

특집 : 로봇기술과 산업현황 기술

조선소 로봇 개발현황 및 탑재형 제어기 개발

김원배*, 강계형**, 김수호***

(고등기술연구원 로봇/생산기술센터 *수석연구원, 대우조선해양 미래연구소 로봇R&D **부장, ***이사)

세계 1위 조선국으로 도약한 국내 조선업계가 최근 중국 등 후발 국가들의 거센 추격에 직면하고 있다. 차별화 전략을 위해서는 생산성 향상 및 고부가가치 선박 건조가 중요하며, 근골격계 질환 및 작업환경 개선이라는 삶의 질 향상 요구도 대두되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로 로봇 적용이 확대되고 있다.

최근까지의 조선소내 로봇을 적용한 기술개발 현황과 제어기 개발에 대하여 소개하고자 한다.

1. 조선분야 로봇 개발현황

21세기 전략 제품으로 고부가 가치 선박인 LNG선, 시추선, 여객선 및 해양플랜트의 건조를 위하여 조선업계의 지속적 성장과 경쟁력 제고를 위해 노력중이다. 조선분야 로봇은 크게 선박건조에 필수적으로 요구되는 절단, 용접 및 가공 등의 제조로봇과 수중청소 로봇 등과 같은 서비스 로봇, 미래 해양시대를 열어가기 위한 해양자원개발 및 탐사를 위한 고부가가치 수중로봇 개발 등 다양하고 광범위한 조선분야 로봇연구가 진행중이다.

산업용 로봇중 그간 조선업종의 활황으로 조선분야의 로봇 수요가 꾸준히 증가하여 조선분야의 로봇 경쟁력 및 시장 매력도도 높은편임을 그림 1에서 보여준다.

조선소내 로봇 적용이 증가하는 이유는 고부가가치 선종의 수주 증가와 납품기한 단축으로 인한 생산성 향상 및 품질확

보가 요구되기 때문이다. 선박은 주문형 상품으로 수주후 설계, 블록제작, 탑재, 시운전에 이르기까지 단기간에 진행되므로 생산성이 중요한데 특히 블록의 제작 및 도크에서의 탑재에서 로봇을 적용한 생산자동화 기술이 매우 중요하다. 그림 2은 조선소내 선박 건조 공정순서 및 상세 공정별 적용되는 로봇군을 나타내었다.

현재 조선소 생산현장에 적용되어 사용중인 로봇에 대하여 살펴보면, 선박 블록 제작에 주로 적용되는 절단 및 용접 로봇의 활용도가 높다. 후판, H-Beam, 형강부재 절단용 초정밀 로봇과 아크, TIG/MIG 및 레이저 용접 로봇이 사용된다.

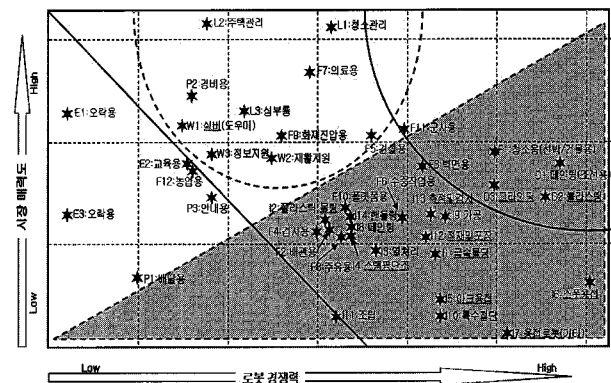


그림 1 기능별 로봇군별 시장경쟁력 대비 매력도

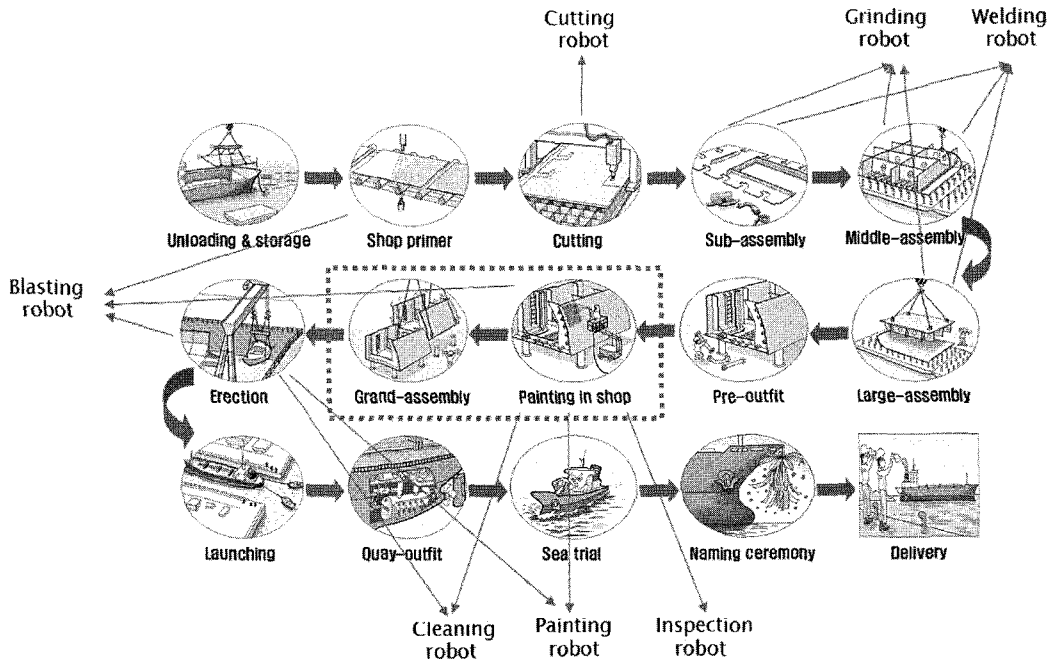
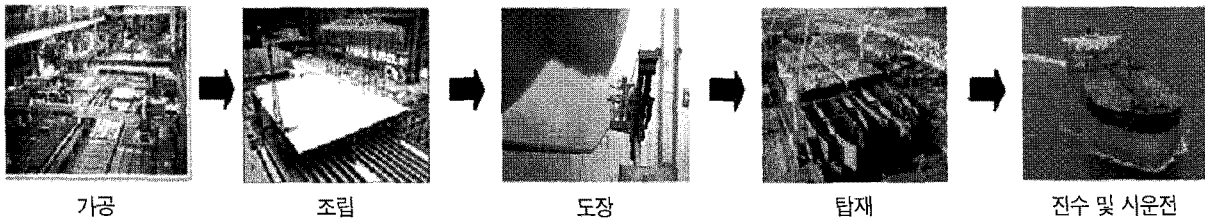


그림 2 조선소내 선박 건조 흐름에 따른 로봇 적용 현황

또한 선박 부재 가공을 위한 열가공 및 열곡적 작업의 로봇 자동화가 요구된다.

선박 블록의 제작과정에서의 로봇은 대부분이 고정형 로봇인 반면, 도크내 블록 탑재후 작업에 대해서는 이동형 로봇을 적용하여 작업이 수행된다. 고소차 또는 자주형 외판/배판 용접로봇, 외판 전처리용 블라스팅 로봇, 외판 청소, 도장, 검사 로봇 등이 주로 적용되고 있다.

그림 3은 조선소내 주로 사용되고 있는 고정식 로봇 개발사례와 이동식 로봇의 개발사례를 나타내었다.

이러한 로봇 시스템 개발시 필요한 기술로는, 다관절 및 이동형 로봇의 설계기술, 핵심 기능 구현이 가능한 제어기 개발 기술, 서보시스템 제어기술, 비전시스템 개발을 위한 광학설계 기술, 센서 설계 및 운영기술, noise 차폐 및 회피기술, 통합 성능평가 기술등이 요구된다.

조선용 로봇은 열악한 조건(협소, 고소, 고온, 진동, 분진 등)에서 정밀한 작업을 수행해야 하므로 견고하고 경량화된 제품개발이 필수적이다. 또한 로봇 생산성 및 작업성을 극대

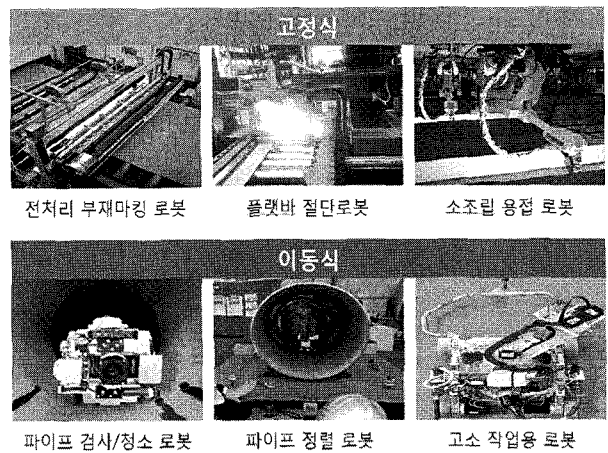


그림 3 선박건조시 적용되는 다양한 로봇 제품 현황

화 시키기 위해서는 기존 현장 작업과도 적절한 협업을 고려한 운영시스템의 안정화가 중요하다.

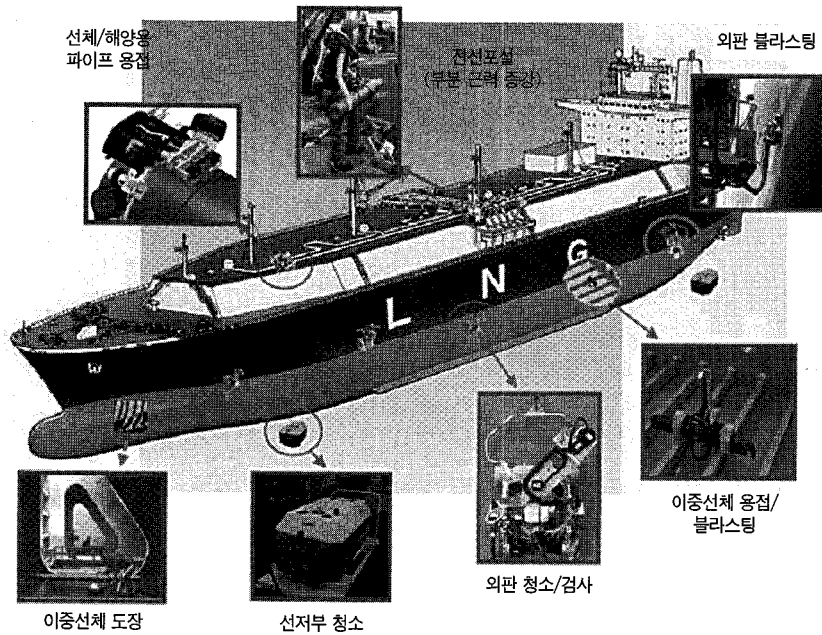


그림 4 선박건조시 적용되는 다양한 로봇 제품 현황

그림 4은 선박 건조시 사용처에 따라 필요한 다양한 로봇 제품군을 나타내었다.

2. 이동형 로봇 제어기 개발 현황

최근 선박의 생산성 향상을 위하여 주요 작업인 절단, 용접, 도장 전처리 분야에서 자동화가 많이 이루어졌으며, 특히 최근 이동로봇을 적용한 생산 자동화가 주류이다. 선박은 이중 선체(double hull) 구조로 블록 단위 제작과 이를 도크(dock)에서 통합하는 작업으로 진행되는데, 협소한 공간에서의 반복작업이 많아 로봇을 적용한 생산자동화시 로봇의 이동성을 고려한 경량화 및 제어기 및 케이블 등의 취급 편의성이 작업 생산성에 중요한 부분이다.

본 장에서는 이동형 로봇에 탑재되어 운영되는 임베디드 제어기 개발현황 및 적용사례를 소개하고자 한다.

2.1 로봇 탑재형 제어기 개발의 필요성

조선소내 이동형 로봇의 수요가 증가하고, 전자부품의 고기능화 및 다양화로 인해 많은 제어기의 기술발전이 가능하다. 보통 임베디드 시스템 개발을 언급할 때 특별한 하드웨어를 제어하는 시스템으로 다른 시스템에 의존하지 않고 내부 마이크로 프로세서가 있어 특정 작업과 기능만을 수행하도록 설계되어 있는 시스템을 말한다.

상용 제어기는 부피로 인한 로봇내 탑재가 어려워 로봇과 별도로 설치하여 사용하는데 긴 케이블(보통 50m 내외)의



그림 5 조선소내 선체 블라스팅 로봇 작업 사진

사용으로 작업자는 케이블 자체의 무게로 인해 취급시 산업 재해가 종종 발생하고 작업준비 및 시간이 소요되는 것이 현실이다. 또한 작업장내 케이블의 손상이 자주 발생하여 유지 보수에 많은 시간이 소요되는 것이 현실이다.

도크내 선박 제조시 협소공간 및 고소에서의 단순 반복적인 작업의 생산성을 향상하기 위하여 최근 모바일 로봇이 많이 적용되고 있다. 선박 선저면, 수직면 및 곡면에 부착하여 주행기능을 갖고 있어 용접, 청소, 검사 및 도장작업등에 투입이 가능하며, 이러한 소형 로봇의 제어를 위해 배선 길이 문제가 없는 로봇 탑재형 임베디드 제어기의 개발이 필요하다.

그림 5에서 조선소내 블록간 용접선 블라스팅용 로봇 본체

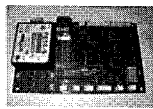




종류	개발보드	
CPU 및 비전보드		
모션보드		
서보드라이버	400W	750W
	400W/750W (Single)	
I/O & Power Board	400W/750W (Dual)	
		

그림 6 임베디드 로봇 제어기 모듈별 개발 사양

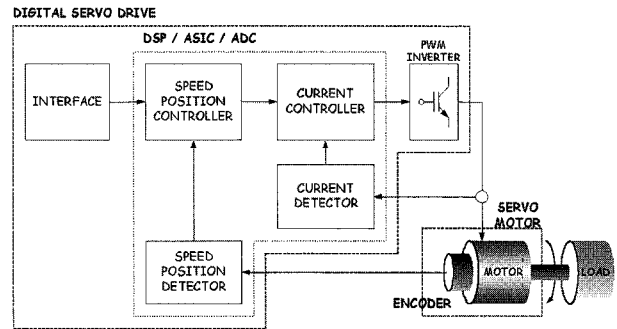


그림 8 서보드라이버 제어루프 다이어그램

개발된 주요 보드에 대한 개략적인 사양을 나타내었다.

임베디드 제어기를 구성하는 개별보드 설계시 통신방식은 USB, RS-232, RS-485, CAN, Ethernet을 지원하게 개발되었는데, 제어기를 구성하는 개별 모듈중 가장 중요한 부분인 모션보드 및 서보드라이버 개발에 대한 상세한 내용을 설명하고자 한다.

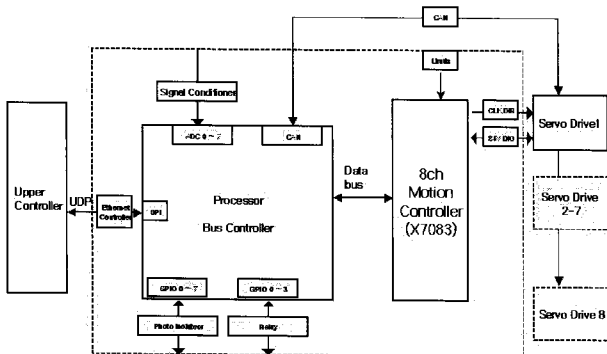


그림 7 8축 모션보드 내부 구성도

와 제어기간의 긴 연결 상태를 볼 수 있다.

2.2 로봇 탑재형 제어기 개발사양

로봇 탑재형 임베디드 제어기를 구성하는 개별 보드들은 TI DSP을 적용하여 개발하였으며, 실시간 제어특성을 고려하여 펌웨어를 구현하였다. 제어기를 구성하는 개별 모듈들은 모바일 로봇의 기능에 적합한 기능을 구현하게 설계 되었을뿐만 아니라 크기를 소형화, 모듈화하여 설계하였다.

제어모듈은 비전기능이 포함된 CPU 보드, 8축 모션보드, AC 서보드라이브 모듈(400W 및 750W single/dual), 전원/입출력 모듈로 구성되어 있으며, 모듈간의 통신은 표준 이더넷기반으로 구성하여 모바일 로봇의 제어시 확장성을 고려하여 설계하였다. 그림 6은 개발한 탑재형 제어기를 구성하는

2.3 모션보드 개발

모션보드는 상위 제어기에서 내린 명령을 해석하여 위치, 속도 정보를 서보 드라이버 보드에 전달하는데 모션칩은 8축을 지원하는 Gyopal X7083을 사용하여 150×100mm 크기로 개발하였다.

개발한 모션 보드는 host controller와는 이더넷으로 연결되어 있고, 하위 즉 servo driver와는 CAN 통신으로 연결되어 있다. 상위 제어기에서 내린 명령뿐만 아니라 상위 제어기에서 servo driver의 상태나 중요 변수 등도 실시간으로 모션보드에서 취합하여 상위 제어기로 전달할 수 있다. 또한, 로봇의 현재 상태도 전용 display를 이용하여 표시할 수 있다.

또한 개발한 모션 보드는 상위 제어기의 명령을 해석하여 서보 드라이브를 단순 제어뿐만 아니라 프로세서를 탑재하고 있어 독립 구동도 가능하다. 모션 보드에는 고성능 DSP를 탑재하고 있고 로봇이 가지고 있는 각종 센서의 물리값 획득 및 접점, 통신(CAN, RS232, RS485, Ethernet) 등을 포함하여 외부에 별도의 전용 I/O 장치가 필요없어 공간적으로 유리하다. 그림 5는 개발한 모션보드의 기능 구성도를 나타내었다.

2.4 서보 드라이버 개발

임베디드 제어기에서 로봇 구동부 제어는 가장 중요한 부분으로 제어변수로는 속도, 전류, 토크의 최적제어가 가능하게 제어루프를 구현하였으며, 그림 8과 같다.

서보 드라이버 보드 개발시 대상 서보모터 타입은 제어성과 내환경성이 좋은 PMSM(Permanent Magnetic Synchronous

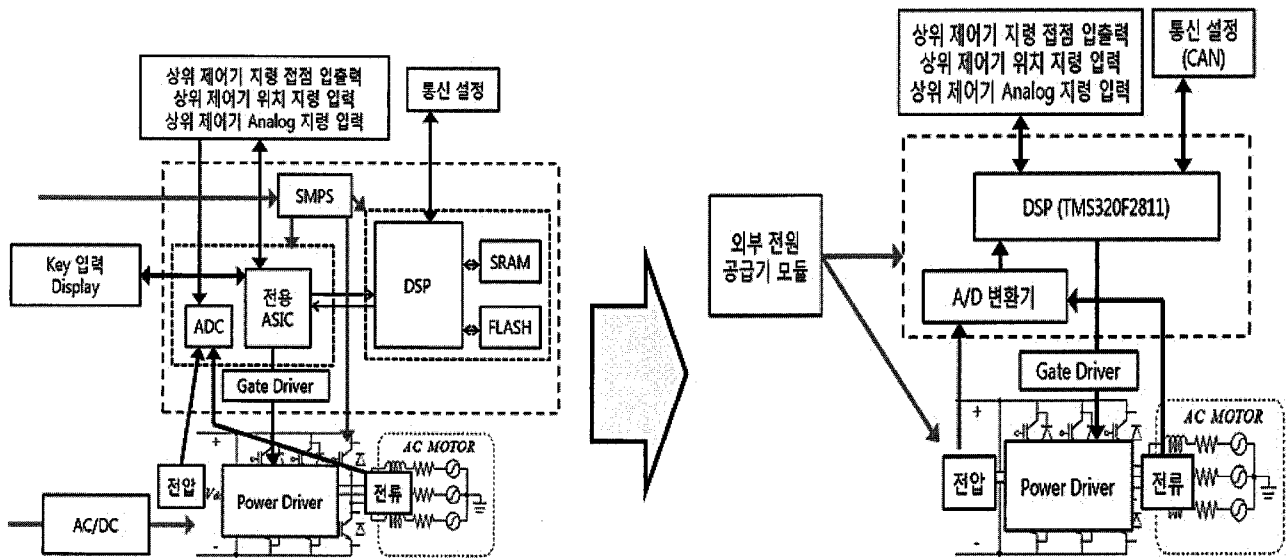


그림 9 서보드라이버 소형화 전후의 구성 비교

표 1 Tamagawa Seiki 서보모터 사양

Parameter	Value	
Phase/Pole	3 phase / 8 pole	
Output	400W	750W
Rotor Inertia	0.34[$gf \cdot cm \cdot s^2$]	1.10[$gf \cdot cm \cdot s^2$]
Rotation Speed	3,000rpm	3,000rpm
Rated Torque	1.27Nm	2.39Nm
Inductance/Phase	8mH	8mH
Resistor/Phase	0.8ohm	0.6ohm

Motor)을 선택하여 개발 하였는데 임베디드 제어기 특성상 서보 드라이버의 소형화를 위해 기존 상용 제품에 있는 전원 장치와 설정장치 등을 배제하고 여러 서보 드라이버가 이를 공통으로 사용하는 방식으로 설계하였다. PMSM의 위치 결정용 encoder도 배선량과 유지 보수성의 편의성으로 17bit protocol type encoder를 사용하였다. 개발 대상모터는 17-bit protocol 방식의 엔코더를 사용하는 Tamagawa Seiki사 AC 서보모터 400/750W 2종을 대상으로 개발 하였으며 상세사항은 표 1과 같다.

PMSM 서보 드라이버는 소형화를 하는 동시에 안정성에 역점을 두어 설계하였는데 소형화를 위해 전원 모듈을 통합하여 설계하고 발열부인 Intelligent Power Module(IPM)의 하부에 별도 배치를 하였으며, 드라이버의 제어부를 하나의 칩으로 또한 배선을 줄이기 위해 접점 신호를 통신으로 설계하였다. 그림 9는 소형화 전후의 구성 비교를 나타내

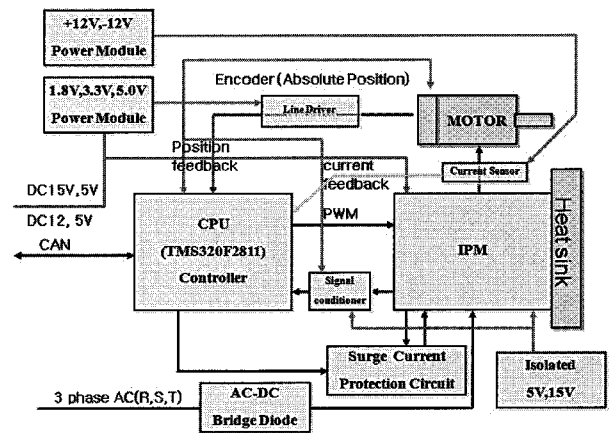


그림 10 PMSM 서보드라이버 내부 구성도

었다.

그림 10은 서보 드라이버의 하드웨어 구조로 크게 제어부에는 TMS320F2811을 중심으로 전원, 상위제어기와의 통신 및 접점, 위치 결정 센서, 전압, 전류 센서가 연결된다. 구동부는 Intelligent Power Module(IPM)을 중심으로 gate driver, 모터 출력 부분, 돌입 전류 방지 회로 등을 포함하고 있다.

3. 결론

본 논문에서는 조선분야 로봇 개발 현황 및 로봇 탑재형 제어기 개발 현황에 대하여 기술하였다. 조선소내 블록 제작공정의 생산성 향상 및 품질확보를 위해 절단, 용접작업

등에 고정형 로봇이 개발되었으며, 도크내 블라스팅, 청소, 도장, 검사 작업 등의 자동화에는 이동형 로봇의 개발이 진행되었다.

이동형 로봇의 경우 긴 케이블로 인한 작업자장을 예방하기 위해 로봇 본체에 탑재가 가능한 소형 임베디드 제어기를 개발 하였다. 모션보드는 8축을 지원하며, 서보드라이버는 17-bit protocol 방식의 엔코더를 사용하는 Tamagawa Seiki사 서보모터 (400/750W AC)를 대상으로 개발하였다. ■

참 고 문 헌

- [1] Marian P. Kazmierkowski, Luigi Malesani, "Current control techniques for three-phase voltage-source PWM converter:A Survey", IEEE Trans. On electronics. vol. 45, pp. 691-702, 1998.
- [2] O.Kubitz, M.O. Berger, and R.Stenzel, Client-Server based mobile robot control, IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, Vol. 3, No. 2, 1998.
- [3] David J.Miller and R.Charleene Lennox, "An object-oriented environment for robot system architectures", IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 13-16, 1990.

〈 필 자 소 개 〉



김원배(金元培)

1966년 4월 3일생. 1988년 동국대 화학공학과 졸업. 1994년 동 대학원 화학공학과(제어) 졸업(석사). 1994년~현재 고등기술연구원 로봇/생산 기술센터 수석연구원.



강계형(姜啓馨)

1967년 5월 10일생. 1990년 고려대 전자공학과 졸업. 1999년 오사카대학 생산과학과(에너지제어) 졸업(석사). 2003년~현재 대우조선해양(주) 로봇R&D 부장.



김수호(金秀鎬)

1957년 2월 15일생. 1980년 서울대 전기공학과 졸업. 2006년 한국산업기술대 메카트로닉스공학과(제어) 졸업(석사). 2003년~현재 대우조선해양(주) 로봇R&D 이사.