

◆특집◆ 시스템 지능화

정보기반 생산시스템의 지능화를 실현하는 STEP-NC 기술

서석환*

STEP-NC Technology Realizing Information-based Intelligent Manufacturing System

Suk-Hwan Suh*

Key Words: STEP-NC, ISO 14649, STEP (ISO 10303), Next generation CNC control (차세대 수치제어 장치), STEP-manufacturing (STEP 기반 생산시스템), CAD-CAM-CNC chain, NC part programming

1. 서론

현대는 정보화 시대이다. 생산시스템 역시 정보화 되지 않으면 살아 남을 수 없는 시대인 것이다. 그러나, 생산시스템의 핵심을 담당하고 있는 CNC 제어 시스템은 아직 정보화 물결이 미치지 않고 있는 특이한 분야이다. 그 동안 하드웨어 및 소프트웨어 기술의 발전으로 CNC 제어기는 고속 고정도 가공이 가능한 수준에 이르고 있지만, CNC 제어기에 사용되고 있는 언어는 G-code 라고 일컬어 지는 공작기계의 축의 동작 (위치 및 속도)을 지정하는 수치정보에 의한다. 1980년대 초에 이르러 ISO 6983 [1] 으로 국제 표준화된 이 언어는 50년대 초 MIT 에서 수치제어 밀링기계가 발명된 이후 줄곧 사용되어온 구시대 언어이다. 이 언어는 CAD, CAM, CAE, PDM, MRP 등의 상위 생산기능에서 사용되고 있는 제품정보, 형상정보, 공정계획 정보를 전혀 담고 있지 않는 기계어로서, 오직 기계의 축 제어만을 위한 것이다. 이러한 언어로

는 CNC 가 정보기반 생산시스템의 일원이 될 수 없으며, 공장 현장에 고립된 제어장치가 될 수 밖에 없다. 뿐 만 아니라, 상위 생산기능의 고급정보가 없기 때문에 무엇을 왜 가공해야 하는지도 알 수 없으며 단지 주어진 축 동작만을 실행하는 서보 제어기에 불과하다.

STEP-NC 란 CNC 제어기가 상위 생산기능에서 사용되는 말을 이해하고, 그 말을 이해하여 무엇을 왜 어떻게 가공해야 하는 가를 스스로 판단하고 실행 관리 감독할 수 있는 자율제어기능과 CAD-CAM-CNC 등의 상위 생산기능과 직결될 수 있는 smart interface 기능을 목표로 한다. 이 기술은 세계적으로 철예의 관심이 집중되고 있는 hot area 이다.

2. ISO 14649: STEP 에 기반한 새로운 CNC 언어

STEP-NC 의 실현을 위해 가장 근본적인 것은 언어이다. 현재의 것을 개조하는 것이 아니라 새로운 CNC 언어가 필요하다. ISO 14649 [2]란 국제 표준화 단체에서 상위 생산기능에서 사용되고 있는 STEP (STandards for Exchange of Product data model 의 약자로서 ISO 10303 으로 국제규격화 됨) [3] 이라는 제품정보교환 모델을 기반으로 하여 CNC 가 CAD/CAM 기능과 구김 없이 인터페이스 할 수 있

* 포항공과대학교 기계산업공학부 교수
Tel. 054-279-2196, Fax. 054-279-5998,
Email shs@postech.ac.kr

STEP manufacturing 및 차세대 CNC 시스템의 정보화, 지능화, 개방화 분야에 관심을 두며, 국가지정 STEP-NC 연구활동을 하고 있다.

고, 여기에 담긴 정보를 이용하여 CNC 제어가 고유 제어기능 뿐 만 아니라 지적 자율적 기능을 수행할 수 있도록 고안된 새로운 언어 표준이다.

ISO 14649 는 STEP 에서 사용되고 있는 형상정보 (STEP AP 203, 3D product model) 표현방식을 참고하여 CNC 가공을 위한 공정계획 정보 (가공절차, 가공방법, 공구정보, 형상정보)를 새롭게 정의하고 있으며, 이 들 정보는 STEP 에서 사용하고 있는 정보표현 방법 (Part 11, Part 21)을 따른다 (Fig. 1).

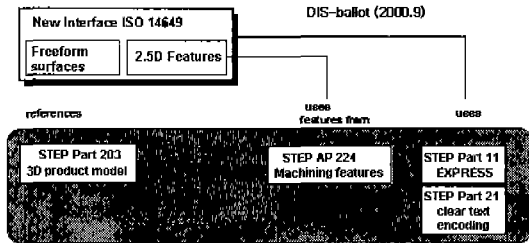


Fig. 1 ISO 14649 와 STEP (ISO 10303)과의 관계.

현재 ISO 14649 는 밀링공정을 중심으로 표준 말이 거의 완성된 상태 (FDIS: Final Draft International Standard) 이며, 선반공정을 포함한 EDM 등의 여타 공정에 대한 것도 2002 년 말경 (Phase 2)에는 완성될 것이다 (Table 1).

Table 1. ISO 14649 제정 현황

Part No.	Title	Phase	Publication
1	Overview and fundamental principles	1	FDIS
2	Language Bindings, Fundamentals	2	
3	Language Binding in Java	2	
9	Glossary	2	
10	General Process Data	1	FDIS
11	Process Data for Milling	1	FDIS
12	Process Data for Turning	2	
13	Process Data for EDM	2	
111	Tools for Milling	1	FDIS
121	Tools for Turning	2	
131	Tools for EDM	2	

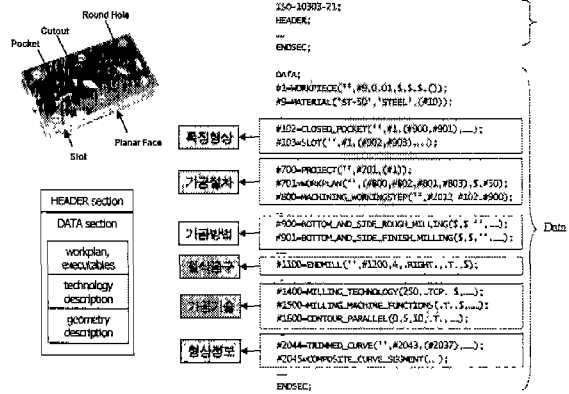


Fig. 2 ISO 14649 파트프로그램의 정보요소. [4]

Fig. 2 는 ISO 14649 에 의한 파트프로그램의 외 관 및 이에 포함되는 정보요소를 한눈에 보이고 있다. 특기할 것은 (3D 곡면가공 등 특수한 경우를 제외하고는) 공구경로가 포함되지 않고 있으며, 공구경로는 CNC 제어가 파트프로그램에 포함된 정보를 이용하여 가공현장에 맞도록 실시간 상에서 생성된다는 점이다. 즉, ISO 14649 데이터 모델 혹은 파트프로그램은 사용될 hardware 와 무관하게 (따라서, G-code 사용시 필수적인 postprocessing 이 불 필요함) 무엇을 어떻게 가공해야 하는 가를 정의하는 것이지, 구체적으로 축동작을 지정하지 않기 때문이다. 또한, ISO 14649 가 E-design 및 E-manufacturing 을 전제로 혹은 지원하기 위해 제정된 것이기 때문에, ISO 14649 파트프로그램은 수작업으로 작성되는 것은 아니며 SFP 혹은 Shop Floor Programming 시스템이라 불리는 파트프로그램 생성 시스템의 지원에 의해야 한다.

3. ISO 14649 에 기반한 STEP-NC 기술

Fig. 2 에서 보듯이 ISO 14649 파트프로그램은 다양한 정보를 포함하고 있다. 이러한 정보를 이용하면 현장상황에 맞는 공구경로 생성 뿐 만 아니라 CNC 가 가공계획을 스스로 수립하고 관리감독하고 이상상황에 대처할 수 있는 자율제어 기능과 파트의 셋업에서 검사에 이르는 전과정을 자동화시킬 수 있는 자동화 기능 및 최적화 기능을 가질 수 있다. STEP-NC 란 STEP 에 기반한 정보 (ISO 14649)를 입력으로 받아 다양한 지적 기능을 수행할 수 있는

개방형 구조의 차세대 수치제어 장치로서 아직 세계적으로 신좌선상에 있는 신 기술이다. Fig. 3 에서 보는 바와 같이 STEP-NC 에는 2 개의 버스가 있다. 하나는 CAD/CAPP/CAM 기능과 인터페이스 하는 ISO 14649 이며, 또 하나는 CNC 내부의 제반 모듈의 통신을 위한 Soft Bus 이다 [5].

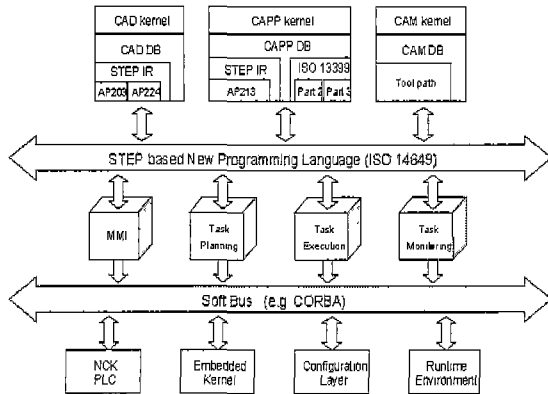


Fig. 3 STEP-NC 에서의 2 개의 개념적 버스.

ISO 14649 를 채용하는 STEP-NC 는 크게 3 가지 타입으로 분류된다 (Fig. 4). Type 1 은 G-code (ISO 6983)에 기반한 기존의 CNC 를 그대로 활용하는 방식인데, postprocessing 에 의해 ISO 14649 파트프로그램을 ISO 6983 으로 변환시킨다. 이 방식은 진정한 의미의 STEP-NC 로 볼 수 없다. Type 2 는 ISO 14649 interpreter 가 내장된 CNC 를 일컫으며, Type 2 STEP-NC 는 ISO 14649 파트프로그램을 해석하여 공구경로를 자체 생성하는 기능을 가지나 공구경로를 자체 생성하는 기능 이외에는 지적 기능은 특별히 없다. Type 3 는 STEP-NC 가 지향하고 있는 이상형의 것으로서: 1) New CAD-CAM-CNC chain 을 지원하는 인터넷 기반 smart CNC 기능과, ISO 14649 모델기반 하여 2) 셋업에서 측정에 이른 전 기능의 자동화, 3) 인공지능형 자율제어, 4) 고품질/최적화 가공 실현, 4) 모듈러 구조의 개방형 CNC 제어 기능을 갖도록 구현된다.

STEP-NC 기술은 Fig. 5 에서 보는 바와 같이 STEP 인터페이스 기술, CAD/CAPP/CAM/CAI 등의 컴퓨터 지원 생산자동화 기술, 자율가공 기술, CNC 기술, 개방형 구조 기술 등이 어우러진 복합 기술로서 한 기술만으로는 구현이 불가능하다.

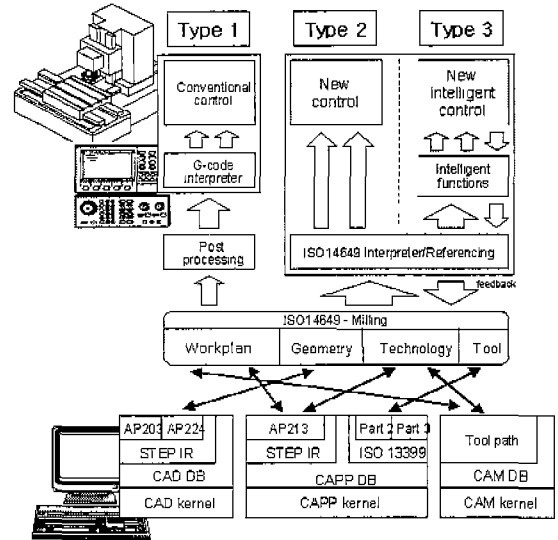


Fig. 4 STEP-NC 의 세가지 형태.

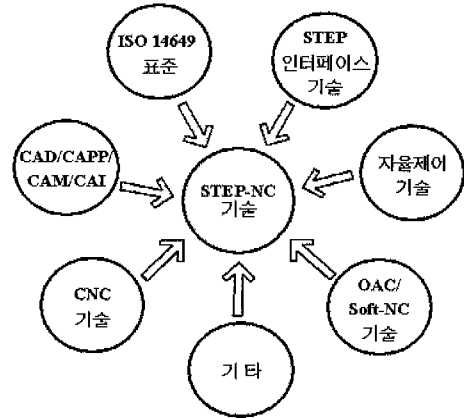


Fig. 5 STEP-NC 의 요소기술.

4. 파급효과

STEP-NC 기술은 차세대 CNC 제어기술로서 일차적으로 CNC 업체, CAD/CAM 업체, 공작기계업체 등 개발업체에 미치는 영향이 크다. ISO 6983 을 채용하는 기존의 CNC 는 ISO 14649 를 채용하는 형태로 개발되어야 하며, 나아가서는 Type 2, Type 3 의 지능형 STEP-NC 로 새롭게 개발되어야 하며, CAD/CAM 업체에서는 STEP-NC 와 인터페이스 되는 오프라인 형태의 CAD/CAM 소프트웨어 뿐 만

아니라 CNC 내장형 shop floor programming 시스템이 개발되어야 할 것이다.

뿐만 아니라 STEP-NC 의 파급효과는 STEP-NC 를 사용하는 환경에도 지대하다: 1) 먼저 시간 절감 측면에서 보면 STEP-NC 를 채용함으로써 CAD-CAM-CNC 에 소요되는 시간이 각각 75%, 35%, 50%의 감소효과가 있을 것으로 추정하고 있다 (Fig. 6) [6], 2) CAD-CAM-CNC 수행을 인터넷 기반 E-design, E-manufacturing 을 실현할 수 있도록 함, 3) supply chain 측면에서 기존의 one-to-one interface 에 의한 supply chain 으로부터 일원화된 one-to-many 형태가 되며, 따라서 설계된 형상이 세계 어느 곳이나, 어느 공작기계에 의해서 곧 바로 생산될 수 있는 지구촌 생산이 가능하게 된다 (Fig. 7).

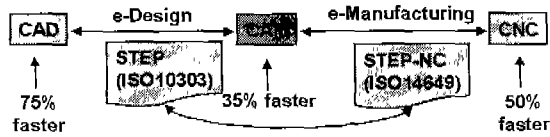


Fig. 6 STEP-NC 의 CAD-CAM-CNC 체인의 시간 절감 효과

CNC 공작기계 사용자 측면에서 고찰하면 1) ISO 14649 part program 자체가 device (controller & machine tools) independent 하기 때문에 종래의 ISO 6983 채용시 필수적인 postprocessing 이 생략 가능하며, 2) 인터넷 기반한 설계실의 형상을 곧 바로 세계 어느 곳에서나 동일한 제품의 가공이 가능한 Art-To-Part 를 실현할 수 있으며 (Fig. 8), 3) 인공

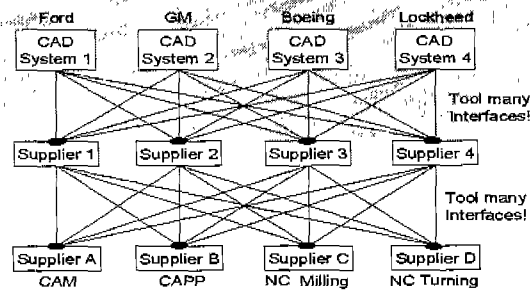


Fig. 7(a) 현재의 supply chain

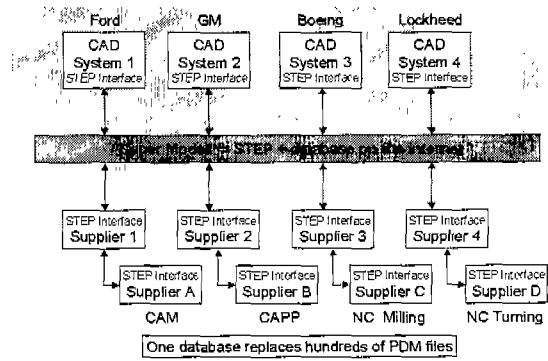


Fig. 7(b) 새로운 supply chain
Fig. 7 STEP-NC 에 의한 supply chain 의 변화.

지능형 CNC 기능 및 고품질/최적화 가공을 통해 생산성 향상 폭이 지대할 것이다.

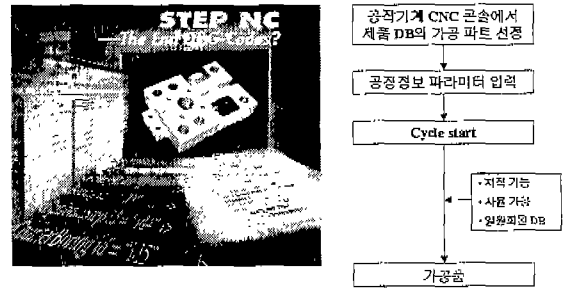


Fig. 8 Art-to-part 개념을 실현하는 STEP-NC.

5. 세계적인 R&D 현황

방대한 파급효과로 인하여 STEP-NC 기술은 세계 유수의 산업계 뿐만 아니라 학계 관계자들의 관심을 끌고 있다. 이들이 바라보는 시각은 각기 매우 다양하다. 이는 현재 세계적으로 진행되고 있는 STEP-NC R&D 현황을 보더라도 실감을 할 수 있다. 유럽의 경우 STEP-NC 는 Europe STEP-NC 라는 유럽공동체 과제로 진행되고 있으며 (1999-2001) [7], 미국의 경우 MDICM (Model Driven Intelligent Control for Manufacturing) 이라는 프로젝트로 진행되고 있다 (1999-2002) [6].

Table 2. 유럽 STEP-NC project 참여기관.

Organization	Country	Activity
DAIMLER-CHRYSLER AG	Germany	Manufacturing equipment user
VOLVO	Sweden	Manufacturing equipment user
Franci	Italy	Manufacturing equipment user
Derendinger & Cie SA	Switzerland	Manufacturing equipment user
Wyss SA	Switzerland	Manufacturing equipment user
DASSAULT Systèmes	France	CAD/CAM supplier
OPEN MIND	Germany	CAD/CAM supplier
CADCAMation KMR S.A.	Switzerland	CAD/CAM supplier
PROGETTI S.R.L.	Italy	Consultant
AMT Consulting	Switzerland	Consultant
SIEMENS AG	Germany	Control manufacturer
OSAI	Italy	Control manufacturer
AGIE	Switzerland	Machine Tool builder
CMS SpA	Italy	Machine Tool builder
Starrag	Switzerland	Machine Tool builder
EPFL	Switzerland	Research/education
WZL - RWTH AACHEN	Germany	Research/education
University of Stuttgart - ISW	Germany	Research/education
EIG Tech	Switzerland	Research/education
CECIMO	Belgium	Association

Table 3. 미국 STEP-NC project 참여기관.

Organization	Function	Organization	Function
Gibbs and Associates	CAD/CAM	Unigraphics Solutions	CAD/CAM
CNC Data (MASTERCAM)	CAD/CAM	Honeswell	CAD/CAM
CADKEY	CAD/CAM	Caterpillar	MTB/User
The Design Edge	CAD/CAM	Lawrence Livermore Laboratories	CNC/R&D
NIST Intelligent Systems	R&D	Liberty Consulting	CNC/R&D
GE Fanuc	CNC	Huro Companies Inc.	User
Chironix Machine	MTB/CNC	General Dynamics Land Systems	User
Fleury Mechanical Integrators	CNC	Cambidge Valley Machining	MTB
Chrysler	User	Boeing	User
General Electric	CNC/User	RMC Associates	User
Lockheed Martin	User	Fab Technologies	User
IBM Monarch Machine Tools	CNC/MTB	Ingensoft International	MTB/User
NASA (GSFC)	User	Alibre	User
NASA (JPL)	User	Electro General Motors	CNC/User
NCMS	R&D	Northrop Grumman (Avondale)	User
RPI	R&D	Watervliet Arsenal (Bent)	User

Table 2 와 Table 3 은 유럽 및 미국 프로젝트에 참여하고 있는 기관을 나타내고 있다. STEP-NC 프로젝트는 2002 년 초부터 세계적인 프로젝트로 수행된다. IMS STEP-NC 라는 이름으로 2003 년 말 까지 2 년간 수행될 이 프로젝트는 미국, 유럽, 스위스, 한국이 참여할 예정이며, STEP-NC 데이터 모델 (ISO14649)의 개발, 구현 및 검증과 STEP-NC 제어시스템의 개발 및 시연이 주요 내용이다 [8]. 이상의 프로젝트에서는 데이터 모델에 세계적인 표준화를 주목적으로 하며, 이를 어떻게 개발하는 가는 전적으로 개발업체에 달려있다.

현재 STEP-NC 제어시스템은 프로토타입의 형태로 발표된 3 개국의 것이 있으며, 대체로 기본 기능을 수행하는 Type 2 의 범주에 속한다. 2000 년 10 월에 ISO TC 184 전문위원회에 발표된 Europe STEP-NC 는 Siemens 840D CNC 에 Open Mind, Catia V5 등의 상용의 CAD/CAM 소프트웨어를 외형적으로 인터페이스 시킨 형태이며 (Fig. 9) [9], 미국의 경우 STEP Tools 사를 중심으로 개발되어 2001 년 6 월 ISO TC184 에 발표된 STEP-NC 역시

Bridgeport CNC 에 Virtual Gibbs, FB Mach 등을 외형적으로 인터페이스 시킨 형태이다 (Fig. 10) [10]. 한국의 경우 포항공대에서 국가 지정실 사업의 일환으로 개발된 Korea STEP-NC 가 있다 (Fig. 11). 이 시스템은 2001 년 Korea-Germany STEP-NC 워크샵 [11], ISO TC184 [12]에 시연 발표되어 완성도와 종합성 부문에서 높은 평가를 받았으며 유럽, 미국의 것과 더불어 향후 STEP-NC 의 conformance test 를 위한 reference model 로 활용될 것이다.

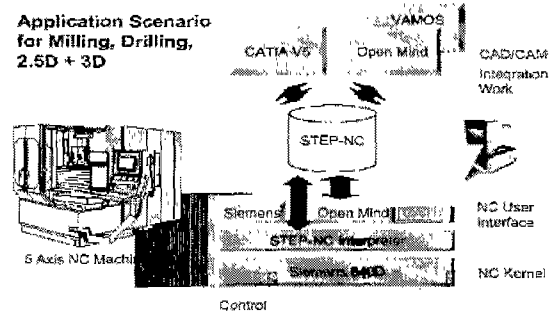


Fig. 9 유럽의 STEP-NC 프로토타입

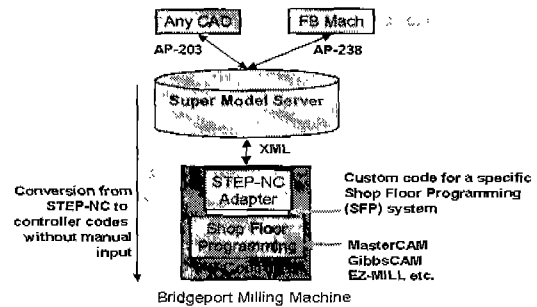


Fig. 10 미국 STEP-NC framework.

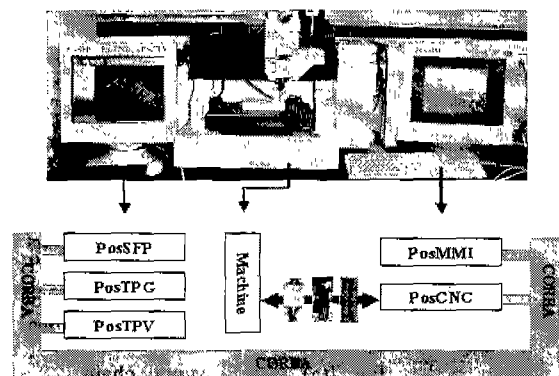


Fig. 11 Korca STEP-NC

6. 향후 전망

STEP-NC 기술은 개방형 CNC 기술, 정밀가공 기술, 지적 생산기술과 정보기반 E-manufacturing 요구에 따라 차세대 CNC 제어기가 갖추어야 할 필수적인 요소기술로서 뿐 만 아니라 기반 기술이 완료된 선진 메이커 들이 CNC 시장을 석권하기 위한 수단으로서 이에 관한 연구가 가속화 될 것으로 전망된다. 현재의 STEP-NC 기술은 “기본형 (Version 1)” 밀링가공을 중심으로 신언어 표준화 단계에 있으며, 여타 공정의 표준도 향후 2 년 이내에는 이루어 질 것으로 보인다. Version 1 의 기본형 신언어가 완성이 되면 지능형 STEP-NC 를 구현하기 위한 Version 2 의 2 단계 표준화 작업이 뒤따를 것이다.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
ISO 14649 밀링 표준								
ISO 14649 선반 표준								
요소 기술 연구								
기본형 STEP-NC								
지능형 STEP-NC								

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
6983 기반 CNC								
기본형 STEP-NC								
지능형 STEP-NC								

Fig. 12 STEP-NC 기술 향후 전망.

이와 병행하여 Version 1 이 완성되는 2 년 후에는 이에 입각한 STEP-NC 의 개발이 CNC 메이커 와 CAD/CAM 벤더에서 본격적으로 개발될 것이며, 이후에 개발될 Version 2 가 완성되는 향후 3-4 년 후에는 지적 자율적 기능을 갖는 STEP-NC 및 CAD/CAM 시스템의 개발이 이루어 질 것으로 전망된다. 이에 따라 CNC 마켓의 변화를 짐치보면 Version 1 이 완성되는 2 년 후부터 기본형 밀링용 STEP-NC 가 출시될 것으로 보이며, 초기에는 기존의 ISO 6983 기반 CNC 에 ISO 14649 converter 가 탑재된 형태가 될 것이며, 점차적으로 인터프리더가 장착된 새로운 형태의 STEP-NC 가 주도함에 따라 향후 5-6 년 이내에는 ISO 14649 를 채용하지 않은 제어기는 경쟁력을 상실할 것이다. 아울러,

version 2 가 완성되는 향후 3-4 년 이후에는 지적 자율적 기능을 갖는 STEP-NC 가 출시될 것이며, IMS 의 실제적인 수요추세를 감안한다면 ISO 14649 를 채용한 자율제어형 STEP-NC 의 수요는 점진적으로 증가하여 향후 7-8 년 이후에는 제품경쟁력의 확보를 위한 필수 기술로 대두될 전망이다 (Fig. 12).

이러한 추세를 감안한다면 세계적인 연구동향은 현재의 밀링가공 중심의 신언어 표준화 단계에서 다른 가공 (선반, 그라인딩, EDM, RP 등)에의 확장연구가 당분간 지속될 전망이며, 이들이 완성되면 이를 채용한 STEP-NC 제어기를 개발하는 시도가 급명간에 이루어 질 것이 확실시 되며, 이 기술은 미래의 시장을 석권하기 위한 핵심기술로 자리매김 할 것으로 전망된다. 최종적으로, ISO 14649 에 기반한 STEP-NC 는 IMS 에서 제시하고 있는 홀로닉 (Holonc: Autonomous and cooperation) 개념을 만족하는 지능형 생산 시스템의 한 핵심 요소로서 자리매김 할 것이다.

7. 결론

STEP-NC 기술은 차세대 CNC 제어기로서 뿐 만 아니라 CAD-CAM-CNC chain 과 호환성을 갖는 CNC 제어기로서, 이에 관한 세계적인 연구 개발이 매우 활발하게 이루어 질 것이다. ISO 14649 가 완성되면 기존의 CNC 언어인 ISO 6983 을 대체할 것이 확실시 되며, 이에 따라 ISO 6983 에 기반한 CNC 제어기는 점차적으로 제품경쟁력이 소멸될 것이며, CAD/CAM 소프트웨어 역시 ISO 14649 인터페이스 기능이 필수적으로 대두될 것이다. 이에 따라 국내는 기존의 것으로 상당 기간 버틸 수 있겠지만, 세계시장으로 진출하기 위해서는 국내의 대비책이 필요하다. 국내의 경우 선진국의 기본기술의 추적단계에 머무르고 있는 낙후된 기술 수준, 열악한 투자, R&D infrastructure 등으로 인해 STEP-NC 기술에 R&D 를 할만한 여력이 없는 것이 현실이나, 국가의 지원과 산학연구를 통하여 이를 극복해야 할 것이다. STEP-NC 기술은 아직 세계적으로도 시작선상에 있기 때문에 R&D 여하에 따라 선진국 수준으로 올릴 수 있는 기폭제가 될 것이다.

후 기

본 연구는 과기부 국가지정 연구실 사업의 연구비에 의해 수행된 것임.

참고문헌

1. International Standards Organization, ISO6983, "Numerical control of machines – program format and definition of address words, 1982.
2. International Standards Organization, TC184/SC1/WG7, ISO14649, Data model for computerized numerical controllers (DIS-ballot), Sept 2000..
3. J. Owen, STEP: An introduction, Information geometers, 1993.
4. 서석환, "STEP-NC 기술 소개," 제 3 차 STEP-NC 기술 산학협동 세미나 자료집, 포항공과대학교, 2001 년 9 월 6 일.
5. S. Suh, J. Cho, H. Hong, "On the architecture of intelligent STEP-compliant CNC, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 15, 2, Dec 2001, pp. 168-177.
6. M. Hardwick, "Justifying the STEP-NC savings," white paper presented at 4th MDICM IRB Meeting, June 2001.
7. ESPRIT IV 20708, "STEP-compliant data interface for numerical controls," 1999.
8. IMS, "STEP-NC Full Proposal," IMS Project 97006.
9. F. Glantschnig, "STEP-NC is reality," white presented at ISO TC184/SC4 Meeting, Charleston, USA, Oct. 2000.
10. M. Hardwick, "US STEP-NC implementation," white paper presented at ISO TC184/SC4 Meeting, San Francisco, June 2001.
11. S. Suh, "Research on STEP-NC technology at NRL-SNT," Proc. Korea-Germany Workshop on STEP-NC technology, POSTECH, Korea, May 2001, pp. 1-25.
12. S. Suh, "Developing an integrated STEP-compliant CNC prototype," white paper presented at ISO TC184/SC4 Meeting, San Francisco. June 2001.