

초정밀 모션 시스템에서의 IT융합

안형준 (송실대학교), 최동수 ((주)저스텍)

I. 서론

초정밀 모션 시스템은 LCD, PDP 등의 디스플레이 산업과 자동차 산업에서의 지속적인 설비투자 확대로 날로 시장이 확대되고 있는 핵심요소이다. 제품 생산을 위한 정확한 가공 위치의 설정 및 속도의 제어를 위한 모션 시스템 기술의 중요성이 제조 현장에서 부각되면서 전체 자동화시스템에서 차지하는 비중이 증가하고 있으며, 우주항공, 의료기기, 엔터테인먼트 및 환경 분야에 이르기까지 우리의 일상 생활에서도 쉽게 접할 수 있게 되었다.

최근 기계공학 분야에서도 빠르게 변화 발전하는 IT 기술의 도입을 통한 기술혁신이라는 요구가 급증하고 있으며 설계, 생산공정, 제품, 서비스 분야에 IT기술/부품/기기 및 서비스를 수용하여 기계 시스템의 지능화 및 새로운 기능을 창출/부가해, 편의성, 안전성, 서비스 향상 및 비용 절감 등을 이끄는 방향으로 융합이 진행되고 있다.

초정밀 모션 시스템 분야에서는 기계부품 및 모듈에서의 IT 기술 융합 그리고 시스템 혹은 단일 기계에 IT 기술 융합인 제품 IT 융합이 산업계를 중심으로 활발하게 진행되고 있

며 최근 기계 설비 및 장치로 구성된 생산 공정의 IT 융합에 관한 연구가 학교와 연구소를 중심으로 진행되고 있다.

부품 레벨에서 IT 융합이라고 할 수 있는 리니어 모터는 회전 운동을 직선 운동으로 변환해야 하는 일반 회전 모터와 달리 직선 운동을 직접 구동하기 때문에 빠른 동작 속도와 정밀한 위치 제어가 가능해, LCD 산업 분야의 경우 리니어 모터를 이용한 각종 스테이지 및 제조, 검사장비가 대체를 차지하고 있는 등 차세대 모션 제어의 핵심부품으로 각광받고 있다. 최근 들어 이러한 리니어 모터는 산업용 네트워크와 결합하여 점차 네트워크화/지능화 되어가고 있다.

제품 IT 융합과 생산공정 IT 융합에서도 산업용 네트워크가 관심의 초점이 되고 있다. 과거의 중앙 집중 제어 방식에서 분산 제어 방식으로 변화하고, 경영 관리 레벨과 필드 레벨의 수직적 정보 통합 그리고 네트워크 관리에 있어서의 효율성, 단순화 및 표준화를 구현할 수 있는 통신 기술의 필요성이 대두되고 있다.

II. 초정밀 모션 시스템

1. 리니어 모터 모션 시스템의 예

리니어모터 시스템 기술은 반도체 장비시장에 있어 청정성과 생산성을 만족시킬 수 있는 중요 핵심기술이다. 리니어 모터는 지속적인 기술개발과 함께 1990년대부터는 Anorad와 Indoramat 양사 주도로 시장이 활성화되기 시작하였다. 지금은 미국이 전 세계 시장을 장악하고 있는 가운데 일본과 독일에서 리니어 모터와 관련된 기술개발이 활발하게 진행되고 있다.

〈표 1〉 IT 기계 융합의 형태

| 형태 | 내용 | 예 |
|------------|--|---------------------|
| 제품 IT 융합 | 시스템 혹은 단일 기계의 IT 기술 융합 | u-생산기계, e-machine |
| 부품 IT 융합 | 기계부품, 모듈에 IT 기술 융합 | 리니어 모터, 전자식 구동기 |
| 생산공정 IT 융합 | 기계설비및 장치로 구성된 생산 공정에 IT 기술 융합 | M2M 기반 생산기계 |
| 서비스 IT 융합 | 판매된 기계의 사후 관리 (모니터링 및 진단)을 위한 IT 기술 융합 | 원거리 실시간 모니터링, 진단/보수 |

한편 국내 업체의 경우 (주)저스텍이 1996년 국내 최초로 리니어 모터를 개발한 이래 LCD 장비, 반도체 장비, 계측기기, 각종 자동화 장비 및 계엄 시뮬레이터 등의 다양한 어플리케이션에 적용시키고 있다. 아래에 (주)저스텍에서 개발한 초정밀 모션 시스템의 몇 가지를 소개한다.

〈그림 1〉의 초고속 가공 시스템의 사양은 속도 2m/s 이상, 가속도 2G이상, 위치정밀도는 10 μ m 내이며 제어용 PC 1대, 4축 모션 제어기 (리니어 모터 3축, 로터리 서보 모터 1축), 2개의 외장형 센서 (자기 센서, CCD 카메라), Device net을 이용한 각종 IO 인터페이스로 구성된다.

〈그림 2〉의 초정밀 검사 시스템은 반복정밀도 0.5 μ m이내, 정지시 떨림 (jitter) \pm 50nm 이내, 속도 리플(ripple) 0.1% 이내의 사양을 가지고 있으며 2대의 제어/HMI용 PC 18축 범용 모션 제어기 (리니어 모터 10축, 스텝 모터 7축, 로터리 서보 1축), 6축 피에조 제어 시스템, DeviceNet을 이용한 각종 센서 및 IO 인터페이스로 구성된다.



〈그림 1〉 초고속 가공 시스템



〈그림 2〉 초정밀 검사 시스템



〈그림 3〉 초고속 반송 시스템

〈그림 3〉의 초고속 반송 시스템은 반복정밀도 0.1mm 이내, 속도 리플 0.1% 이내 최대 속도 3m/s이며 2대의 제어/HMI용 PC, 22축 전용 모션 제어기 (20축의 리니어모터, 2축의 공압 밸브), 2대의 외장형 레이저 바코드 센서 위치 센서, EtherCAT을 이용한 각종 센서 및 IO 인터페이스로 구성된다.

2. 개발 및 시장 동향

리니어 모터기술은 고속화, 고정밀화, 저진동화 및 고추력화를 위해 모터 설계 기술, 조립기술, 제어기술, 그리고 냉각 기술 등을 중심으로 활발히 연구되고 있다.

많은 수율과 정밀도를 요하는 고정도 PCB 천공장비, 내환경성을 요하는 장비, 자동차 조립라인에서의 물류 이동, 반도체 분야의 공정간 장거리 반송, 다양한 물류 Sorting 시스템 등 리니어 모터의 성능을 필요로 하는 다양한 분야가 개발되고 있다. 또한 리니어 모터는 그 적용분야가 다양하게 확대되고 있는데, 이는 리니어 모터의 가격 경쟁력 향상과 우수한 제어 기술의 발달에 기인하는 것으로, 향후 더 많은 분야의 시장에서 리니어 모터를 요구할 것으로 기대된다.

리니어 모터 관련제품은 LCD, PDP 제품장치의 수요이 급증하고 있어, 현재는 반도체, 액정관련 제품이 시장전체의 68% 이상을 차지하고 있으며, 그 다음으로 PCB 제조 장비와 초정밀 가공장치를 중심으로 공장기계, 금속가공기기 16% 정도 수준이며, 일반 반송기기가 약 6%, 전자부품 조립, 실장기기가 약 3%, 검사, 계측기기가 약 3% 정도의 시장구성을 차지하고 있다.

〈표 2〉 리니어 모터 시장 규모 (백만원)

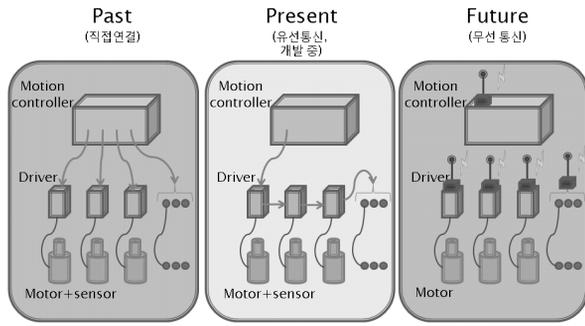
| 년도 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
|------|---------|---------|---------|---------|
| 세계시장 | 113,906 | 128,144 | 144,162 | 162,182 |
| 국내시장 | 16,808 | 19,984 | 23,760 | 28,250 |

한국 기계연구원

Ⅲ. 모션 네트워크

1. 모션 네트워크의 변천

최근 몇 년 동안 실시간 제어 및 높은 신뢰성을 바탕으로 산업용 네트워크가 공장자동화 산업에서 광범위하게 적용되고 있으며 시스템의 수직 및 수평 통합 움직임도 활발하게 일어나고 있다. 특히 제어기나 필드버스 네트워크와 함께 모션 네트워크의 비약적인 발전은 고속 정밀 제어 시스템을 완성해주는 가장 중요한 요소로 자리매김하고 있다.



〈그림 4〉 모션 제어 시스템의 발달 단계

모션 제어 시스템의 발달 단계를 〈그림 4〉에 나타내었다. 아날로그적으로 모션 제어기에서 일대일로 연결되는 중앙 집중식 제어 시스템은 폐쇄형 제어 시스템의 문제점인 낮은 자율성, 비효율성, 유지 보수 곤란뿐 아니라 전용 컨트롤러의 사용으로 확장성, 이식성, 상호 운용성 등의 어려움도 감수해야 했다.

현재 기존의 아날로그 1:1 방식에서 다양한 산업용 필드버스 기술이 접목되어 디지털 1:N방식으로 바뀌면서 간단한 배선으로 원거리 제어 및 전자파 노이즈 차단 등 괄목할 만한 성과를 거두고 있다. 하지만 여전히 중앙 집중식 제어 시스템을 사용하고 슬레이브 간의 개방적인 통신이 불가능한 문제점을 가지고 있다.

최종적으로는 모션 제어 시스템은 드라이버의 고기능화, 네트워크의 광대역화 고속화, 하드웨어와 소프트웨어의 유연한 결합, 다른 무선 솔루션과의 결합, 원격 업데이트를 지원하는 OTA (On-the-Air) 기술 등이 적용될 것으로 전망된다.

2. 모션 네트워크의 필요기능

산업에서 요구하는 자동화의 트렌드가 로직과 모션 컨트롤, 그리고 HMI의 통합에 따라 복잡화됨에 따라 시스템에 개방형 네트워크와 고속 고정밀 네트워크의 필요성이 급증하고 있다. 이에 모션 컨트롤 전용의 네트워크들도 개방화의 길을 걷기 시작했으며 산업용 네트워크의 최신 기술을 적극 결합하여 현재의 산업에서 요구 하는 완벽한 실시간 모션 네트워크 시장을 확대해 나가고 있기도 하다.

모션 네트워크로서 필수 불가결한 기능은 아래 세 가지로 정리할 수 있다.

- 실시간 및 결정성
생산성 향상을 위한 고속 정밀 제어가 요구되면서 ms단 위까지 정확한 위치 결정 요구되었다. 특히 정해진 시간마다 제어기와 드라이버가 데이터를 교환하는 실시간 결정성이 중요하다.

- 동기 제어 및 분산 제어
드라이버간의 동일한 위치와 속도 명령을 동기화함으로써 다축 정밀 동시 제어가 가능하며 제어기의 분산으로 단위 제어기의 제어 성능을 유지하는 것이 필요하다.

- 유연한 확장성 및 간편한 유지보수
네트워크를 통해서 드라이브 구성 및 각종 제어 변수의 수정과 간편한 배선과 데이터 전송으로 유지보수의 노력을 줄일 수 있다.

3. 모션 네트워크의 동향

빠르게 변화 발전하는 IT 기술의 도입으로 자동화의 개념이 모션 제어를 중심으로 방향이 잡히면서 실시간 모션 네트워크에서의 기술발전도 급속하게 추진되고 있다. 이러한 가운데 SERCOS, ProfiNet, Ethernet/IP, Ethernet Powerlink, EtherCAT, SynqNet, MACRO, Mechatrolink 등이 대표적인 모션 네트워크로 시장을 선점을 경주하고 있는 중이다. 그중에서 ProfiNet, Ethernet/IP, EtherCAT를 제외한 SERCOS, PowerLink, SynqNet, MACRO, Mechatrolink 등은 완전 모션 컨트롤 전용의 실시간 모션 네트워크로 개발된 프로토콜들이다.

현재 모션 전용의 네트워크 프로토콜과 범용의 산업용 이더넷의 경계가 완전히 허물어지면서 모션 전용의 산업용 네트워크가 시장에서 점차 그 힘을 잃어가고 있는 가운데, 범용의 개방형 산업용 이더넷이 모션 네트워크 시장에서 꾸준한 성장세를 이끌어 가고 있는 중이다.

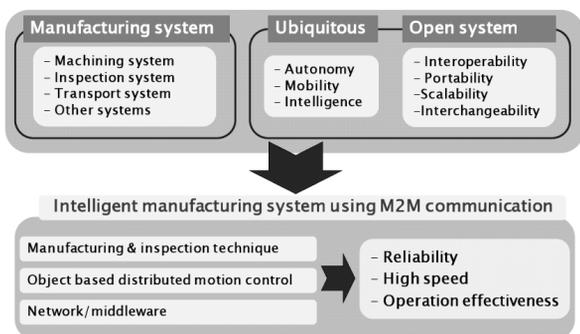
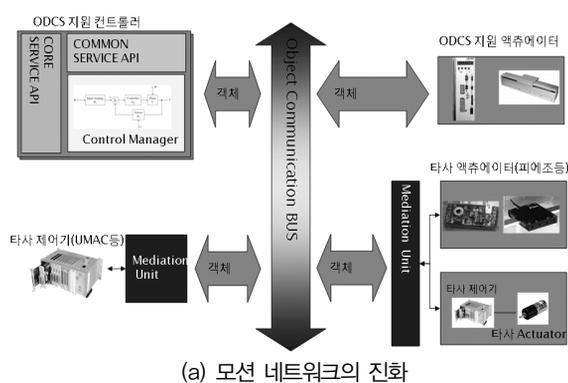
전통적인 모션 네트워크들은 I/O, 근접센서, 리미트 스위치 등과 같은 다양한 분산 필드 디바이스를 모두 지원하는데에는 많은 한계를 가졌지만 이제는 동일한 제어 네트워크에서 고기능 서보 드라이브와 다른 필드 네트워크들을 모두 지원할 수 있기 때문에, 이러한 불편을 최소화 할 수 있게 되었다. 더구나 국제 표준의 개방형 산업용 이더넷 솔루션들이 결정론적인 등시성/실시간성에 대한 요구를 지원하면서 시장에서의 기술 변화를 주도하고 있는 분위기이다. 특히 Ethernet Powerlink 는 프로토콜과 소스를 모두 오픈하였고 EtherCAT의 경우 기존의 하드웨어를 그대로 사용할 수 있는 장점이 있기 때문에 시장의 변화를 주도하고 있다. 즉, 진정한 오픈성으로 인해 공급자 중심에서 수요자 중심의 공급선 다변화 시장을 추구가 이미 대세를 이루고 있으며, 기존 공급자 중심의 시장에서 문제점으로 부각되고 있는 공급자 메이커 종속성에서 탈피하고 있다.

국내외 모션 컨트롤 및 서보 시스템 제어기기 시장뿐만 아니라, 로봇 시장에서도 모션 네트워크가 점차 그 시장을 확산

하고 있다. EtherCAT의 경우, 휴머노이드 로봇 등과 같은 각종 경비, 국방, 사회안전 응용 로봇 분야에서 실시간 구동과 정보 전달이 중시되면서 그 채용이 적극 추진되고 있는 중이다.

IV. 향후 IT 기계 융합 기술

향후에는 M2M기술의 발달과 모션 시스템의 지능화로 무선 분산 제어 시스템으로 모션 제어 시스템이 구동되며 이를 통해 <그림 5>와 같은 M2M 기반 자율 생산 시스템으로 발전해 나갈 것이다.



<그림 5> M2M 기반 지능형 자율 생산 시스템

참고문헌

- [1] 한국기계산업진흥회, 산업IT 융합 포럼, 기계산업의 IT 융합 현황, 2009.12.
- [2] (주)나노모션테크놀로지, 차세대 정밀 모션의 핵심 리니어 모터 기술이 진화한다, 모션 컨트롤, 2007.2.
- [3] 김중교, 고효율 리니어모터의 시장 동향 <http://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=gyo0349&logNo=10043015338&redirect=Dlog&widgetTypeCall=true>
- [4] 김기훈, Ethernet 기반 모션 네트워크 동향, C&I, 2010.5.
- [5] 전유준, 이. 구. 동. 성. 대세는 모션 네트워크다, 모션

컨트롤, 2007.3.

- [6] 오승모, 산업용 네트워크의 성장에서 본 산업용 이더넷과 실시간 모션 시스템, 모션컨트롤, 2005.9.
- [7] 이진수, 이더넷 기반의 산업용 네트워크, 모션컨트롤, 2009.6.
- [8] 이진수, 미래 제어 시스템의 핵심요소 무선 네트워크, 모션컨트롤, 2010.3.



안 형 준

1995년 2월 서울대학교 기계설계학과 학사.
 1997년 2월 서울대학교 기계설계학과 석사.
 2001년 8월 서울대학교 기계항공공학부 박사.
 2002년 3월~2003년 2월 미국 버지니아대학교 연구원.
 2004년 5월~2006년 2월 서울대학교 기계항공공학부 BK21 조교수.
 2006년 3월~2008년 3월 숭실대학교 기계공학과 전임강사.
 2008년 4월~현재 숭실대학교 기계공학과 조교수.
 <관심분야> 메카트로닉스



최 동 수

1996년 2월 서울대학교 전기공학부 학사.
 1998년 2월 서울대학교 전기컴퓨터공학부 석사.
 2002년 2월 서울대학교 전기컴퓨터공학부 박사.
 2001년 9월~현재 (주)저스텍 기초기술 연구소장.