스템과의 유기적인 한 객체로서 운영되는 것을 목표로 하고 있다. 이와 같은 변화의 필요성 때문에 ISO에서는 ISO 6983을 대처하기 위하여 STEP 정보를 기반으로 한 새로운 신언어인 ISO 14649를 개발하고 있다.

3. ISO 14649

CAD/CAM 시스템과 CNC들 사이의 상호 교환 가능한 인터페이스를 정의하기 위해 ISO 14649에서는 CNC(Computerized Numerical Controllers)를 위한 데이터 모델에 관한 국제 표준을 현재 ISO TC184/SC1/WG7에서 제정 중에 있다.⁽²⁾ ISO 14649의 제정목적은 다음과 같다.

- 데이터 교환을 위해 현재 및 향후 미래에 모든 필요성을 포함하기 위함
- 컴퓨터 상에서 생성된 STEP 제품 데이터를 직접 사용할 수 있게 하기 위함
- 모든 machine tool controller들에게 공통으로 사용될 수 있는 언어를 생성하기 위함
- NC 입력 데이터의 상호 호환성을 보장하기 위함

ISO 14649는 STEP의 정의를 그대로 수용하거나, STEP 정보를 CNC에 맞게 구체화시킨 형태이다. Fig. 1은 ISO 10303(STEP)과 새로운 인터페이스인 ISO 14649와의 관계를 나타내고 있다. 자유곡면 가공파트에 관한 CAD 정보는 STEP Part 203의 3D 디자인을 참조(reference)하고, 2.5D 피쳐는 STEP AP224의 Machining feature들을 사용한다. ISO 14649의 데이터 인터페이스 정의는 STEP Part 11에

서 정의한 Express언어 및 STEP Part 21의 clear

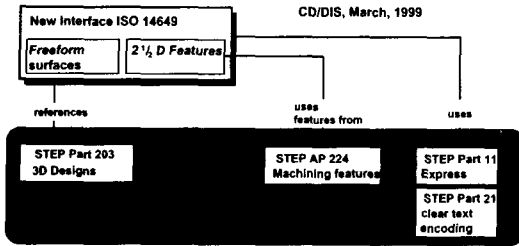


Fig. 1 ISO 10303과 ISO 14649 관계

text encoding 룰을 사용한다.

ISO 14649의 ICS(Information Contents and Semantics)에 대해 살펴보면 크게 1) 정보 파일의 구성 및 가공피쳐(Workingsteps) 순서를 표현한 가공절차 기술, 2) 가공피쳐정의, 가공방법, 가공조건, 공구경로 지정등을 표현한 가공방법 기술, 3)공구형상 및 특장등의 공구정보 기술, 4) 가공피쳐의 형상정보 기술 부분으로 나눌 수 있다.

현재 제정중에 있는 ISO 14649 세부항목 및 현재 제정 단계는 다음과 같다.

- Part 1 : Overview and fundamental principles (DIS, 1998)
- Part 2 : Language description in EBNF (DIS)
- Part 3 : Predefined functions (CD)
- Part 9 : Glossary (DIS)
- Part 11~19 : Process data for manufacturing technologies
 - Part 11 : Process data for milling (CD)
 - Part 11/1 : Tool sheet for milling Tools (CD)
- Part 21~29 : STEP Application Interpreted Models (WD)
 - Part 21 : STEP AIM for milling (WD)

Process data 관련 다른 기술들은 Part 11 이후에 추가 될 것이며, STEP Application Interpreted Model 관련 다른 기술들은 Part 21 이후에 게재 될 예정이다

다. Part 10은 "Process independent data"를 위해 남겨두었다.

Part 1에서는 ISO 14649의 전반적인 구성과 기본 철학을 소개하기 위한 목적으로 제정 중에 있다. Part 2에서는 EBNF(Extended Backus Naur Form)의 형태로 language part를 정의하고자 하였으며, 어휘 요소, 데이터 타입, 상수 및 변수, 기호 및 예약어, 어법 및 문법, 제어구조등의 세부 항목들이 있다. Part 3에서는 CNC를 구동하기 위한 범용 function을 소개하기 위한 목적으로 Workingstep(Part 11)과 language(Part 2)의 인자로 사용된다.

현재 제정중인 ISO 14649의 데이터 모델 부분에서는 Part 11의 밀링 가공용 데이터 모델이 CD 버전까지 개발된 상태이다. Part 11은 크게 2.5D 피쳐(Features)와 자유곡면(Freeform surfaces)을 대상으로 데이터 인터페이스를 정의한다. 자유곡면에 관한 내용은 유럽에서 1994년부터 시작된 ESPRIT III 프로젝트(OPTIMAL)의 3D 밀링가공에 관한 내용을 대부분 참조하였으며, 2.5D 피쳐 부분은 STEP AP 224의 geometry 모델에 기반하여 공정정보를 추가하는 방향으로 개발되었다. Part 12 부터는 밀링 공정 이외에 선반, Grinding, EDM, RP 등의 공정에 대해서 제정할 계획에 있다.

ISO 14649의 위상을 STEP과 비교하면 다음과 같이 관련되어 있다. 제품정보를 위한 국제 표준인 STEP은 CAD, CAM, PDM, ERP, CAE, MRP 등 전체 공정에 고르게 사용되고 있으며, 다양한 연구활동이 이루어지고 있다. 수치제어 장치와의 인터페이스를 위해서는 현재까지는 ISO 6983이 사용되었으나 향후에는 ISO 14649로 대체될 것이다[Fig.2].

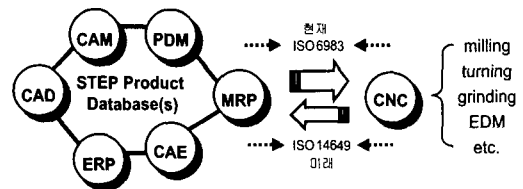


Fig. 2 상위레벨과 CNC와의 인터페이스

4. STEP-NC 연구 개발 현황

현재 CNC 관련 최신 기술 동향은 고속가공, 고

정밀 가공, 복합 가공에 관해 활발한 연구가 이루어지고 있으며, CNC 제조업자만의 Know-how에 의존적인 블랙박스 형태의 폐쇄적인 제어기에서 탈피하여 Soft-NC/Open-NC 형태로 제어기 연구가 활발히 이루어지고 있고, 제품도 동시에 출시되고 있다. 또한, IMS 프로젝트를 만족할 만한 생산 자동화 기술은 기초 연구단계에 있다.

STEP-NC 자체의 연구는 세계적으로 유럽이 주도하고 있다. 먼저 STEP-NC의 연구는 신언어 표준화 작업부터 선행되고 있으며, 기존의 ISO 6983 코드를 대처하기 위한 노력으로, ESPRIT III 8643 프로젝트인 OPTIMAL Project(1994~1996)가 3D 밀링 가공분야에서 시작되었다. ISO 6983에 기반한 현재의 CNC 제어기 사이의 인터페이스는 단지 공구의 움직임만을 표현하여, 현재 CNC 제어기와 CAM 시스템 사이에 제한된 기능을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하고자, CAM과 CNC사이의 정보 체인을 최적화 하여 생산비용을 줄이고, 생산의 유연성과 정밀성을 증가시키기 위해 시작되었다. 내부적으로는 CNC 상에서 곡면 정보 처리를 통해 공구 교환, 공구 파손 혹은 곡면 충돌에 따른 밀링 프로그램의 새로운 계산 주기의 단축과 보다 복잡한 형상 데이터 종류를 사용하여 밀링 공정의 성능을 향상시키고자 하였다. ISO 14649는 이 OPTIMAL 프로젝트의 연속선상에서 NC 가공에 필요한 데이터 모델 및 인터페이스를 정의하기 위한 국제 표준화 과정이다.

STEP-NC 프로젝트는 1999년도부터 2001년까지 ESPRIT IV 29708 프로젝트로 유럽에서 현재 진행 중에 있으며, IMS 97006 프로젝트로 선반 등 여타 가공을 대상으로 확산하여 1999년부터 시작하여 2002년에 완료 예정이다.

유럽 OPTIMAL 프로젝트의 3D 밀링 응용에 관하여 STEP 및 피쳐기반의 새로운 언어에 대한 성공적인 개발에 자극을 받아, 1998년 3월에 미국 NCMS (National Center for Manufacturing Science)에서 주관하여(NIST, STEP-Tools사, 유럽쪽의 아헨 공대 참석) STEP-Compliant Data Interface for Numerical Controls Workshop을 개최하였다[5]. 워크샵의 목적은 EC(European Community)에서 선행적으로 수행되고 있는 새로운 NC 언어에 대한 패러다임의 개발에 관해 고찰하고, 미국 산업계 협동 프로젝트를 출발하기 위해 개최되었다.

이상 외국 선진국들은 ISO 6983 코드의 문제점을 인식하고, 수치제어 장치가 21세기 첨단 생산 시스템의 한 부분으로 자리 매김을 확산하여 활발한 연구가 진행되어지고 있다. 특히, 독일 아헨 공대에서는 ISO 14649 기반 컴파일러를 개발 중에 있으며, 미국의 STEP-Tools사는 STEP 컴파일러, 다른 시스템과의 Translator 및 가시화 관련 제품들이 출시되고 있다. 그리고, 이들 국가에서는 수치제어 장치의 핵심인 NCK 부분 등의 핵심기술은 보유한 상태이다.

현재 국내의 경우는 선진국의 기본적인 수치제어 기술을 추적하고 있는 단계이다. 기업체별 폐쇄형 하드웨어를 이용한 서보제어기술을 중심으로 단순한 제어기의 개발 단계이며, G7 사업 일환으로 지능화 개방형 연구가 초기 frame을 설정하는 단계이다. 따라서, STEP-NC 기술의 개념 자체가 생소한 실정이며, 투자수익성 저조, 경기침체, R&D 투자 불가능한 실정 등 연구 인프라가 매우 빈약한 현실이다.

그러나, STEP-NC 기술은 아직 초기 단계이고, 현재 ISO 14649 제정도 Software people이 주도하여 신언어의 표준화에 치중되어 있으므로, 국내에서도 관심을 기울이면, 충분히 선진국의 대열에서 경쟁할 수 있는 분야라고 생각되며, 따라서, 일부 기업 및 학계에서 STEP-NC에 대한 기초 연구를 시작하고 있다.

5. STEP-NC 요소 기술

STEP-NC IMS Full Proposal(STEP-Compliant Data Interface for Numerical Controls "STEP-NC")에서는 STEP-NC를 "STEP-NC is a worldwide effort to expend STEP so that it can be used to define data for NC machines" 이라고 정의하고 있다.^(3,4) 여기에서도 기존의 ISO 6983의 한계성을 느끼고, 현재 제품 데이터 교환의 표준인 STEP을 기반으로 한 새로운 개념의 수치제어 장치임을 알 수 있다.

그러나, IMS에서 말하는 STEP-NC는 미래 데이터 교환 및 이기종 환경에도 적용될 수 있는 표준을 따라 이에 파생적인 장점에 관해서만 이야기하였다. 향후 진정한 STEP-NC는 STEP에 기반한 정보(ISO 14649)를 입력으로 받아 다양한 지적 기능을 수행할 수 있는 개방형 구조의 차세대 수치제어

장치를 의미하게 될 것이다.

본 연구실에서 제시한 STEP-NC의 구조는 Fig.3과 같다.^(6,7,8) 상위 CAD/CAPP/CAM에서 나온 모든 가공 정보는 STEP을 기반으로 한 ISO 14649를 기반으로 NC 제어기로 들어오며, NC 제어기 내부에서는 Task planning, Task execution, Task monitoring 등의 다양한 지적 능력을 가지는 모듈들이 소프트웨어 버스를 통해 NC의 하부 레벨과의 통신을 통해 STEP-NC는 구동하게 된다.

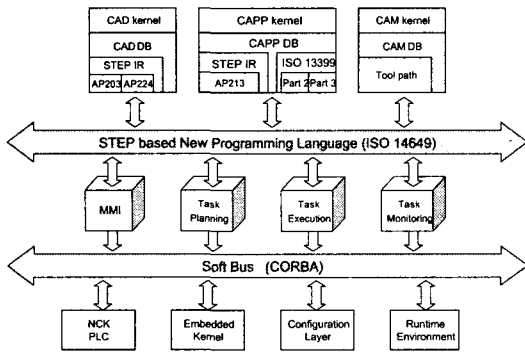


Fig. 3 STEP-NC 구조도

위와 같은 구조로 볼 때, STEP-NC의 최종 목적을 달성하기 위해서는 1) 신언어 표준화 기술, 2) STEP Interface 기술, 3) 자율 제어 기술, 4) 생산 자동화 기술, 5) CNC 기술, 6) Soft-NC 기술을 포함한 복합기술들이 필요하며, STEP-NC는 수치제어 장치의 총화라고 할 수 있다[Fig.4].

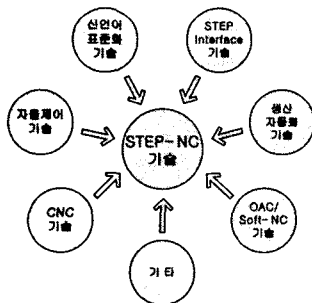


Fig. 4 STEP-NC 관련 기술

6. 향후 STEP-NC 기술 전망

현재 수치제어 장치는 각종 산업자동화 설비의 동작제어기로 적용되고 있으며, 다양한 사용자 요구에 맞추어 개방형 구조로 계속 발전할 것이며, 인터넷, FA IntraNet 등의 정보 시스템과 연결될 것이다. 이러한 개방형 구조의 제어기가 완성되었다면 그 다음의 기술 수요는 자연스럽게 좀 더 사용이 편리한 기계, 사용자 know-how를 이식시킬 수 있는 지능형 기계, 좀 더 신뢰성 있는 자동화 기계 등을 만드는 방향, 궁극적으로는 IMS(지능형 생산 시스템)를 구축할 수 있는 자율제어형을 지향할 것이다.

차세대 수치제어 기술은 기반기술이 완료된 선진메이커들이 CNC 시장을 석권하기 위한 수단으로서 이에 관한 연구개발이 가속화될 것으로 전망된다. 개방형 CNC 기술은 이미 유럽, 미국, 일본 등에서 1990년대 초부터 시작되어 전 세계적으로 확산되고 있으며, 개방형 구조가 아닌 제품은 조만간에 경쟁력을 잃을 것이다. 프로그래밍 언어에 관한 한, 아직 신언어가 완성된 상태가 아니기 때문에 당분간은 기존의 G-code가 계속 사용되겠지만, 완성시에는 (향후 3년 이내) ISO 14649 표준으로 대체될 것이다. 초기에는 기존의 G-code 기반 제어기에 ISO 14649 Converter를 장착하는 형태가 어느정도 계속될 것이나, 5~6년 이내에는 ISO 14649를 채용하지 않은 제어기는 경쟁력을 상실할 것이다. IMS의 실제적인 수요추세를 감안한다면 ISO 14649를 채용한 자율제어형 STEP-NC의 수요는 점진적으로 증가하여 향후 7~8년 이후에는 제품경쟁력의 확보를 위한 필수 기술로 대두될 전망이다[Fig.5].

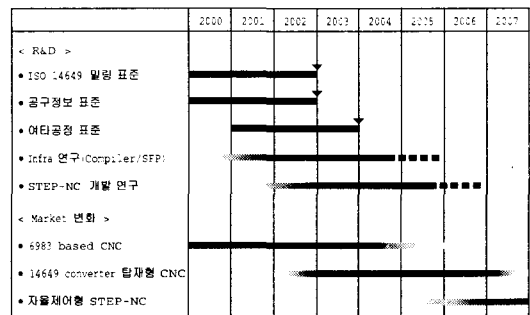


Fig. 5 STEP-NC 향후 전망

이러한 추세를 감안한다면 세계적인 연구동향은 현재의 밀링가공 중심의 신언어 표준화 단계에서 다른 가공(선반, 그라인딩, EDM, RP 등)에의 확장연구가 당분간 지속될 전망이다, 이들이 완성되면 이를 채용한 STEP-NC 제어기를 개발하는 시도가 금명간에 이루어 질 것이 확실시 되며(이미 선진 메이커에서는 이를 대비하여 숨겨진 상태로 개발하고 있을 가능성도 배제할 수 없음), 이 기술은 미래의 시장을 석권하기 위한 핵심기술로 자리매김 할 것으로 전망된다.

최종적으로, ISO 14649에 기반한(STEP포함) 수치제어장치로서의 STEP-NC는 IMS 프로젝트에서 제시하고 있는 홀로닉(Holonic :Autonomous and cooperation) 개념을 만족하는 지능형 생산 시스템의 한 핵심 요소로서 자리 매김 할 것이다.

7. 결론

STEP-NC 기술은 수십년간 사용해온 저급어인 ISO 6983언어를 탈피하여 STEP을 기반으로하는 새로운 언어의 혁명을 발판으로 하여, shop floor 상에 고립된 수치제어기능이 상위 생산기능과의 information highway를 구축하고자 하는 1차적인 목적과, 여기에 담긴 풍부한 정보를 바탕으로 수치제어기가 “무엇”을 “왜” “어떻게” 가공해야 하는 가를 가공상황에 맞게 판단하고 조치할 수 있는 자율적인 제어기의 도약을 궁극적인 목표로 하고 있다. 이를 감안한다면 현재 신언어의 제정에 집중되고 있는 세계적인 노력은 신언어를 채용하는 CNC의 개발단계를 거쳐, 궁극적으로는 자율제어형 STEP-NC 제어기의 개발에 연구의 초점이 맞춰질 것으로 전망된다.

자율제어형 STEP-NC 기술은

- 1) 제품정보 표준인 STEP에 기반한 새로운 언어를 사용한다는 점,
- 2) 새로운 언어에 담긴 풍부한 정보를 바탕으로 다양한 지적인 기능을 자율적으로 수행할 수 있다는 점,
- 3) 개방형 구조에 의한 모듈러 구조를 갖고 있다는 점,
- 4) Software 기반 CNC 라는 점에서 기존의 폐쇄

형 구조하의 서보제어 기능에 국한되었던 CNC 제어기술에 비해 혁신적인 차이를 갖게 될 것이다.

이러한 STEP-NC는 수출 경쟁력 확보, CAD/CAM, 공작기계 등 타 산업체에의 파급효과, G-code 사용으로 인한 문제점 및 비용절감을 가져오는 등 경제 산업적인 성과를 기대할 수 있으며, 국제 표준화 및 CNC 제어 기술의 향상을 가져올 수 있을 것이다.

아울러, 비록 국내의 CNC 기술은 기본기술의 확보 측면에서는 후발에 그쳤지만, 빠른 시간내에 STEP-NC로의 접목을 시도한다면 21세기 국제경쟁력을 확보할 수 있는 도약의 계기가 될 것이다.

참고문헌

1. ESPRIT 8643, "OPTIMAL (Optimised Preparation of Manufacturing Information with Multilevel CAM-CNC Coupling)," Final report, Dec. 1996.
2. ISO, ISO 14649. Data model for computerised numerical controllers Part 11: Process data for milling, ISO / TC184 / SC1 / WG7, Draft version 10 beta, March 1999.
3. IMS, "STEP-NC IMS Full Proposal: STEP-Compliant Data Interface for Numerical Controls(STEP-NC),: IMS proposal number 97006, 1999.
4. ESPRIT IV 29708, "STEP-Compliant data interface for numerical controls," 1999~2001.
5. T. Haynes, "STEP-Compliant data interface for numeric controls," NCMS(National Center for Manufacturing Sciences) Workshop, March 5-6, 1998.
6. S.H. Suh and J.H. Cho, "Architecture design for STEP-compliant numerical control," accepted for presentation on 3rd World Congress on Intelligent Manufacturing Processes & Systems," MIT, USA, June 28-30, 2000.
7. 서석환, 조정훈, "STEP-NC 제어기의 구조설계에 관한 연구," 1999 춘계 정밀공학회 학술대회,

pp.306-309, April 1999.

8. 조정훈, 서석환, "STEP-NC의 피쳐기반 공구경로 생성 및 갱신," 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 4권, 4호, pp.295-311, Dec. 1999.