

◆특집◆ IT 활용을 통한 제어 시스템의 기술발전과 나노 정밀도 구현방안

IT 융합과 나노 정밀도 구현을 통한
제어 시스템의 기술혁신 동향

김찬봉*, 김경돈**

Technology Trend on Innovation of Control System
by IT-fusion and Implementation of Nano-level Accuracy

Chan-Bong Kim*, Kyung-Don Kim**

Key Words : Accuracy(정밀도), IT-based(IT기반), IT-fusion(IT융합), Nano control system(나노제어 시스템), Nano level (나노급), Resolution(분해능)

1. 서론

나노기술은 접근 방법에 따라 톱다운(Top down) 방식과 바텀업(Bottom up) 방식이 있다. 톱다운 방식은 기존기술의 극한화, 고정도화, 고기능화에 의한 초미세가공적 접근을 의미하며, 바텀업 방식은 원자 및 분자의 취급과 조작기술에 의해 원자 및 분자를 수십에서 수백단위로 구축함으로써 나노구조를 구축하는 방식이다.¹

그동안 나노기술은 주로 재료와 물리, 화학 관점에서 바텀업 방식에 중점을 두었지만, 톱다운 방식은 기존의 기술에 신기술을 융합함으로써 기술의 혁신이 가능하기 때문에 생산성, 경제성 및 효율성에 있어서 바텀업 방식보다 매우 높다.

톱다운 방식에 의해 나노단위의 조작을 하기 위해서는 나노제어 시스템이 필수적이다. 나노제어 시스템은 장비의 나노 정밀도 구현을

위한 제어기(Controller)와 구동기(Actuator)를 통합하여 말한다. 톱다운 방식에 의해 초정밀 혹은 나노 단위의 가공을 하기 위해서는 제어기와 구동기가 나노단위 제어가 가능해야 함은 물론이며, 나노제어 시스템을 탑재하여 실질적으로 구동을 하는 기계 구조물도 기존의 시스템과는 근본적으로 다른 기술이 필요하다.

나노제어 시스템은 기존의 1 μ m 단위의 제어 정밀도 보다 10 배에서 500 배 정도 더 정밀해야 하기 때문에 제어 시스템의 기능과 구조에 있어서 기존 시스템과 구별된다. 예를 들어, 대용량의 디지털 데이터 교환방식을 사용하지 않고서는 나노단위 제어가 불가능하기 때문에 정보기술(IT)을 융합해야만 충분한 기능을 발휘할 수 있을 것이다.

제어 시스템에 각종 IT 가 융합된다면 많은 기술적인 혁신을 가져올 수 있다. 제어 시스템에 융합될 수 있는 IT 로는 개방형 및 지능형 S/W 기술, 고속/대용량 디지털 인터페이스 기술 및 펄드버스 기술을 들 수 있다. 이러한 기술들이 융합된다면 제어기와 사용자간의 정보가 매우 효율적으로 전달될 수 있으며, 제어기와 구동기 사이의 대용량 데이터 교환이 초고속 실시간으로, 또한 안정적으로 수행되어 지능제어가 가능해

* 터보테크 기술연구소

Tel. 031-710-5941, Fax. 031-716-9113

Email chanbong@turbotek.co.kr

제어 시스템과 IT 및 NT 기술과의 융합에 관심을 두고 연구활동을 하고 있다.

** 터보테크 기술연구소

진다. 또한 제어기와 각종 센서와의 데이터 교환에 있어서도 지능화 기능을 구현할 수 있을 뿐만 아니라 가격적인 효과까지 기대할 수 있게 된다.

나노 구동 장비는 최근 IT 산업의 발전에 따른 정보통신 부품, 광 부품 및 생체 실험용 부품 등 첨단 제품의 가공에 필수적으로 사용이 되고 있으며, 그 활용도 매우 빠르게 증가하고 있는 추세이나, 국내의 경우 대부분 수입에 의존하고 있는 실정이다. 나노제어 시스템이 장착된 장비는 기존 장비에 비하여 가격이 20 배 이상 비싼 것이 일반적이기 때문에, 국내 장비의 고품질화 및 고기능화에 큰 역할을 수행할 수 있을 것이며, 그 방향이 곧 국내 장비업체의 나아갈 방향이 될 것이다.

본 논문에서는 나노제어 시스템의 필요성과 국내의 기술동향에 대해 알아본다. 나노제어 시스템에 있어서 나노급 제어 정밀도 구현을 위한 여러 가지 기술적인 방법에 대해 소개하고, IT 융합을 통한 제어기의 기술혁신 방법도 소개한다.

2. 나노제어 시스템의 필요성

그동안 우리나라의 기계장비 산업은 자동차나 전자산업 등이 견인차 역할을 수행하였다. 그러나 최근 IT 산업이 발전하면서 기계장비의 새로운 수요처 역할을 하고 있다. 특히 최근의 IT 산업에서 요구하는 기계장비의 정밀도는 마이크로급에서 나노급으로 높아지고 있는 실정이다. 특히, 광통신 부품, 반도체 장비 그리고 디스플레이 장비(FPD) 등은 기계장비의 정밀도가 제품의 성능을 좌우하기 때문에 보다 더 높은 정밀도를 요구하고 있다. 그러나, 이러한 고정밀 장비에는 대부분 외국의 제어기와 구동기가 장착되고 있는 실정이기 때문에 산업경쟁력 강화 및 시너지 효과의 극대화를 위해서는 나노제어 시스템에 관련된 기술을 개발하는 것이 필요하다.

따라서, 나노급 기계장비의 국산화를 위한 노력으로서 핵심부품에 대한 연구개발은 무엇보다 중요하다. 특히 나노 단위의 분해능을 갖는 제어기, 서보 시스템 및 스피들 시스템은 부가가치가 매우 높은 기계장비의 핵심 부품이다. 이러한 핵심 부품이 국내에서 개발된다면 향후 국가 산업의 기반이 될 고부가가치 기계장비의 국산화의 기반

을 마련하여 기계장비 산업의 발전과 활성화는 물론 제조업 산업에도 품질 및 생산성 향상으로 연결될 것이다.

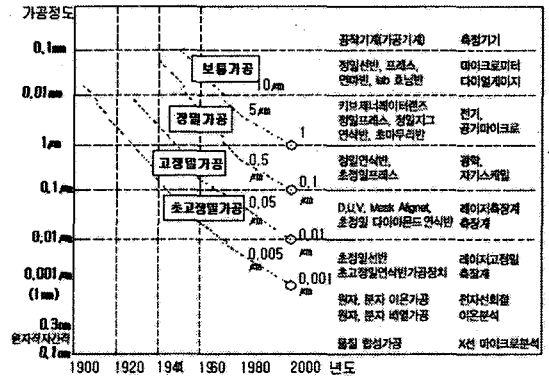


Fig. 1 Development of machining system

Fig. 1 은 산업의 발전에 따라 정밀도의 개념이 점점 마이크로급에서 나노급으로 발전하고 있음을 보여주고 있으며 각각의 정밀도를 구현하기 위한 가공 및 측정장비를 나타낸 것이다.² 이러한 장비 기술의 발전은 반도체의 정밀도나 디스플레이 상품의 상품성을 결정짓는 핵심 기술이 되고 있다. 또한, 가장 높은 정밀도를 요구하는 장비는 측정 장비이며, 대상 측정물보다 10 배 정도 더 정밀할 것을 요구하게 되는데, 기술의 난이도 때문에 대부분의 국내 측정기는 수입에 의존하고 있는 실정이다.

나노급 제어가 가능한 제어기와 구동부가 개발된다면 초정밀공작기계의 수입대체 및 장래 주력 수출상품화가 가능할 것이다. 특히, 나노급 가공 기술은 정밀 가공, 설계, 제어 기술 및 나노급 계측 기술 등이 복합된 분야로서 관련 기술의 확보가 다른 분야에 미치는 영향이 큰 기반 기술이라고 할 수 있다. 이러한 기술은 국내 기계장비 산업의 발전과 활성화는 물론 제조업 산업에도 품질 및 생산성 향상으로 연결되어 막대한 국부를 창출할 수 있을 것이다.

나노제어 시스템은 Table 1 에서 볼 수 있는 바와 같이 디스플레이 장비, 반도체 및 IT 부품 관련 장비, 광/정보/가전 산업용 핵심 부품 장비 및 전략 기술용 핵심 부품용 장비 등에 모두 적용할 수 있다.³ Table 1 에서 예시된 장비는 대부분 최

근 국가 산업에 있어서 매우 중요한 산업으로서 나노제어 시스템의 중요성을 나타낸다 할 수 있다.

Table 1 Application area of nano control system

분야	적용 장비
반도체, IT 부품 관련 장비	- Lithography, CTC, CMP 등의 전 공정 장비 - Packaging 장비, CD 측정기 등 검사장비
디스플레이 산업관련 장비	- 대형 LCD 패널, PDP 패널 등 제조 공정용 장비 - 디스플레이 제품용 가공시스템
광/정보/가전 산업용 핵심 부품 장비	- 광통신부품, 디지털 정도용 대용량 기록매체, 각종 렌즈 가공기 - 초소형, 초정밀 메카트로닉스 요소부품 가공 시스템
전략기술용 핵심 부품 장비	- 핵융합로, 천체 망원경, 원자가속기, 에너지 집광장치용 반사경 등의 전략기술용 핵심부품 가공기

3. 나노제어 시스템의 기술동향

3.1 국내 기술동향

국내의 제어기 개발 업체로는 CNC 개발 업체 몇 개와 PLC 개발업체, 그리고 PC-based 제어기 개발 업체 등이 있다. 그러나 국내 제어기는 대부분 중저가 동작기계 및 반도체 장비 등에 적용할 수 있는 수준이다. 또한, 구동부 분야는 회전형 서보 모터와 드라이브를 만드는 업체와 리니어 모터를 만드는 업체가 지속적인 노력을 기울이고 있다. 특히, 리니어 모터는 국내 제품의 기술발전 속도가 매우 빠른 양상을 보이고 있으며, 반도체 장비 등에 지속적으로 장착되고 있고, 50nm 정도의 분해능 구현에 이르고 있다.

나노 단위의 제어를 위한 서보 시스템인 경우 국내기술은 기존의 PID 제어와 관측기 전류각 위상제어, 인크리멘탈형 엔코더 그리고 아날로그식 속도제어 신호 처리 등의 기술이 일반적으로 사용되고 있다. 또한 고속 CPU 를 사용한 벡터제어를 하고 있으나 드라이브 전체를 고속형 디지털 체계

화하고, 상위 기종과의 고속 통신 및 데이터를 공유하는 방식에 대한 기본 설계기술은 아직 충분히 확보되지 못한 상태이다.⁴

국내 주요 스피들 제품은 대부분 자동차 및 금형 등의 용도를 위한 제품들로서 나노급 제품은 아직 초기 단계라고 할 수 있다. 동작기계 주축은 회전 속도 15,000-42,000rpm 범위로 고속화 추세이며 고정밀 가공을 위한 공기 정압 베어링, 자기 베어링 등을 이용한 제품이 늘고 있고, 초정밀 가공 분야에서 특히 문제시되는 열변위 보정, 가공 중 불평형 질량 보정 기능이 탑재된 제품들이 최근 들어 많이 선보이고 있다.

최근의 제어 시스템은 고속 연산칩을 채용한 하드웨어의 적용과 고속 알고리즘 및 고속 주축 등의 실용화에 따른 고속화뿐만 아니라 나노 보간 알고리즘, 고속 응답성의 서보 제어기술, 디지털 서보 인터페이스 기술 등을 통하여 나노 정밀도를 추구하고 있다. 또한, Open Architecture 의 적극적인 적용과 더불어 리니어 모터 적용사례가 늘어나면서 종래의 고속, 고가속에 더하여 고정밀 제어에 대한 연구가 활발히 전개되고 있다.

3.2 국외 기술동향

세계 CNC 시장에서 25.2%의 시장 점유율을 가지고 있는 Fanuc 사의 경우, 초고속 연산처리와 선형제어 알고리즘, NURB 보간기능을 적용한 고속 고정도 가공이 가능하며, 고속 디지털 인터페이스 기술을 이용한 서보 제어 기술을 적용하여 잡음에 대해 안정적이고 대용량의 고속 전송이 가능하고, 응답성을 향상시키는 제어알고리즘(HRV)을 상용화하여 고정도의 가공을 실현하고 있다. 또한, 고분해능의 리니어 모터 제어기술을 적용하여 초고속 이송(120m/min) 및 초정밀 나노 제어(수 nm의 정밀도)를 실현하고 있다.

Siemens 는 세계 CNC 시장의 27.8%의 시장 점유율을 가지고 있으며 고속가공 알고리즘(HSC), Jerk-limit 제어 알고리즘, NURBS 보간기능 등을 적용하여 고속 고정도 가공이 가능하다. 또한, 디지털 서보 제어기술과 고분해능의 리니어 모터 제어기술을 적용하여 나노 단위의 초정밀 제어를 실현하고 있다.

세계 모션 제어기 시장에서 중요한 위치를 차지하고 있는 Delta Tau 는 초정밀 제어가 가능한 진보된 PID 제어 등을 제품에 적용하고 있으며

MACRO 라고 부르는 자체 프로토콜을 개발하여 PWM 드라이브, 아날로그 드라이브, 디지털 I/O 를 디지털 방식으로 인터페이스 하고 있다.

MEI 는 모션 컨트롤 전문업체로서 범용 모션 제어보드 및 제어 소프트웨어를 제공하고 있으며 반도체 장비 제어기, 범용 제어기에 주로 적용하고 있다. 특히, 고속 Ethernet 을 변형한 SynqNet 이라고 불리는 고속 디지털 인터페이스 방식을 개발하여 200Mbps 의 고속 서보 인터페이스를 실현하고 있다. 또한, 이러한 고속 디지털 인터페이스 기술과 함께 초정밀 스케일러 인터페이스 기술, 초정밀 모션 제어 알고리즘 등을 이용하여 서브미크론(Sub-micron) 제어를 현실화하고 있다.

선진국의 다양한 제어기는 IT 기술에 기반한 다양한 S/W 를 개발하여 자율 조정 및 적응제어가 가능하다. 개방형 CNC 혹은 제어 시스템을 장착하여 데이터에 대한 접근성이 용이하도록 하여 IT 활용의 기초를 마련한 후, 공정 및 생산관리를 포함하는 공장 관리 시스템 혹은 지식 기반 동작기계 지원시스템을 구축하여 기계 장비의 활용도를 높이는 등 선진국의 IT 활용 기술은 이미 성숙기에 접어들고 있다. 또한, 인터넷 및 무선 통신 기술을 이용하여 원격 감시, 진단 및 제어가 가능하여 무인 가동뿐만 아니라 장비의 관리를 효과적으로 할 수 있도록 지원하고 있다.

미국의 경우 나노급 가공기는 우주, 군사, 기초연구분야를 위해 연구개발되었으며, 그 기초기술력에 있어서는 아직도 세계를 리드하고 있다. 1960 년대부터 발전하기 시작한 미국의 가공기술은 LODTM(Large Optics Diamond Turning Machine)을 개발하였고, 1980 년대 초 Union Carbide 사가 주축이 되어 비구면 광학부품을 생산할 수 있는 초정밀공작기계를 개발하였다. 상품화에 성공한 나노급 가공기로는 Rank Pneumo Precision 사의 제품이 유명하다. 이 제품은 주축에는 공기정압베어링을 이용하였고 안내면에는 유정압 방식을 사용하여 위치결정도와 분해능을 높여 나노급 비구면 가공을 실현하였다. 최근까지 미국은 우주 및 군사분야에서 우주망원경에 이용되고 있는 각종 대형 곡면 반사경과 대출력 레이저용으로 사용되고 있는 곡면경의 나노급 절삭, 연삭, 폴리싱 또는 그 조합에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

유럽의 정밀공작기계 제작사로는 네델란드의 Philips 와 영국의 CUFЕ 가 잘 알려져 있다. CUFЕ

(Cranfield Unit for Engineering)에서는 대형 X-선 천체망원경에 사용되는 비구면 반사경을 가공하기 위한 가공기를 발표하였으며, 1990 년에는 2.5× 2.5 m 크기의 대구경 천체망원경용 시그넨트밀러를 가공할 수 있는 대형 연삭가공기를 완성하였다. 또한 최근에는 상업용 초정밀 가공기 Nanocenter 를 발표하였으며 이 가공기는 ELID (Electrolytic Inprocess Dressing) 연삭장치가 첨가되어 있고 직경 600mm 의 비구면 형상을 형상정도 ± 50 nm, 면조도 ± 5 nm Ra 로 가공할 수 있다고 알려지고 있다.

일본의 나노급 가공기는 민생용 렌즈나 반사경 가공을 위한 장비가 주류를 이루고 있으며, 가공물의 크기는 직경 100mm 이하의 소형 제품이 대부분이었다. 현재는 많은 업체에서 나노급 전용 가공기가 제작될 정도로 그 기술이 보편화되고 있으며, 연구기관이나 연구자 수에 있어서는 세계 어느 나라에 못지 않다.

4. IT 융합을 통한 제어 시스템의 기술혁신

4.1 나노정밀도 구현기술 동향

나노 단위의 제어를 수행하기 위해서는 나노 제어 시스템이 가장 중요하지만, 장비 전체적으로 많은 요소기술이 필요하다. 기계장비 구조 설계 및 제작 기술, 나노급 장비의 환경 제어 기술, 오차 저감 및 보상 기술, 나노급 측정 기술 등 여러 가지 요소 기술이 완벽하게 확보되어야만 원하는 나노 정밀도의 제어를 실현할 수 있다.³

온도의 변화와 주변 환경에 의한 진동이 있는 상태에서 나노급 정밀도를 얻는 것은 불가능하다. 따라서, 0.001℃이내의 항온 환경과 0.1nm 이하의 저주파 방진, 1nm 이하의 고주파진동 환경하에서만이 나노급 제어 및 측정이 의미를 가진다.

나노급 구동을 위한 기계장비를 개발하기 위해서는 기계 구조물에 해당하는 시스템 구성 기술과 운동 및 제어를 담당하는 나노제어 시스템 기술이 필요하다. 시스템 구성 기술은 기계장비의 구조설계기술, 오차분석 및 보정 기술, 초정밀 온도 제어기술, 능동/수동 방진 제어기술 등 여러 가지 기술이 필요하다. 특히, 나노급 구동을 위한 기구 시스템 중에서 초미세 구동기술, 초미세 안내 기술, 스테이지 제어 및 보정기술, 스테이지 경량화 및 진동 저감 기술 등이 핵심이다. 이중 초미세 안내 기술 중에서 유정압 베어링과 자기 베어

링 그리고 공압 베어링 기술이 크게 발전하고 있다. 국내에서 세라믹 공기베어링을 이용하여 10nm 정도의 정밀도를 구현하는 정도까지 기술이 발전하고 있다.⁵

나노 단위의 제어를 수행하기 위하여 제어기에서 제일 중요한 것은 H/W의 처리속도와 나노 제어 알고리즘이며, 구동부에서 제일 중요한 것은 Feedback 장치와 H/W의 처리 속도이다. 즉, 제어기와 구동부 모두 원하는 시간 내에 계산을 수행하여 명령어를 처리하는 것이 나노급 제어정밀도를 달성하는 관건이 되고 있다.

◆ 보간 주기의 결정

$$E(T, F, R) = R - (R^2 - 0.25 \cdot (Ts \cdot F)^2)^{1/2} \text{ (원호 보간)}$$

[조건: D = 10mm 원호 보간]

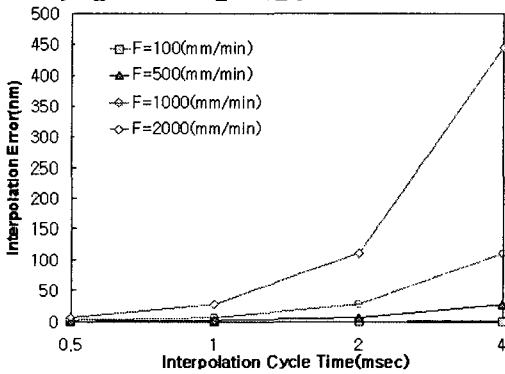


Fig. 2 Determination of interpolation errors

Fig. 2는 직경 10mm의 원을 이송할 경우, 보간주기(Ts)와 이송속도(F)에 따른 보간오차(E)를 그래프로 나타낸 것이다. 동일한 보간주기를 사용할 경우에는 이송속도가 커질수록 보간오차가 커지지만 보간주기가 1msec를 넘지 않은 경우에는 이송속도의 영향을 상대적으로 덜 받는다는 것을 확인할 수 있다. 따라서, 나노급 제어정밀도를 달성하기 위해서는 위치제어주기, 보간주기 등이 매우 짧아져야 하고 이를 위해서는 CPU를 비롯한 제어기, 구동부, 통신부 등 H/W의 처리속도가 뒷받침되어야 한다. 최근, 고급 제어기의 경우 나노 보간을 위해 위치제어주기는 수십 μsec까지 상용화되어 가고 있는 실정이다.

또한, 나노 구동에 있어서 핵심 모듈은 Feedback 장치이다. 회전형 모터의 경우 엔코더, 리니어 모터의 경우 리니어 스케일이 Feedback 장

치로 사용되는데, 이러한 Feedback 장치의 정밀도 범위가 제어 정밀도의 범위를 결정짓는다. 즉, Feedback 장치가 서브나노(Sub-nano) 수준의 정밀도를 가져야만 제어 시스템에서 나노 단위의 제어가 가능하게 된다. 최근의 회전형 엔코더는 측정 분해능이 0.0001°까지 상용화되어 있고, 리니어 스케일의 경우 0.1nm 정도까지 상용화되어 있다.

제어기에 있어서 나노급 구동을 위해 나노 단위의 보간이 될 수 있도록 여러 가지 알고리즘이 개발되어 사용되고 있으며, 광학식 엔코더나 디지털 방식의 엔코더 등의 신호를 받아 보다 정밀하게 측정하는 방식 등이 이용되고 있다.

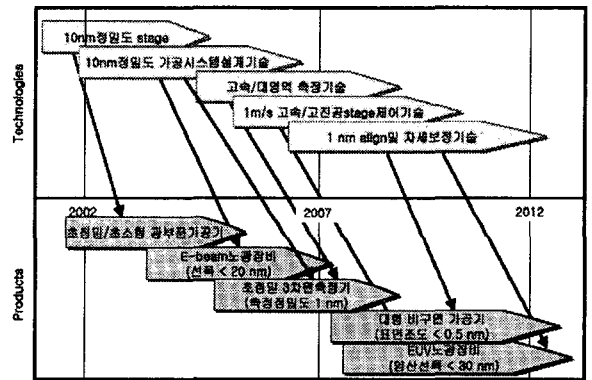


Fig. 3 Development of nano technologies and products

이와 같이 기계 시스템 기술과 함께 제어기와 구동부 기술이 확보된다면 나노 스테이지가 개발될 수 있고, 향후 5년 이내에 1nm급 얼라인먼트 시스템이 개발될 수 있는 기반이 될 수 있을 것이다. Fig. 3에 나타난 바와 같이 이러한 초정밀 위치결정 및 제어기술이 확보되면 초정밀 광부품 가공기, E-beam 노광장비, 대형 비구면 가공기 및 EUV 노광장비 등이 개발될 수 있을 것이다.²

4.2 IT 융합을 통한 기술혁신 동향

기계장비에서 정밀도와 함께 중요한 것은 복합화 기능이라 할 수 있다. 최근의 기계장비는 복합화 추세로 가고 있는데 복합화를 주도하고 있는 것은 바로 IT 융합이다. 각종 IT가 기계장비에 융합되어 복합화가 가능하게 되는 것이다. 과거의 노동 집약형 구조에서 벗어나 정보기술과 인터넷 기술을 기반으로 하는 지식 집약형 구조로 전환되

고 있는 현재의 생산현장의 실정을 고려한다면 차세대 기계장비의 필수적인 기능으로 다량의 정보처리와 통합적인 정보관리를 위한 IT의 융합은 필수적이라 할 수 있다.

IT 융합을 통한 제어 시스템의 기술 혁신은 단위 제품에 있어서 IT 융합을 통한 기술발전과 제어 시스템과 주변 환경의 통합에 의한 기술발전으로 나누어 생각할 수 있다.

단위 제품에 있어서 IT 융합을 통한 기술 혁신은 무어의 법칙(Moore's Law)으로 알려진 IT 부품의 기술 발전을 제어기에 접목하여 제어기의 기술 발전을 이룩한다는 것으로 이해할 수 있다. 즉, 최신의 반도체 부품을 제어 시스템에 적극적으로 반영하여 제어기의 성능향상을 가져온다는 것이다.

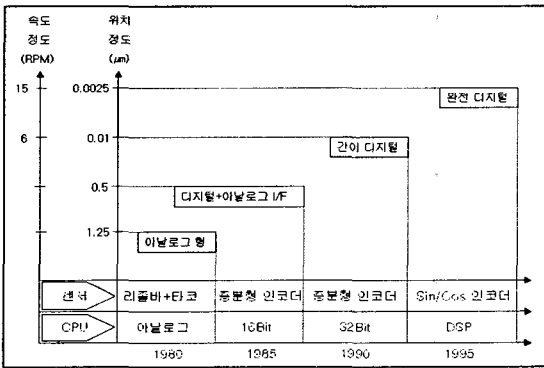


Fig. 4 Development of servo drive and motor by IT-fusion

Fig. 4는 IT 부품의 기술발전이 서보 모터와 드라이브에 접목되었을 때 이들의 성능이 개선되어 가는 모습을 보여주는 사례이다. 이러한 현상은 제어기와 구동부 모두에 해당하는 현상으로 어느 제품에서 가장 최신의 H/W 부품을 사용하느냐가 제품의 성능을 좌우하게 된다.

제어기와 제어기를 둘러싼 주변 환경과의 통신을 통한 기술 혁신은 세가지 방향의 통합을 고려해야 한다. 제어기를 사용하고 있는 사람과 제어기와의 통신, 제어기와 구동부의 통신, 그리고 제어기와 각종 센서와의 통신 이렇게 세가지 방향에서의 융합을 생각할 수 있다.

Fig. 5에 나타낸 바와 같이 제어기와 사용자간의 통합은 터치패널, 프로그래밍 툴 등과 같이 시스템의 설정이나 조작을 위한 사용자 인터페이스

뿐만 아니라 원격 진단/감시/제어 시스템이나 Web 기반의 HMI 시스템 등과 같이 인터넷 또는 인트라넷 기반의 응용 시스템들과 제어기의 통합을 가능케 한다. 또한, Ethernet, OPC, XML 등과 같은 표준 인터페이스 기술은 ERP 나 MES 등과 같은 상위의 정보통합 시스템과 제어 시스템과의 통합을 가능하게 한다.

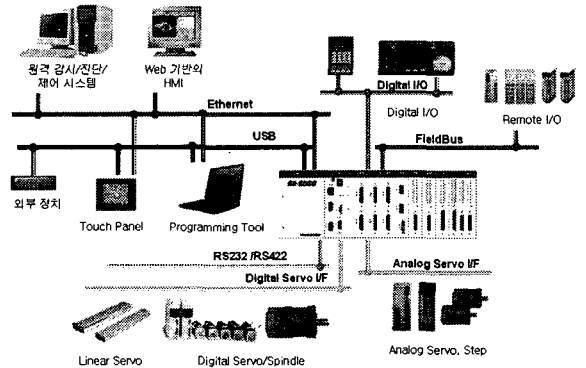
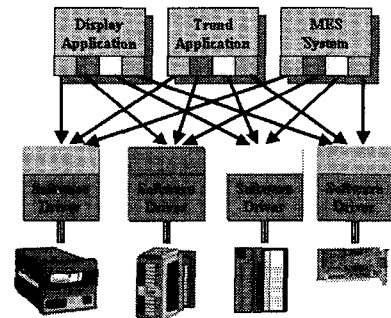
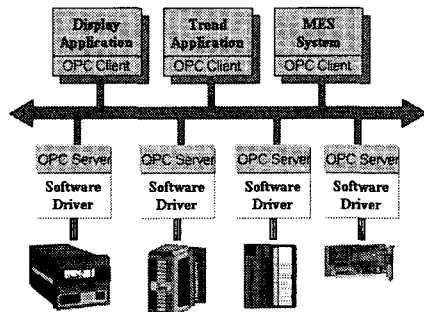


Fig. 5 3-Way integration by IT-fusion



(a) Proprietary interface



(b) OPC interface

Fig. 6 Proprietary interface vs. OPC interface

Fig. 6(a)에 나타낸 바와 같이 서로 다른 벤더들에 의해 제작된 디바이스 드라이버에 전용 인터페이스가 적용된 경우, MES 시스템과 같은 응용 모듈이 다수의 드라이버에 접근하기 위해서는 각각의 드라이버에 적합한 인터페이스 규약을 따라야만 하므로 인터페이스를 처리하는 것이 힘들 뿐만 아니라 많은 비용이 소요된다. 이러한 문제의 근본적인 해결책은 모든 시스템(응용 모듈)이나 디바이스가 자유롭게 연결되고 통신할 수 있도록 실질적인 Plug & Play 소프트웨어 기술을 제공하는 표준을 구축하는 것이다. OPC 인터페이스 기술은 이러한 표준기술 중의 하나이다.⁶

OPC 인터페이스의 경우, Fig. 6(b)에 나타낸 바와 같이 디바이스 드라이버와 응용모듈에 설치된 OPC 서버/클라이언트 소프트웨어와 LAN/WAN/Internet 을 이용한다. OPC 인터페이스를 적용할 경우에는 드라이버 개발자와 응용 모듈 개발자가 참여할 시간과 노력, 비용이 크게 감소하며, 제어기와 응용모듈간의 정보교환을 위해 종래의 방식과 같이 새로운 전기적 배선 작업을 요구하지 않으므로 설치 및 운영 비용을 획기적으로 줄일 수 있다.

제어기와 구동부와의 Digital Servo Network 을 통한 통합은 일반적으로 사용하고 있는 아날로그

신호에 의한 통합보다 안정성, 기능성 및 지능성이 크게 향상시키는 기술이다.

각종 센서와 제어기와의 통합은 FieldBus 기술로 잘 알려져 있는데, DeviceNet, PROFIBUS-DP 등과 같은 FieldBus 를 통해 제어기와 각종 센서를 통합할 경우 배선 비용 절감은 물론 각종 지능형 기능의 구현이 가능하다.

이와 같이 IT 를 각종 단위제품에 융합하여 기술 혁신을 가져오기도 하고, 제어기를 둘러싼 여러 가지 환경과 통합함으로써 기술혁신을 가져오기도 한다.

IT 를 융합한 나노제어 시스템은 초정밀 가공을 필요로 하는 각종 생산 시스템의 핵심부품이며 자본재 산업, 특히 제조업의 경쟁력을 좌우하는 가장 핵심요소이다. 향후 국가 산업이 IT, NT 및 BT 등 신산업을 중심으로 성장할 것임을 생각할 때, IT 를 융합한 나노제어 시스템은 기술적, 경제적 및 전략적으로 매우 중요하다.

Fig. 7 에 나타낸 바와 같이 국내 전통산업을 기반으로 하고 CNC 기술, Servo 기술 및 공작기계 기술과 같은 핵심 요소기술에 IT 와 NT 가 융합된 IT 기반 나노제어 시스템은 다양한 고부가가치 장비에 활용이 가능하므로 산업발전에 크게 기여할 수 있을 것이다.

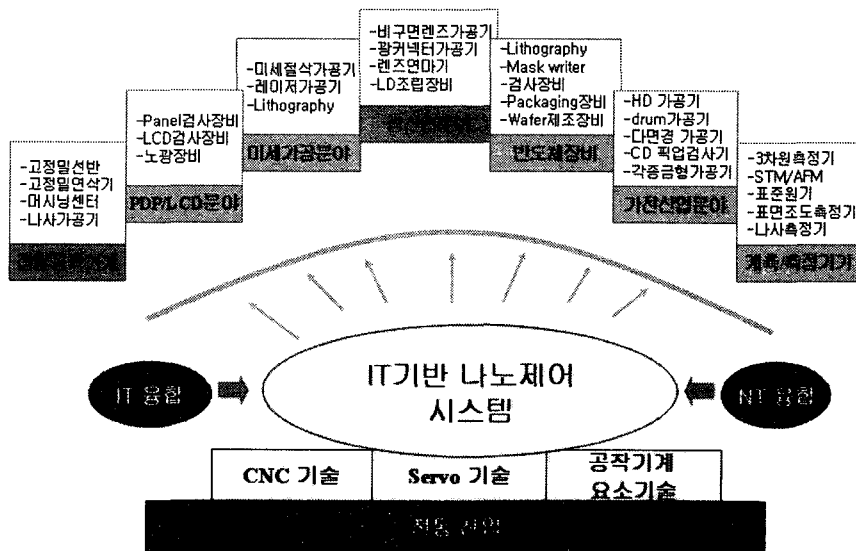


Fig. 7 Application area of IT-based nano control system

5. 결론

기계 장비의 고속/고정밀화에 대한 요구와 더불어 제어 시스템 기술은 지속적으로 발전하고 있다. 특히, 바이오 산업 및 나노기술 등을 통하여 극소 기술 (Micro system technology)에 대한 요구가 본격적으로 증대됨에 따라 나노제어의 필요성이 국내외적으로 대두되고 있다.

나노제어 시스템은 현재의 1 μ m 단위의 제어 정밀도보다 한 차원 높은 나노 단위의 정밀도를 얻을 수 있는 제어기와 구동부가 통합된 시스템이며, 광통신 및 광학부품 가공기, 초정밀 공작기계, 나노급 반도체 장비 등 차세대 핵심 장비에 적용할 수 있는 핵심 요소제품으로서 그 활용도 및 중요도는 매우 높다. 특히 나노급 제어기의 경우 향후 국가 산업의 중요한 경쟁력으로 자리 잡을 초정밀 부품 가공에 있어서 핵심적인 역할을 수행할 수 있을 것이다.

나노 단위의 제어를 수행하기 위해서 제어기와 구동부에 있어서 가장 중요한 것은 H/W의 처리속도이다. 즉, 제어기와 구동부 모두 원하는 시간 내에 계산을 수행하여 명령어를 처리하는 것이 나노급 제어정밀도를 달성하는 관건이며, 이를 위해서는 CPU를 비롯한 제어기나 구동부의 H/W 사양이 뒷받침되어야 하며 초고속/대용량의 디지털 데이터를 교환할 수 있는 IT 기술이 제어 시스템의 구현기술과 융합되어야 한다.

제어 시스템에 융합될 수 있는 IT 기술은 개방형 및 지능형 S/W 기술, 고속/대용량 디지털 인터페이스 기술, 그리고 필드버스 기술을 들 수 있다. 이러한 기술들이 제어 시스템 기술과 융합된다면 제어기와 사용자간의 정보 교환이 매우 효율적으로 수행될 수 있고, 제어기와 구동부 사이의 데이터 교환이 초고속/안정적으로 수행되며, 제어기와 각종 센서와의 데이터 교환에 있어서도 지능화 기능을 구현할 수 있게 된다.

제어기, 서보, 스피들 등과 같이 제어 시스템 구현을 위한 핵심 요소기술과 NT 및 IT 기술이 융합된 IT 기반 나노제어 시스템의 개발은 기술적, 경제적, 전략적 측면에서 매우 큰 기대효과를 가진다. 특히, 선진국 수준의 나노제어 및 구동기술 확보와 첨단 장비의 국산화를 통해 중국 등 잠재 경쟁국의 기술 추격을 차단하고 경쟁력의 우위를 유지할 수 있을 것으로 기대된다.

후 기

본 연구는 산업자원부의 산업기반기술개발과제사업("IT 기반 나노제어 시스템 개발")의 지원으로 이루어졌으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 기술경영연구원, "나노 시장, 기술 분석," 2001.
2. Taniguchi, N., "The state of the art of nanotechnology for processing of ultraprecision and ultrafine products," ASPE, Vol. 16, No. 1, pp. 5-24, 1994.
3. 국가과학기술원위원회, 국가기술지도 2 단계, 초정밀 가공시스템 기술, 2002.12
4. 산업자원부, 한국산업기술재단, "정밀제어기기 기술로드맵", 2004.6
5. 산업자원부, "IT 기반 나노제어 시스템 개발 산업분석," 2002
6. Iwanitz, Frank and Lange, Jurgen, "OLE for Process Control," Huthig Verlag Heidelberg, 2001.