

4차 산업혁명과 제조로봇의 기술 동향

지상훈

1. 서 론

현재 제조사들에게는 인구 고령 사회에서의 숙련된 노동 인력의 감소, 급변하는 사용자의 요구 및 수요에 대한 대처, 환경오염방지 및 에너지 절약 생산 방식뿐 아니라, 그리고 대체 산업 출현 가능에 대비한 고유 산업 기술 확보 등이 요구되고 있다. 이러한 산업, 시장 및 사회의 요구에 대한 충족은 전래의 제조방식으로는 달성하기가 매우 어려우며, 혁신에 가까운 새로운 산업제조 방법이 필요하다.

최근에 시도되는 제조혁신의 수단으로 CPS(Cyber Physical System), 로봇(Robot), 인공지능(Artificial Intelligence), 빅 데이터, 초연결성, 에너지 효율화와 분산화 및 가상 생산화 등이 포함된다. 특히, CPS, 빅 데이터, 초연결성, 인공지능이 결합된 제조로봇들이 제조혁신을 이끌 핵심기술로 활발하게 개발되고 있다.

이에, 본 기고문에서는 최근 제안되고 있는 제조로봇의 최근 동향을 정리해 본다.

2. 초연결 로봇

제조 사물(Making Things)의 초연결 (Fully Connection)을 통하여 생산 프로세스가 잘 정리되고 실시간으로 조정될 수 있다 [1].

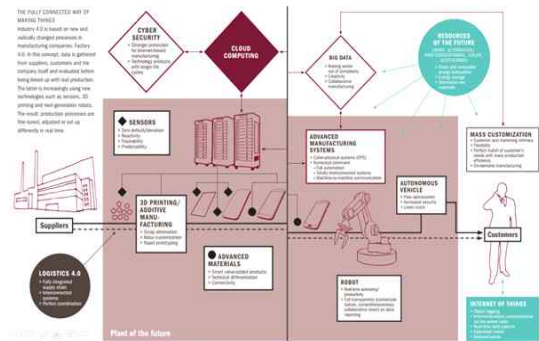


그림 1 4차 산업 개념도 [1]

이를 위해서 센서, 3D 프린팅 기술 외에 인터넷을 기반으로 모든 사물을 연결하여 사람-사물, 사물-사물, 사물-시스템 간의 정보를 상호 소통하는 지능형 기술 및 서비스 기술인 사물인터넷(Internet of Things, 이하 IoT)이 요구된다. 이는 기계와 데이터의 융합을 통하여 기계 성능, 기계가 연결되어 있는 시스템과 네트워크의 전반적인 효율성을 향상시키려고 하는 것이다 [2].

이를 위해서는 제조사 별로 다른 인터페이스들을 통합할 OPC UA (Open Platform

※ 교신저자(Corresponding Author): 지상훈, 주소: 경기도 안산시 상록구 향가울로 143 한국생산기술연구원 로봇그룹 수석연구원 전화: 031-8040-6363, FAX: 02-8040-6370, E-mail: robot91@kitech.re.kr

Communication Unified Architecture) 표준 기반 PLC데이터 통합 기술, 생산 시스템과 별도로 데이터를 관리할 수 있는 독립형 통합 시스템, 그리고 다양한 상위 플랫폼과의 연계/연동을 지원하는 데이터 통합 인터페이스 등이 필요하다.

특히, 최근에는 IEC61131-3 및 PLCopen [3] 규약을 따르는 PLC 결합 제조로봇 또는 PAC (Programmable Automatic Controller) 기반 시스템 등이 개발되었으며, 대표적으로 야스카와전기, 미쯔비중공업, 덴소 및 KUKA, Beckhoff등이 관련 제품을 출시되었다.

시스템을 위해서는 로봇 외에 카메라, 힘-토크 센서 등과 같은 별도 센서들과 부품 Loader/Unloader등의 추가적인 설비가 필요하며, 이는 로봇 자체 가격의 수배에 달하는 비용이 필요하였다. 이에 로봇의 활용에는 대규모 설비 투자가 필요하여 중소기업에서 도입하기가 어려운 점이 있었다.

이에, 최근에는 안전기능을 강화한 로봇들을 활용하여 인간과 로봇이 함께 작업을 함으로써 공간 활용성을 높이고 기존 작업 공정에 큰 변화나 수정 없이도 로봇을 적용할 수 있게 하였다. 대표로봇으로는 그림 3의 Universal Robot 사의 UR 로봇 시리즈 등이 있다 [5-7].

제조산업의 노동력 감소 문제를 해소하기 위한 방안으로 협동로봇 도입이 적극 검토되고 있는데, 감소하는 숙련 작업자를 로봇이 대신하기 위해서 부족한 로봇의 지능을 작업자가 협업으로 해결하는 방법이며, 이를 위해서 전문 프로그래머가 필요 없는 직접 교시와 같은 작업지능을 로봇에 내장 시킴으로써 별도의 부가장치 및 설비가 필요 없이 로봇작업을 쉽게 작성할 수 있게 하였다. 그러나 아직까지 드릴링 등 토크 제어 수준의 협동기술은 연구실 수준이다.



그림 2 초연결 로봇 개념도 [4]

3. 협동 지능 로봇

기존의 제조로봇은 대량생산 체제에 적합한 형태로 수작업 공정을 자동화하기 위해서는 생산 공정을 변경해야 하였다. 또한 다품종 소량 생산



그림 3 Universal Robot 사의 협동로봇 [6]



그림 4 Rethink Robotics 사의 협동로봇 [7]

한편 복잡한 작업에 적용할 작업지능을 갖춘 협동로봇으로 Rethink Robotics 사 협동로봇이 출시되었으나, 아직까지 인식 지능에 한정되어 개발되었다.

협동로봇을 실제의 동작환경에서 제작하고 운용하기 전에 시뮬레이션을 통하여 HW 모듈들과 동작들이 잘 동작하는지를 검증하는 기술들이 개발되고 있다. 또한 이러한 가상 공간에서의 로봇 운용은 로봇이 제조 환경에서 동작하는 과정에서 어지는 작업 데이터를 측정하고 비교함으로써 현재 진행되는 로봇의 동작을 검증하게 하여 발생할 가능성이 있는 오류를 정확하게 예측할 수 있도록 한다. 이러한 로봇 실시간 고장진단 기술은 제조현장에서 공정품질의 개선 및 다운타임 최소화 뿐 아니라 예기치 못한 안전사고를 방지하는데 필요한 기술이다.

로봇상태 추정기술은 실시간 고장진단예측과 로봇동작제어를 위한 내부모델과 관련되어 있다. 우선, 고장예지 및 건전성관리 기술이란, 센서를 이용하여 장비나 기계시스템의 상태를 모니터링하고 고장의 징후를 포착하는 진단기술(diagnostics)과 잔여유효수명(RUL: Remaining Useful Life)의 예측(prognostics) 및 효과적인 건전성관리 기술(health management). Industry

4.0 시대의 유지보수 전략은 상태기반정비기술을 적용함으로써 그림 5와 같이 구체화 되고 있으며, 모터, 감속기, 케이블 등의 고장진단 유형 분석이 가능할 것으로 예상된다.

실시간 센서정보를 사용한 로봇 건전성 상태의 실시간 진단(3단계 구성) 절차는 그림 5와 같이 (1) 입력된 신호처리를 통해 유의미한 “건전성 특성 데이터”추출 (사물인터넷연계) 단계, (2) 건전성 특성 데이터를 이용하여 “상태 분류 인덱스(건전성 지표, health index)” 추출 (기계학습, 통계분석 등 빅데이터 처리) 단계, (3) 상태 분류 인덱스 모니터링을 통해 고장예지 진단 수행 단계로 구분된다 [8].

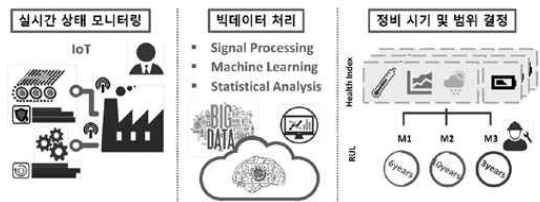


그림 5 Industry 4.0 시대의 상태기반 정비 CBM (Condition-based Maintenance) 단계 개념도 [8]

로봇이나 비행기, 선박과 같은 동역학 제어시스템들은 전자, 기계 및 소프트웨어 등의 종합시스템으로 이들의 긴밀한 상호 작용이 이뤄지고 있기 때문에, 일부 구성요소의 오류가 시스템 전체로 확대될 수 있다. 그러나 이들 시스템의 복잡성으로 인하여 모든 컴포넌트들의 상태를 감시 모니터링 하는 것은 불가능하기 때문에 Pallanti 등은 AI 기법과 센서 및 액츄에이터를 포함한 구성품들의 모델을 활용하여 실시간 시스템 건강 모니터링 알고리즘 DPHM(Diagnostic & Prognostic Health Management)을 제시하였다 [9].

로봇이 사람과 함께 협동 작업을 하려면, 주변 환경의 제약을 극복하여 작업을 수월하게 진행하는 수행기술(Skill)과 수행할 행동을 선택하는 기술(Autonomy)이 있어야 한다. EU에서는 매우 많은 연구들(Rosetta Project, SMERobot Project, SMERobotics Project, RoboPartner Project, RoboPartner Project, X-Act Project 등)이 진행되고 있다.

수행기술과 관련하여 주변의 환경의 제약을 극복하는 로봇기술로 양팔을 자유롭게 사용하면서 주변 고정된 보조 장치(Jig) 없이 작업을 수행해야 한다. 특히 조립과정이나 포장작업에서 많이 사용되는 다양한 형태의 물체 삽입과 같은 작업(Peg-in-Hole)에는 미세한 손끝 요령이 필요하다. 국내에서는 산학연(로보스타, 한국생산기술연구원, 한국기계연구원, 서울대, 고려대 등)이 협력하여 영상과 손끝 반발력의 특성을 스스로 분석하여 조립작업을 능숙히 하는 기술들이 개발되었다.

이러한 로봇들은 이동 플랫폼 위에 로봇 팔을 부착하여 작업을 수행하는 이동조작로봇기술 또한 개발되어 활용되고 있다. 대표적인 로봇으로는 Kuka의 이동조작로봇이 항공기 점검 작업이나 컨베이어로 이송되는 물건들의 검사에 활용되고 있다.



그림 6 로보스타의 양팔 작업로봇 (출처: 로보스타 홈페이지)



그림 7 KUKA의 이동조작로봇 omniRob [10]

자율성과 관련하여 로봇은 인간으로부터 행동 요령을 배우거나 또는 스스로 자신이 수행한 결과로부터 행동결정 및 수행방법을 배우는 연구가 진행되고 있다. 국내에서는 한국생산기술연구원이 한양대, 한국과학기술원, 서울대, 성균관대 등과 협력하여 기술을 개발되고 있다.

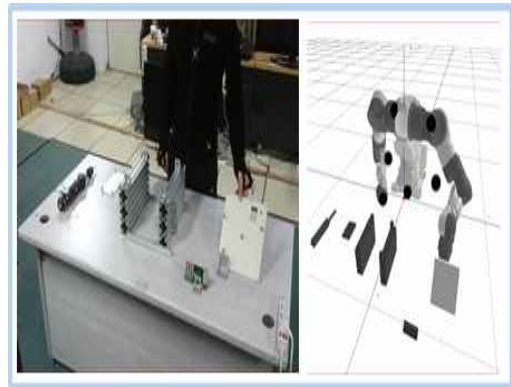


그림 8 인간작업관찰로부터 로봇작업학습

4. 디지털 트윈

협동로봇이 설치과정에서의 비용과 시간을 단축시키는 방법인 것과 달리, 디지털 트윈 기술은 실제 제조과정에서 경험에 의한 생산성 향상을 달성하기 위한 방법이다.

다쏘의 3DExperience제품은 비즈니스에서 쇼플로어(from Business to Shop Floor), 공학에서

서비스 (from Engineering to Services), 산업 분야와 프로세스를 통섭 (across Industrial Disciplines & Processes)을 목표로 한다.



그림 9 다쏘의 3DExperience [11]

PLM 관점에서 (1) 클라우드 협업 환경, (2) 기구-회로-SW, 설계-해석-시험 등 다양한 플레이어들을 통합할 수단 및 (3) 고객의 감성과 제품의 개발/생산에서의 경험을 프로세스 개선으로 연결시킬 수 있는 방법 등이 필요하며, 세부 기술로 고객 요구사항 수집, 제품의 품질 관리, 스마트 탐색, 규칙 적용, 설계 가이드 기능을 제공하는 빅데이터 처리 기술 및 정형/비정형화된 데이터를 관리하는 지식관리 기술들이 필요하다 [12].

특히 효율적 생산 기술의 구현을 위해서는 최근 디지털 가상생산 기반으로 제조용 로봇을 실제 제조 공장에 적용하기 전에 로봇 사양, 작업성 및 안전 등에 대한 사전 검증, 로봇 및 생산 공정에 대한 Cycle Time 예측, 로봇의 작업 프로그램의 사전생성(로봇 오프라인 프로그램), 로봇 실시간 모니터링/제어 및 로봇 작업 품질 예측, 로봇 교시시간의 단축 등에 대한 기술 및 소프트웨어의 선도적 개발을 통해서 국내 제조산업 분야에 대한 경쟁력을 확보가 필요하다 [13].

4. 결론

제조산업은 인구 고령화로 인한 숙련 노동자의 부족, 수요자 요구의 다변화, 기계학습, 빅데이터, 모바일 등에 의한 산업 주체의 변형을 겪고 있다. 이러한 다양한 상황에서 제조 경쟁력을 유지하기 위한 방법으로 설치 비용과 시간의 절감, 생산성의 지속 향상이 요청되고 있으며, 이를 위한 방안으로 초 연결 로봇 생산 시스템, 인간과의 협동 로봇 및 경험을 활용한 디지털 트윈 기술들이 개발되고 있다.

이러한 제조환경 및 기반기술의 변화에 빠르게 적응할 경우 국가 제조 경쟁력이 향상될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] Roland Berger, 'Industry 4.0 - the new industrial revolution': The new industrial revolution How Europe will succeed.

[2] 황난희, '초 연결 시대의 스마트 커넥티드 제품 개발 및 서비스를 위한 사물인터넷 기술의 적용' 스마트제조협회 Best Practice Conference. 2014.

[3] <http://www.plcopen.org/> (accessed Dec. 31, 2017).

[4] <http://www.kosmia.or.kr/> (accessed Dec. 31, 2017).

[5] 유수정, 지상훈, '협동로봇의 응용기술', 2017. 3.

[6] <https://www.universal-robots.com/> (accessed Dec., 31, 2017).

[7] <http://www.rethinkrobotics.com/> (accessed Dec. 31, 2017).

[8] 이수학, 윤병동, 'Industry 4.0과 고장예지 및 건전성 관리 기술(PHM)의 방향', 소음진동 제25권 제1호, pp.22-28, 2015.

[9] Pallanti Srinivasa Rao 외, 'AI Based On-Board Diagnostic and Prognostic Health Management System', Annul Conference of the Prognostics and Health Management Society, 2015.

- [10] <http://www.kuka-robotics.com/>,
<http://www.tapas-project.eu/media.html/>
(accessed Dec. 31, 2017).
- [11] <https://www.3ds.com/> (accessed Dec. 31,
2017).
- [12] 정승환, '자동차 산업의 경쟁력 향상을 위한
PLM 적용', 스마트제조협회 Best Practice
Conference. 2014.
- [13] 대한민국 로봇산업 기술로드맵. 2017.



지 상 훈

- 1995년 서울대학교, 제어계측공학과 학사
 - 1997년 서울대학교, 제어계측공학과 석사
 - 2007년 서울대학교, 전기컴퓨터공학부 박사
 - 1997년~2002년 대우 고등기술연구원 생산자동화팀
 - 2007년~2008년 두산인프라코어 신사업기획팀
 - 2008년~현재 한국생산기술연구원 로봇그룹 수석
 - 2014년~현재 한국 로봇학회 이사
 - 관심분야 : 제조로봇, 산업지능정보기술
-
-