

An industrial robot arm, primarily orange and red, is shown in a factory setting, performing a welding task. The robot's end effector is a welding torch, which is in contact with a metal workpiece, creating a bright, intense light and a shower of sparks. The background is a blurred industrial environment with various machinery and structures.

AMD  
XILINX

## 로보틱스를 위한 적응형 컴퓨팅

---

지능형 공장을  
실현하는 방법

# 개요

---

로보틱스에 대한 수요가 빠르게 증가하고 있다.

시장조사기관인 스타티스타(Statista)에 따르면, 글로벌 산업용 로봇 시장의 경우, 2021년 810억 달러에서 2028년 1,650억 달러 규모로 두 배 이상 성장할 것으로 예상되고 있다.<sup>(1)</sup> 오늘날 인간과 함께 동작하는 안전하고 신뢰할 수 있는 로봇을 만드는데 필요한 기술들은 이미 제공되고 있지만, 이러한 기술들이 함께 동작할 수 있도록 구현하는 것은 상당히 어려운 작업이 될 수 있다. 특히 머신러닝과 AI(Artificial Intelligence)가 추가됨에 따라 컴퓨팅 요건을 충족하기가 갈수록 어려워지면서 문제는 더욱 복잡해지고 있다. 로봇 공학자들은 오늘날의 빠른 혁신 속도를 따라잡기 위해 적응형 컴퓨팅 플랫폼에 주목하고 있다. 이는 확장 가능한 모듈식 플랫폼에 안전 및 보안 기능을 구현함으로써 더 짧은 지연시간과 결정론적 다축 제어를 제공할 수 있는 미래 지향적 솔루션이다.





# 목 차

|                     |       |    |
|---------------------|-------|----|
| 1장 :                |       |    |
| 로봇 수요의 증가           | ..... | 1  |
| 2장 :                |       |    |
| 로봇이란?               | ..... | 4  |
| 3장 :                |       |    |
| 일반적인 설계 과제          | ..... | 8  |
| 4장 :                |       |    |
| 오늘날의 로봇 기술          | ..... | 12 |
| 5장 :                |       |    |
| 미래의 로봇 기술           | ..... | 16 |
| 6장 :                |       |    |
| 적응형 컴퓨팅 소개          | ..... | 19 |
| 7장 :                |       |    |
| 로봇을 위한 적응형 SOM      | ..... | 22 |
| 8장 :                |       |    |
| ROS 2 로봇 운영체제 프레임워크 | ..... | 25 |
| 9장 :                |       |    |
| ROS 가속 하드웨어         | ..... | 28 |
| 10장 :               |       |    |
| 요약                  | ..... | 31 |

1장

# 로봇 수요의 증가



로보틱스 적용사례:  
AI와 로봇으로 운영되는 수직농법  
로봇의 도움으로 작업을 수행함으로써 화훼단지에서  
식물을 돌보는 것처럼 사람의 역할을 최소화할 수 있다.

## 1장: 로봇 수요의 증가

예전에는 공상과학 소설 작가들의 상상 속에 머물렀던 로봇은 이제 어느 곳에서나 찾아볼 수 있게 되었다.

국제로봇연맹(IFR: International Federation of Robotics)이 발표한 월드 로보틱스 2021(World Robotics 2021) 산업용 로봇 보고서에 따르면, 전세계 공장에서 작동하고 있는 산업용 로봇은 약 300만대에 이르며, 전년대비 10% 증가(그림 1)한 것으로 나타났다.<sup>(2)</sup> 또한 전문 서비스 로봇 시장은 2020년 67억 달러로 12% 성장한 반면, 컨수머 서비스 로봇 시장은 44억 달러로 16%의 성장률을 기록했다.<sup>(3)</sup>

2015년 ~ 2020년까지 산업용 로봇의 연간 설치 규모 및 2021년~ 2024년 전망

(단위: 천대)



(1): 월드 로보틱스(World Robotics), 2021

그림 1 - 국제로봇연맹에 따르면, 전세계 로봇 설치 규모는 2020년말까지 약 300만대에 이르는 것으로 나타났다. 출처: IFR(International Federation of Robotics)

## 1장: 로봇 수요의 증가

오늘날 많은 로봇들은 사람들이 원치 않거나 감당할 수 없는 작업을 동일한 수준의 정밀도로 처리하기 위해 인력난이 심각한 산업 분야에 배치되어 사용되고 있다.

미국에서는 대부분의 로봇<sup>(4)</sup>이 자동차 제조, 전자제품, 플라스틱/화학제품 및 금속 제조에 사용되고 있다.

로봇은 위험한 환경이나 좁은 공간에서 작업이 가능하고, 독성물질을 취급하거나 무거운 물건을 들어 올리는데 용이하며, 반복적인 작업을 손쉽게 수행할 수 있다. 또한 쉬지 않고 24시간 지속적으로 일관되고, 정확하게 고품질의 결과를 생성할 수 있다.

최근에는 공장과 농장을 비롯해 여러 산업 분야에서 구인난이 점점 더 심화되고 있다. 이러한 심각한 노동력 수급과 공급망 문제가 결합되면서 기업들은 생존을 위해 반자동 또는 완전 자율 시스템으로의 전환을 고려할 수밖에 없다.

소프트웨어 및 머신비전 기술이 발전하고, 적응형 컴퓨팅 플랫폼이 추진력을 얻으면서 앞으로는 더 많은 로봇이 조립라인과 웨어하우스에 배치되어 상품 공급을



그림 2 - 일부 로봇은 사람의 안전이 우려되는 위험한 환경에서 작업을 수행한다.

원활하게 유지하고, 자율주행 및 패키지 배송 서비스와 같은 첨단 애플리케이션을 발전시키는 것을 보게 될 것이다.



## 2장

# 로봇이란?

로보틱스 적용사례: 산업용 로봇

산업용 로봇 팔과 같은 협동 로봇은 반복적인 작업을 쉽게 처리할 수 있으며, 사람의 개입이 거의 또는 전혀 없이 사람과 함께 작업이 가능하다.

### 복합 체계 시스템

로봇은 특정 작업을 수행할 수 있도록 설계된 복합 체계 시스템이다. 이는 하드웨어와 소프트웨어의 궁극적인 복합체라 할 수 있다. 일부에서는 로봇틱스를 ‘시스템 통합의 예술’이라고도 부른다. 로봇 공학자들은 네트워킹과 센서, 액추에이터 및 컴퓨팅 리소스 등의 조합을 사용하여 우리의 삶을 보다 편리하게 만드는 정교한 머신을 구현하고 있다.

로봇은 여러 기술이 하나로 합쳐진 복합체이다. 여기에는 산업용 제어 및 통신, 비전, 머신러닝, AI, HMI, 보안 및 안전 등의 기술이 포함된다.

“우리는 광범위하게 사용할 수 있는 적응형 하드웨어 구성요소와 시스템을 보유하고 있다. 이를 결합하면, 검증된 아이디어를 가진 사람이라면 누구나 성공할 수 있는 플랫폼을 만들 수 있다.”

- 자하이(Zahrai), ABB 로봇틱스(ABB Robotics) 혁신 책임자



## 2장: 로봇이란?

### 로봇의 동작

대부분의 로봇은 시스템의 연산 그래프 (Computational Graph)를 통해 동작이 정의되는 반면, 로봇 구성요소의 물리적 그룹에 대한 모델링은 데이터 계층 그래프로 이뤄진다. 간단하게 말해서 데이터 계층 그래프는 로봇의 레이아웃에 해당하고, 연산 그래프는 회로도라 할 수 있다. 이것은 로봇 공학자의 캔버스이다. 그림 3 참조.

로봇은 온보드 입력/출력 장치 및 컴퓨팅 성능이 제한되어 있기 때문에 시스템 통합을 간소화하고, 전력요건을 충족하며, 변화하는 환경에 적응할 수 있도록 로봇 시스템에 적합한 컴퓨팅 플랫폼을 선택하는 것이 중요하다. 독창성에서 가치를 찾는 예술 작품과 달리, 이상적인 로봇은 개방형 표준을 기반으로 대량생산이 가능하도록 구현되어야 한다. 이러한 개념은 나중에 자세히 설명하도록 하겠다.

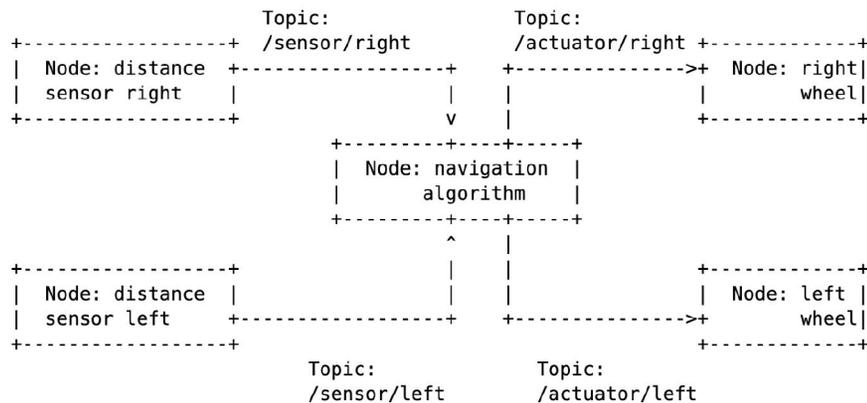


그림 3 – 이룬 로봇에 대한 이 연산 그래프 예제는 의도된 로봇의 기능과 동작을 보여준다.<sup>(5)</sup> 출처: VMV(Victor Mayoral-Vilches), AMD-자일링스(AMD-Xilinx)

## 2장: 로봇이란?

### 로봇의 유형

로봇은 여러 형태와 크기로 제공되며, 다양한 용도로 사용되고 있다. 일반적인 몇 가지 사례들을 아래 표에서 확인할 수 있다.

| 로봇 유형      | 용도  |
|------------|---|
| 항공 로봇      | 일반적으로 드론 또는 무인 항공 시스템으로 알려진 이러한 로봇은 정밀 농업, 지도제작/측량, 점검/모니터링 등을 비롯해 빠르게 성장하는 다양한 애플리케이션에 사용된다.   |
| AGV/AMR 로봇 | AMR(Autonomous Mobile Robot)은 온보드 센서와 프로세서를 사용하여 자율적으로 물품을 이동시킬 수 있는 로봇이다. AGV(Automated Guided Vehicle)는 가이드(예: 마그네틱 테이프)에 기반하여 경로를 탐색할 수 있도록 사전 프로그래밍된 로봇 차량이다. |
| 협동 로봇      | 코봇(Cobot)이라고도 하는 이 로봇은 사람과 함께 작업이 가능하도록 설계되었다.  |
| 배송 로봇      | 머신러닝 알고리즘으로 구동되는 이 로봇은 사람과 상호작용을 거의 또는 전혀 하지 않고도 자율적으로 물품을 배송할 수 있다.  |
| 접객 로봇      | 호텔 및 공항에서 고객 서비스를 개선하기 위해 사용된다. 이러한 로봇들은 수하물 체크인, 룸 서비스 제공, 레스토랑 추천 등과 같은 간단한 작업을 수행한다!   |
| 휴머노이드 로봇   | 일반적으로 인간과 상호 작용하도록 설계된 이러한 로봇은 사람의 신체와 유사한 형태와 특징을 가지고 있으며, 심지어 얼굴 표정까지 지을 수 있다.  |
| 산업용/직교 로봇  | 직교 로봇(Cartesian Robot)은 3개의 축(x, y, z)을 따라 움직이는 산업용 로봇이며, 모션 컨트롤러를 통해 좌표에 따라 움직임을 제어한다.   |
| 수술 로봇      | 수술 과정을 더욱 정확하게 수행할 수 있도록 사람을 지원한다.  |

그림 4 - 로봇은 복잡한 수술에서 물품 배송에 이르기까지 다양한 수준의 정밀도로 광범위한 용도에 사용되고 있다.

대부분의 로봇은 용도와 관계없이 다음 장에서 다루게 될 공통적인 기술 과제에 직면해 있다.

## 3장

---

# 일반적인 설계 과제



로보틱스 적용사례: 항공 로봇

일반적으로 드론으로 알려진 항공 로봇은 농업에서 지도제작에 이르기까지 다양한 애플리케이션에 사용된다.



대부분의 로봇은 구현하고자 하는 유형에 관계없이 다음과 같은 극복해야 할 몇 가지 일반적인 설계 과제를 가지고 있다:

#### 휴먼 머신 인터페이스

로봇은 간단하면서도 생산적인 방식으로 사람과 상호 작용할 수 있어야 한다.

#### 안전

로봇은 지속적으로 주변 환경을 매핑하여 주변의 물체와 사람을 인식하고, 이들과 안전하게 동작할 수 있어야 한다. 다중 축 모션에 대해 정밀하고 결정론적 제어가 가능해야 하며,

“자일링스 기술을 통해 레이더 신호를 빠르게 처리하여 실시간으로 타깃을 추적할 수 있게 되었다. 시스템에서 레이더 데이터 파일을 얻기 위해 기다려야 한다면, 시스템의 효율성은 크게 떨어지게 될 것이다.”

- 라이먼 혼(Lyman Horne), 포르템(Fortem)의 FPGA 엔지니어



이상적으로는 기능 안전을 위한 IEC 61508 SIL 3을 비롯해 다양한 안전 표준을 준수해야 한다.

### 3장: 일반적인 설계 과제

#### 멀티태스킹

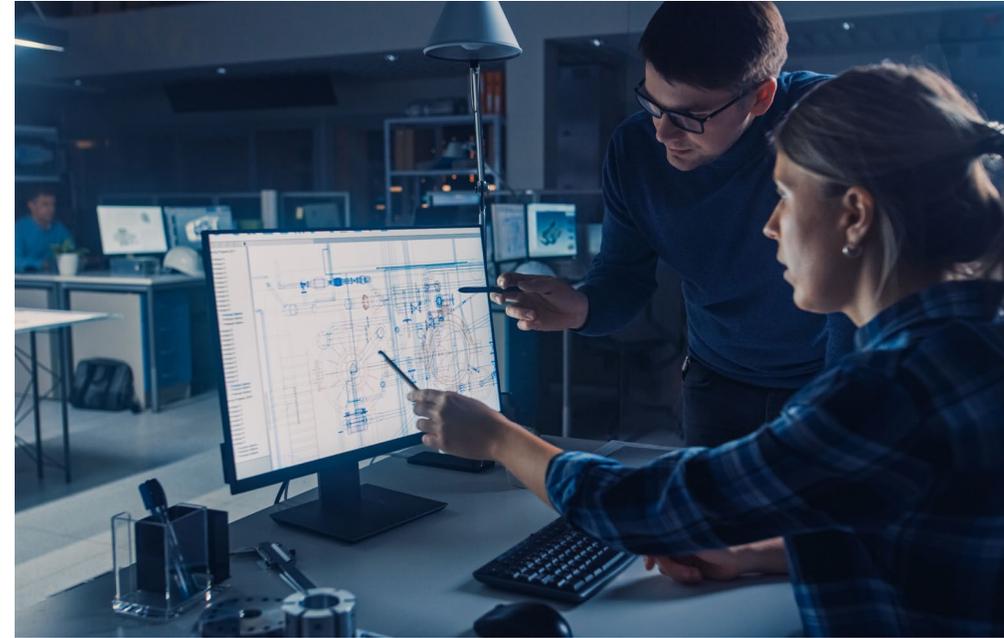
로봇은 여러 작업을 동시에 매우 정밀하게 처리할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 로봇이 동시에 데이터를 수신, 해석 및 응답하고, 보다 지능적인 결정을 내릴 수 있도록 타임-크리티컬(Time-Critical)한 컴퓨팅 부하를 오프로드하고, 컴퓨팅 기능을 가속화해야 한다.

#### 보안

로봇의 운영체제는 수집한 데이터를 일관되게 보호하고, 잠재적인 손상을 방지할 수 있어야 한다. 이를 위해 사이버 보안을 위한 IEC 62443을 비롯해 다양한 보안 표준을 준수해야 한다.

#### 전력

모든 로봇은 전원으로 구동되기 때문에 특히 재충전이 어려운 열악하고, 고립된 환경에 사용되는 로봇을 설계하는 경우 전력 효율적인 솔루션을 찾는 것이 중요하다.



### 3장: 일반적인 설계 과제

#### 연결성

로봇은 다중 센서 및 노드 전반에 걸쳐 빠르고(속도), 신뢰할 수 있는(배송 보장), 실시간(신속한 반응) 통신을 필요로 한다. 이를 위해서는 다양한 네트워킹 표준을 지원할 수 있어야 한다.

#### 복잡성

로봇은 복잡한 하드웨어와 소프트웨어를 통합해야 한다. 이는 하드웨어 언어와 방법론에 익숙하지 않은 많은 로봇공학 지망생들에게 극복하기 어려운 장애물이 될 수 있다.

#### 임베디드 인텔리전스/AI

모든 로봇은 특정 작업을 수행하도록 설계된다. 이를 위해 일정 수준의 임베디드 인텔리전스 (일반적인 연산 기능 이상을 수행할 수 있는 프로세서)와 다양한 센서 입력이 지원되어야 한다. 보다 진화된 로봇은 실시간 분석과 예측유지보수 및 원격진단 등을 위해 일련의 SI가 필요할 수도 있다.



이러한 과제를 해결하기 위해서는 대부분의 경우 올바른 프로세서와 기술 파트너를 선택하는 것이 중요하다. 이에 대해서는 다음 장에서 설명하도록 하겠다.

4장

---

# 오늘날의 로봇 기술



로보틱스 적용사례: 수술 로봇

수술 로봇은 사람이 의료 행위를  
보다 정밀하게 수행할 수 있도록 지원한다.

오늘날 대부분의 전문 산업용 로봇 및 의료용 로봇은 동작을 구동하기 위해 두 가지 주요 기술을 사용하고 있다. 하나는 연산 그래프를 구성하는 복잡한 데이터 및 제어 구조를 관리하기 위해 사용되는 CPU이고, 다른 하나는 신호를 수집하여 이를 실시간으로 처리하고, 추가 프로세싱을 위해 CPU로 전송하는데 사용되는 FPGA 기반 적응형 SoC이다.

컴퓨팅 성능의 대부분은 센서와 기계식 액추에이터의 다양한 요청을 처리하는 CPU에 의해 좌우된다. 그러나 연산 그래프의 복잡성이 증가하고, 다양해짐에 따라 CPU는 신속한 응답이 필수적인 타임-크리티컬 이벤트를 처리하는데 많은 어려움을

겪고 있다. CPU의 지연시간이 증가하면 로봇의 성능이 저하되고, 효율성이 떨어진다. 이는 로봇에게 매우 좋지 않은 일이다. 또한 지연시간을 줄이기 위해 CPU 수를 늘린다 하더라도 문제는 해결되지 않는다.

## 4장: 오늘날의 로봇 기술

적응형 SoC는 3가지 방법으로 도움을 줄 수 있다.

타임-크리티컬한 컴퓨팅 부하를 오프로드하고, 컴퓨팅 성능과 응답 시간 간의 균형을 맞출 수 있도록 하드웨어의 일부 컴퓨팅 기능을 가속화할 수 있으며, 병렬로 컴퓨팅 기능을 실행함으로써 전반적인 전력소모를 줄일 수 있다.

ASIC과 같은 다른 기술은 응답 시간을 개선하고, 컴퓨팅 부하를 경감시키는데 사용할 수 있지만, 맞춤 생산되는 로봇 시스템의 특성으로 인해 다양한 환경 조건을 처리하고, 소프트웨어 업그레이드 수준 이상의 사이버 공격에 대한 향상된 복원력을 제공할 수 있는 현장 적응형 하드웨어가 필요하다.

“우리는 수술 중 중요한 환자 데이터를 모니터링할 수 있도록 외과 의사를 위한 다중 윈도우 비디오 소스를 도입하기 위해 기존의 비디오 프로세싱 서버 시스템을 업데이트하고자 했다. 자일링스 디바이스를 사용하기 시작하면서 이것이 얼마나 멋진 설계 플랫폼인지 알게 되었으며, 실제로 후속 플랫폼은 모든 주요 시스템 구성요소에 수십 개의 자일링스 FPGA를 사용할 수 있도록 진화했다.”

-데이비드 파월(David Powell), 인튜이티브 서지컬(Intuitive Surgical)의 비디오 프로세싱 솔루션 부문 수석 설계 엔지니어



## 4장: 오늘날의 로봇 기술

로봇 공학자들은 다음과 같은 3가지 방법으로 FPGA를 사용할 수 있다:

### 칩다운(Chip-Down) 방식

이는 애플리케이션 요건을 충족시키기 위해 커스텀 PCB에 SoC(System-on-Chip)를 통합하는 경우이다. 비용에 최적화된 대규모 배치에 적합한 접근방식이다.

### SOM(System-on-Module)

사전 조립 및 사전 테스트를 거친 SOM은 커스텀 보드에 플러그만 하면 되기 때문에 엔지니어들이 통합, 테스트 및 인증에 대한 부담을 갖지 않고 시스템의 가치를 추가하는데 집중하여 보다 신속하게 제품을 구현할 수 있도록 지원한다.

### 완전 조립형 보드

이는 플러그인 보드에 많은 주변장치들이 사전에 통합된 경우이다. 이 보드는 고성능 컴퓨팅 작업을 수행하는 애플리케이션에 이상적이다.

로보틱스에 사용되는 또 다른 프로세싱 형태는 적응형 컴퓨팅이다. 적응형 컴퓨팅은 더 빠른 컴퓨팅 시간과 전력소모 절감, 보다 결정론적 동작을 제공하여 하드웨어를 가속화할 수 있다. 로봇 공학자들은 적절한 가속 툴을 사용하여 애플리케이션에 따라 하드웨어 리소스를 최적화하는 컴퓨팅 아키텍처를 설계할 수 있다. 적응형 컴퓨팅에 대해서는 6장에서 보다 자세히 설명하도록 하겠다.



그림 5 - 다양한 컴퓨팅 접근방식이 로보틱스 시장에 적용되고 있지만, AI에 의해 주도되는 더 높은 성능에 대한 요구는 적응형 컴퓨팅 모델에 대한 새로운 기회요소가 되고 있다.



5장

## 미래의 로봇 기술

로보틱스 적용사례:  
바이오닉 바디

이와 같은 첨단 로보틱스는 사람의 움직임을 지원하거나 모방하도록 트레이닝이 가능하다.



미래의 로봇틱스는 엣지에서 더 많은 AI 프로세싱이 필요하게 될 것이다. 예측유지보수 및 이상감지 등을 비롯해 다중 센서 분석 및 머신러닝 애플리케이션은 클라우드를 통해 센서 데이터를 처리하는 대신 로컬에서 AI를 사용하여 즉각적인 결정을 내리게 될 것이다.

이와 함께 로봇의 움직임을 포착하고, 가상으로 시뮬레이션하는 디지털 트윈 로봇틱스도 부상하게 될 것이다. 로봇 공학자들은 이 기술을 사용하여 명령된 로봇 동작과 실제 로봇 동작 간의 차이점을 분석하여 예측 분석, AI 트레이닝 및 의사결정 등을 강화할 수 있다.

또 다른 주목할 점은 5G 무선 기술과 TSN(Time-Sensitive Networking)의 결합이다. 5G TSN 서브시스템은 로봇틱스 시스템 간의 연결을 용이하게 함으로써 짧은 지연시간을 필요로 하는 시간에 민감한 결정론적 산업 및 자동차 애플리케이션의 융합을 주도할 수 있다. 주요 애플리케이션으로는 공장 자동화, 스마트 에너지, 운송, ADAS, 차량 내 인포테인먼트 시스템 등이 있다.

## 5장: 미래의 로봇 기술

이러한 트렌드와 함께, 자율 및 로봇틱스 시스템을 위한 오픈소스 기술이 지속적으로 도입되고 있는데다, 적응형 하드웨어 구성요소 및 시스템이 발전하면서 향후 로봇 산업의 혁신 가능성은 더욱 가속화될 것이다. 다른 작업을 수행할 수 있도록 로봇의 구성요소 자체를 재프로그래밍하거나 형태를 바꿀 수 있는 모듈식 로봇틱스를 통해 더 많은 혁신을 기대할 수 있다.



그림 6 - 5G TSN 서브시스템은 로봇틱스 시스템 간의 연결을 용이하게 함으로써 인포테인먼트 및 ADAS와 같은 짧은 지연시간의 자동차 애플리케이션을 가속화할 수 있다.



6장

## 적응형 컴퓨팅 소개

로보틱스 적용사례: 배송 로봇

머신러닝 알고리즘으로 구동되는  
배송 로봇은 선적 및 물류 애플리케이션에  
널리 사용되고 있다.



4장에서 로봇 공학자들이 관리해야 하는 많은 과제들과 이러한 문제를 적응형 SoC를 통해 해결할 수 있는 방법을 살펴보았다. 적응형 SoC는 결정론적 성능과 예측 가능성을 개선할 수 있는 방법을 제공하는 반면, 적응형 컴퓨팅은 로봇이 자율성으로 나아가는데 필요한 추가 기능을 제공한다. 적응형 컴퓨팅은 메인스트림으로 로봇틱스의 성장을 가속화하는데 도움이 되는 확장 가능한 모듈식 로봇 시스템을 보다 빠르고 효율적으로 개발할 수 있도록 지원하는 것은 물론, 로봇이 방대한 양의 데이터를 처리하는데 필요한 대용량 데이터 대역폭과 AI 및 디지털 신호 프로세싱을 위한 추가 컴퓨팅 리소스를 제공한다.

적응형 컴퓨팅은 고도로 최적화된 실시간 및 애플리케이션 프로세서 클러스터로 구성된 멀티코어 CPU와 같은 기능 모듈과 프로그래머블 로직, 메시-프로세서 및 지능형 엔진을 결합한 최상의 아키텍처로 로봇의 작업부하를 분산시킬 수 있다. 이러한 컴퓨팅 성능과 함께 로봇의 안전 및 보안을 강화하는 기능 안전을 지원함으로써 로봇의 무결성을 손상시키고, 취약하게 만들 수 있는 결함을 방지할 수 있다.

## 6장: 적응형 컴퓨팅 소개

로봇은 제어 경로와 데이터 경로를 결합하여 시각적 또는 센서 자극과 같은 외부 이벤트에 대응하여 동작을 수행한다. 적응형 컴퓨팅은 이를 위해 적절한 컴퓨팅 작업부하를 최적의 컴퓨팅 유닛에 할당할 수 있다. 또한 하드웨어와 결합된 포괄적인 설계 및 런타임 소프트웨어를 갖추고 있어 매우 유연하고 효율적으로 시스템을 구현할 수 있는 독보적인 플랫폼을 제공한다.

따라서 적응형 컴퓨팅은 애플리케이션 용도에 따라 하드웨어를 설계할 수 있으며, 작업부하나 표준의 진화에 따라 하드웨어를 쉽게 조정할 수 있다.

“징크(Zynq) 디바이스는 다양한 전압과 인터페이스 및 프로토콜로 동작할 수 있는 매우 유연한 솔루션이다. NI 박스로 들어오고 나가는 다양한 유형의 입력 및 출력 경로를 지원할 수 있는 매우 탁월한 유연성을 제공한다.”

- 데릭 커드(Derek Curd), 최초의 로보틱스 팀인 업 크릭 로보틱스 (Up a Creek Robotics)의 멘토

A photograph of two men in a workshop setting. One man is holding a drone, while the other looks on. The scene is dimly lit with a warm light source from the top left. A dark blue semi-transparent overlay covers the bottom left and bottom right corners, containing text.

7장

---

## 로봇을 위한 적응형 SOM

로보틱스 적용사례: 적응형 로봇

혁신적인 적응형 컴퓨팅 기술로 구동되는 적응형 로봇은 현장에서 기능을 변경하고, AI 기반 실시간 의사결정을 위한 프로세싱 성능을 제공할 수 있다.

## 7장: 로봇을 위한 적응형 SOM



6장에서 적응형 컴퓨팅이 어떻게 동급 최상의 로봇 시스템을 구현할 수 있도록 지원하는지 살펴보았다.

로봇 공학자들은 자신이 해결해야 하는 특정 작업에 집중할 수 있도록 즉시 사용 가능한 시스템을 필요로 하며, 이를 위해 로봇 하드웨어 플랫폼을 활용하고 있다. 적응형 SOM(System on Module)은 적응형 SoC와 산업 표준 인터페이스 및 구성요소들을 조합하여 로봇틱스를 위한 이미 구축된 상용 솔루션을 제공하기 때문에 하드웨어 전문지식이 없는 로봇 공학자들도 즉시 적응형 플랫폼을 사용할 수 있도록 해준다. 하드웨어에 익숙한 로봇 공학자들에게 적응형 SOM은 커스텀 PCB가 필요 없는 고도의 커스터마이제이션을 제공하기

때문에 로봇 설계자들은 로봇의 맞춤 생산에 필요한 센서와 액추에이터에만 집중하면 된다.

적응형 SOM의 장점은 하드웨어에만 국한된 것은 아니다. 소프트웨어 개발자 또한 적응형 SOC를 위해 이미 구현된 구성(예: 얼굴감지 알고리즘 추가)을 사용하여 설계 주기를 단축할 수 있다. 적응형 SOM은 파이썬(Python) 또는 C++와 같은 소프트웨어 개발자에게 익숙한 언어와 텐서플로우(TensorFlow) 및 파이토치(PyTorch)와 같은 딥러닝 프레임워크에서 간단한 경로로 로봇 애플리케이션을 즉시 실행할 수 있는 전체 펌웨어 인프라를 제공한다.

## 7장: 로봇을 위한 적응형 SOM

로봇은 임베디드 시스템이기 때문에 개발과 관련된 약간의 하드웨어 문제들이 항상 존재한다. 최근에는 소프트웨어 툴과 라이브러리, 프레임워크 등이 발전하면서 일부 설계 팀은 적응형 컴퓨팅을 배치하여 하드웨어 엔지니어들의 부담과 수고를 덜어주고 있다. 따라서 적응형 SOM과 툴 및 라이브러리를 이용하면 더욱 빠르게 개발 주기를 단축할 수 있다.



8장

# ROS 2 로봇 운영체제 프레임워크

로보틱스 적용사례: 상용 로봇

개방형 표준에 기반한 ROS 플랫폼은  
상용 로봇 애플리케이션에 점점 더 많이 사용되고 있다.



오픈 로보틱스(Open Robotics)의 ROS(Robot Operating System)는 로보틱스 애플리케이션을 위한 산업 표준 소프트웨어 개발 플랫폼으로 입지를 구축하고 있다. 2007년 학계에 공개된 ROS 플랫폼은 상용 로보틱스 애플리케이션에도 점점 더 많이 사용되고 있다.

ROS는 로봇 애플리케이션에 사용되는 오픈소스 소프트웨어 라이브러리(예: 모션 플래닝 및 제어)와 툴(예: 시뮬레이션, 테스트, 디버그)을 포함하고 있으며, 개발 및 지원에 기여하는 로봇 공학자 커뮤니티도 증가하고 있다. 최신 버전인 ROS 2는 ROS를 연구 중심 프로젝트에서 더 많은 산업용 애플리케이션으로 확장시키고 있다.

## 8장: ROS 2 로봇 운영체제 프레임워크

ROS 2 프레임워크는 워크스테이션을 실행 플랫폼으로 가정한 ROS와 달리 임베디드 시스템에 배치할 수 있는 적절한 구조를 제공한다. 최신 디버깅과 시각화 툴, 라이브러리 및 통신 프레임워크를 포함하고 있다. 대부분의 기능은 지원되는 모든 운영체제(우분투(Ubuntu), MacOS 및 윈도우)와 통신 프로토콜을 비롯해 여러 구현 방식의 DDS(eProsima Fast DDS, RTI Connex DDS 및 Eclipse Cyclone DDS)와 프로그래밍 언어 클라이언트 라이브러리(C++ 및 파이썬)에서 사용할 수 있다.

시뮬레이션은 로봇 공학자들이 로봇이나 주변 환경 및 사람에게 손상을 가하지 않고 로봇을 테스트하는데 가장 중요하다. 따라서 ROS에 통합된 널리 사용되는 오픈소스 시뮬레이션 툴인 가제보(Gazebo)는 신뢰할 수 있는 많은 로봇 모델과 현실적인 가상 시뮬레이션을 제공할 수 있도록 설계된 프로그래밍 인터페이스와 물리적 엔진 및 강력한 그래픽을 포함하고 있어 제품의 시장 출시시간을 단축하는데 도움이 된다.

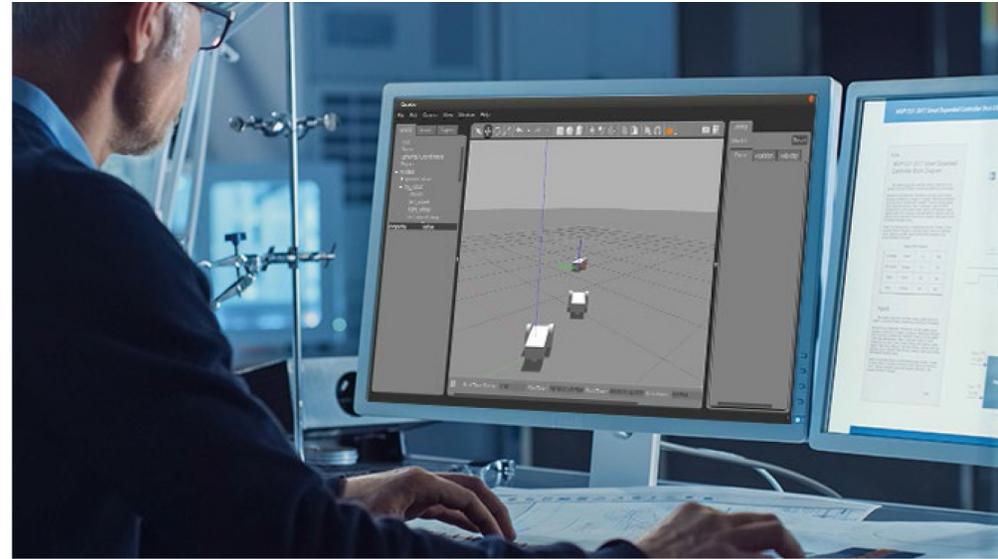


그림 7 - 가제보(Gazebo)와 같은 시뮬레이션 툴은 로봇을 가동하기 전에 로봇 공학자들이 성능을 테스트하는데 도움을 준다.

출처: 오픈 로보틱스(Open Robotics)

An industrial robot arm, primarily orange and grey, is shown in a factory setting. The arm is equipped with a camera lens at the end of its gripper. Blue cables are connected to the side of the arm. The background is a blurred industrial environment with various lights and machinery.

## 9장

---

# ROS 가속 하드웨어

로보틱스 적용사례: 적응형 로봇

적응형 컴퓨팅은 ROS 환경을 가속화하고,  
ROS 연산 그래프의 일부를 프로그래머블 로직에  
오프로드하여 통신 병목현상을 완화한다.

AI(Artificial Intelligence)는 로봇의 의사결정 작업에 더 많은 자율성을 제공하는 방법이다. 특히 AI 추론(예측이 가능하도록 트레이닝된 AI 모델을 사용하는 프로세스)은 보다 향상된 결과를 위해 표준 알고리즘을 보완할 수 있는 기능을 제공하지만, 오늘날의 로봇 시스템 하드웨어에 상당한 부담을 주고 있다. 또한 로봇 동작은 연산 그래프를 사용하여 고유 기능을 결합할 수 있도록 레고 블록 세트처럼 구성이 가능해야 한다. 대부분의 고정형 기능의 프로세서와 가속기는 이러한 구성 가능성 요구에 부합할 수 있는 컴퓨팅 효율성을 충분히 갖추고 있지 못하다.

반면 적응형 컴퓨팅은 도메인별로 특화된 아키텍처(DSA: Domain-Specific Architecture)를 통해 적응형 하드웨어를 최상의 효율로 실행할 수 있으며, 연산 그래프를 구성하는데 필요한 유연성 또한 제공한다. 적응형 컴퓨팅은 ROS 환경을 가속화할 뿐만 아니라 ROS 연산 그래프의 일부를 프로그래머블 로직에 오프로드하여 통신 병목현상을 완화할 수 있다.

## 9장: ROS 가속 하드웨어

지금까지 ROS 워크플로우에 적응형 컴퓨팅을 통합하려는 대부분의 시도는 하드웨어 엔지니어의 관점에서 이루어졌다. 그러나 많은 로봇 공학자들은 임베디드 및 하드웨어 플로우에 대한 전문가가 아니다. 적응형 컴퓨팅을 ROS 에코시스템에 직접 통합함으로써 로봇 공학자들에게 익숙한 사용자 경험을 제공할 수 있다.

그림 8은 적응형 컴퓨팅이 다른 ROS 패키지처럼 처리함으로써 가속 커널 생성을 단순화할 수 있는 방법을 보여준다. 이를 통해 로봇 공학자들은 하드웨어 전문지식을 갖출 필요 없이 연산 그래프를 개선하는데 집중할 수 있다.

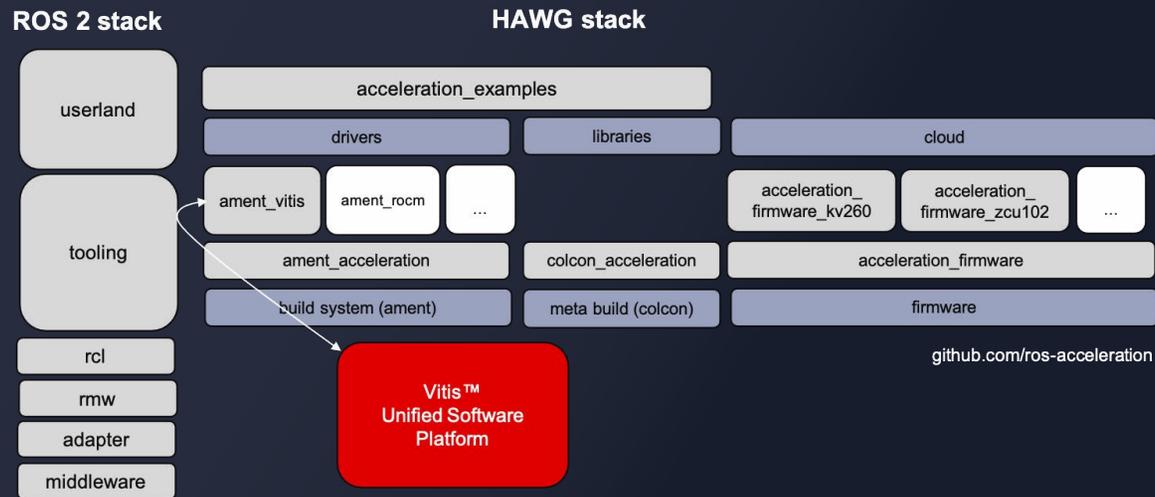


그림 8 - 하드웨어 가속 워킹 그룹(Hardware Acceleration Working Group)에 의한 ROS 2의 초기 아키텍처

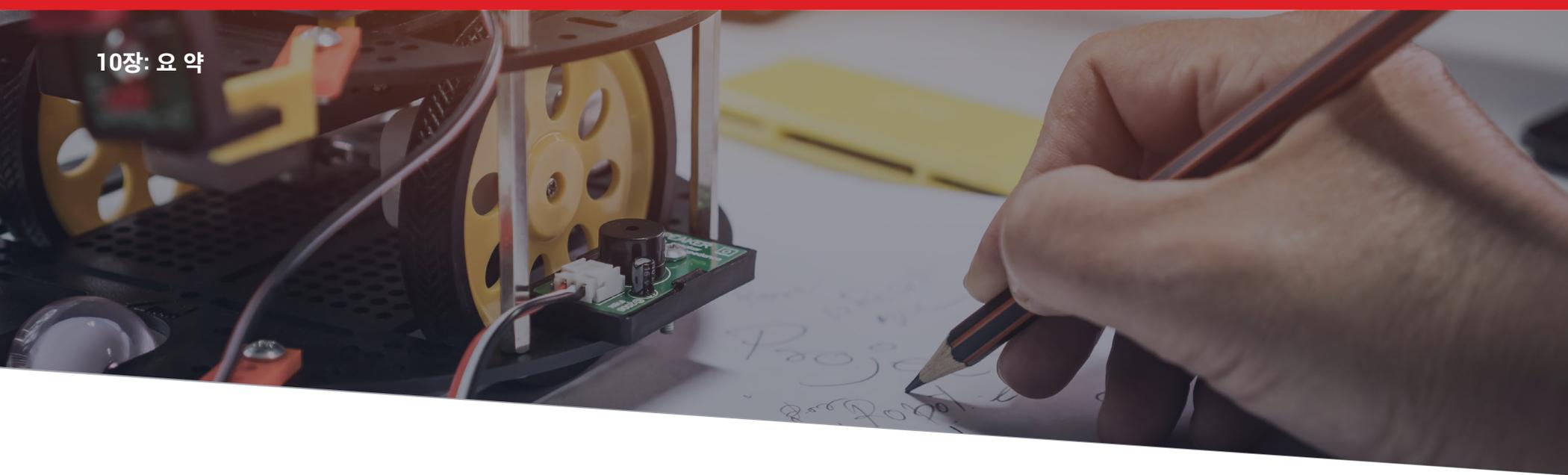


10장

요약

로보틱스 적용사례: 적응형 로봇

AMD-자일링스의 크리아(Kria™) 제품군과 같은 적응형 SOM은 로봇 공학자들에게 독보적인 조합의 성능과 유연성 및 빠른 개발시간을 제공한다.



로보틱스에서 AI 및 AI 추론에 대한 요구가 증가하면서 엣지에서 가속화된 고성능 컴퓨팅에 대한 수요가 증가하고 있다.

적응형 컴퓨팅은 미래를 위한 확장 가능한 적응형 플랫폼 상에서 이러한 복잡한 작업부하를 처리한다. 하드웨어 및 소프트웨어 모두 적응이 가능하기 때문에 하드웨어 활용도를 거의 100%까지 달성할 수 있다. 또한 적응형 컴퓨팅은 ROS 연산 그래프의 일부를 프로그래머블 로직에 오프로드하여 통신 병목현상을 완화하고, ROS 환경을 가속화할 수 있다.

“퍼스트 로보틱스(FIRST Robotics) 프로그램을 통해 지역사회 어린이를 위한 특수 휠체어를 설계 및 제조한 학생들이 있었다. 또한 터키의 한 팀은 강아지를 구하는 로봇을 만들기도 했다. 이러한 아이들의 가능성을 확인하는 것은 정말 감동적인 일이다.”

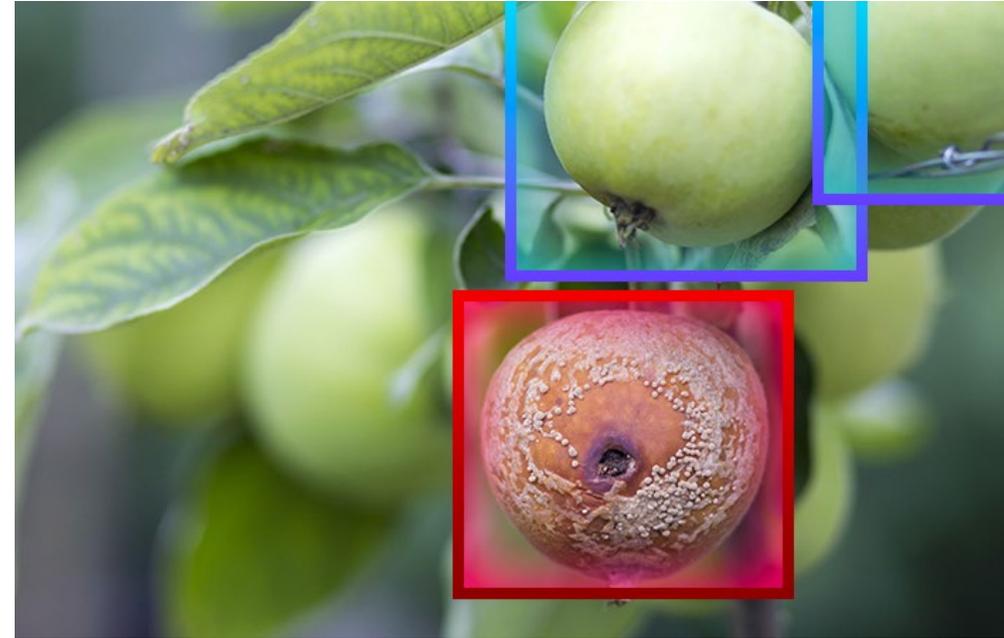
- 케이트 필로테(Kate Pilotte), 퍼스트(FIRST)의 부품 키트 수석 매니저



## 10장: 요약

AMD-자일링스의 크리아(Kria™) 제품군과 같은 적응형 SOM은 로봇 공학자들에게 독보적인 조합의 성능과 유연성 및 빠른 개발시간을 제공한다. 사용자는 소프트웨어로 정의된 하드웨어를 만들고, 안전하고, 에너지 효율적이며, 적응 가능한 더욱 뛰어난 와트 당 성능을 갖춘 솔루션을 구현할 수 있다. 또한 자일링스 앱스토어(Xilinx App Store)에서 사전 구현된 컨테이너화된 앱을 다운로드하여 가속 애플리케이션을 평가하고 신속하게 구축할 수 있다.

하드웨어 가속은 로봇 공학자들에게 익숙한 환경에서 제공되어야 한다. 크리아 로보틱스 스택(KRS: Kria Robotics Stack)은 적응형 컴퓨팅을 통해 산업용 로봇 솔루션의 개발, 유지보수 및 상용화를 가속화할 수 있도록 ROS 2를 기반으로 구현된 로봇 라이브러리 및 유틸리티 통합 세트이다.



## 10장: 요약

KRS는 ROS 2 사용자들에게 쉽고 강력한 하드웨어 가속 경로를 제공한다. 이를 통해 ROS 2 로봇 공학자들은 보다 높은 생산성으로 안전한 커스텀 컴퓨팅 아키텍처를 개발할 수 있다. 이러한 크리아 SOM 포트폴리오를 위한 AMD-자일링스 기술을 활용하면, 로봇틱스 설계에서 짧은 지연시간(실시간)과 결정론적(예측 가능), 실시간(온타임), 보안 및 높은 처리량을 달성할 수 있다. KRS는 ROS와 긴밀하게 통합이 가능하며, 최신 C++ 및 HLS(High-Level Synthesis) 언어와 로봇 공학자들이 프로젝트를 시작하는데 사용할 수 있는 레퍼런스 보드 및 설계 아키텍처를 활용하고 있다. KRS는 로봇틱스 생산을 가속화할 수 있도록 크리아 SOM을 지원한다.

AMD-자일링스의 적응형 컴퓨팅 가속기는 KRS와 ROS 2를 통해 그림 9에 나타낸 것처럼, 와트 당 성능이 엔비디아 아이작(Nvidia Isaac) ROS GEM(AGX 자비에(Xavier)) 보다 8배 이상, 엔비디아 아이작 ROS GEM(나노(Nano)) 보다 6배 이상 뛰어나기 때문에 로봇틱스 애플리케이션에 이상적인 솔루션이다.

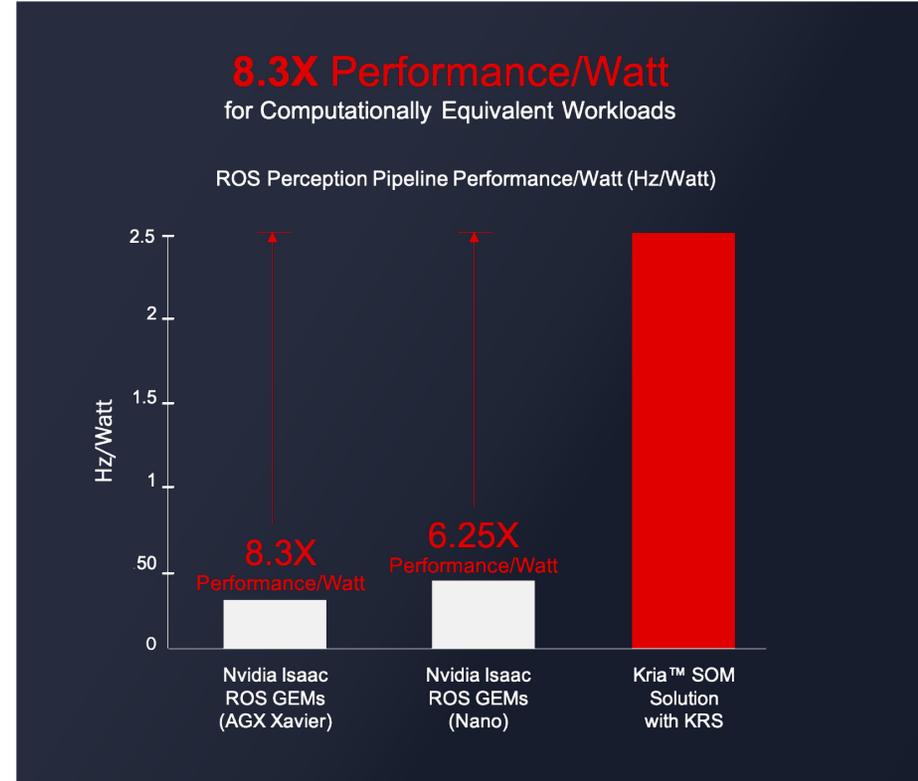


그림 9 - 로봇틱스 분야에서 적응형 컴퓨팅의 경쟁 솔루션 대비 성능 및 생산성 이점

## 10장: 요약

또한 AMD-자일링스는 AI 지원 로봇틱스 및 머신러닝, 산업용 통신 및 제어를 위한 뛰어난 성능과 짧은 지연시간 및 보다 신속한 구축을 지원하는 즉시 사용 가능한 플랫폼인 크리아 KR260 로봇틱스 스타터 키트(Robotics Starter Kit)를 제공하고 있다.

로봇틱스 애플리케이션을 강화할 수 있는 적응형 컴퓨팅에 대한 자세한 내용은 AMD-자일링스의 크리아 SOM 로봇틱스 페이지 <https://www.xilinx.com/products/som/kria.html>에서 확인할 수 있다.



그림 10 – 자일링스 KR260 로봇틱스 스타터 키트

### AMD-자일링스(AMD-Xilinx) 소개

AMD-자일링스(AMD-Xilinx)는 적응형 플랫폼을 제공한다. 적응형 SoC와 가속기 카드 및 FPGA를 통해 첨단 기업들이 신속하게 혁신을 실현하고, 효율적으로 구축할 수 있도록 지원하고 있다. 또한 고객들과 협력하여 클라우드에서 엣지에 이르기까지 확장 가능하고, 차별화된 지능형 솔루션을 개발하는 것은 물론, 산업 워킹 그룹에 적극적으로 참여하고 있으며, 오픈소스 커뮤니티를 통해 기술 향상에 주력하고 있다. 변화의 속도가 가속화되면서 더 많은 혁신 기업들이 AMD-자일링스에 대한 신뢰를 기반으로 최적의 효율성과 성능을 실현하고, 시장 출시시간을 앞당기고 있다. 자세한 내용은 <http://www.xilinx.com/>에서 확인할 수 있다.

#### ENDNOTES:

- (1) Placek, Martin, "Size of the market for industrial robots worldwide from 2018 to 2020, with a forecast through 2028," Statista.com, <https://www.statista.com/statistics/728530/industrial-robot-market-size-worldwide/>; February 17, 2022.
- (2) World Robotics 2021, "Annual Installations of Industrial Robots 2015-2020 and 2021\*-2024\*," International Federation of Robotics, <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-sales-rise-again>
- (3) World Robotics 2021, "World Robotics 2021 - Service Robots Report Released," International Federation of Robotics, <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/service-robots-hit-double-digit-growth-worldwide>, November 4, 2021.
- (4) Dizikes, Peter; "How Many Jobs do Robots Really Replace?," MIT News; <https://news.mit.edu/2020/how-many-jobs-robots-replace-0504>; May 4, 2020
- (5) Mayoral-Vilches, Victor, et. al. "Adaptive Computing in Robotics: Leveraging ROS 2 to Enable Software-Defined Hardware for FPGAs;" [https://www.xilinx.com/content/dam/xilinx/support/documentation/white\\_papers/wp537-adaptive-computing-robotics.pdf](https://www.xilinx.com/content/dam/xilinx/support/documentation/white_papers/wp537-adaptive-computing-robotics.pdf); AMD-Xilinx; 2021.

#### ADDITIONAL SOURCES

- World Robotics 2021; "World Robotics 2021 - Service Robots Report," International Federation of Robotics, <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/service-robots-hit-double-digit-growth-worldwide>; November 4, 2021.  
World Robotics 2021; "The World Robotics 2021 Industrial Robots Report," International Federation of Robotics, <https://ifr.org/P6>; October 28, 2021.

추가정보 자료:

[크리아\(Kria\) 로보틱스 솔루션](#)

[AMD-자일링스 로보틱스](#)

[산업용 로보틱스](#)

[기술백서: 로보틱스를 위한 적응형 컴퓨팅](#)

[기술백서: 크리아\(Kria\) 로보틱스 스택](#)

[하드웨어 가속 워킹 그룹](#)

[적응형 컴퓨팅](#)

궁금한 사항은 지금 바로 문의하세요!

[sales@xilinx.com](mailto:sales@xilinx.com)

Corporate Headquarters  
Xilinx, Inc.  
2100 Logic Drive  
San Jose, CA 95124  
USA  
Tel: 408-559-7778  
[www.xilinx.com](http://www.xilinx.com)

Xilinx Europe  
Bianconi Avenue  
Citywest Business Campus  
Saggart, County Dublin  
Ireland  
Tel: +353-1-464-0311  
[www.xilinx.com](http://www.xilinx.com)

Japan  
Xilinx K.K.  
Art Village Osaki Central Tower 4F  
1-2-2 Osaki, Shinagawa-ku  
Tokyo 141-0032 Japan  
Tel: +81-3-6744-7777  
[japan.xilinx.com](http://japan.xilinx.com)

Asia Pacific Pte. Ltd.  
Xilinx, Asia Pacific  
5 Changi Business Park  
Singapore 486040  
Tel: +65-6407-3000  
[www.xilinx.com](http://www.xilinx.com)

India  
Xilinx India Technology Services Pvt. Ltd.  
Block A, B, C, 8th & 13th floors,  
Meenakshi Tech Park, Survey No. 39  
Gachibowli(V), Seri Lingampally (M),  
Hyderabad -500 084  
Tel: +91-40-6721-4747  
[www.xilinx.com](http://www.xilinx.com)

© Copyright 2022 Advanced Micro Devices, Inc. All rights reserved. Xilinx, the Xilinx logo, AMD, the AMD Arrow logo, Alveo, Artix, Kintex, Kria, Spartan, Versal, Vitis, Virtex, Vivado, Zynq, and other designated brands included herein are trademarks of Advanced Micro Devices, Inc. Other product names used in this publication are for identification purposes only and may be trademarks of their respective companies. AMBA, AMBA Designer, ARM, ARM1176JZ-S, CoreSight, Cortex, and PrimeCell are trademarks of ARM in the EU and other countries. PCIe, and PCI Express are trademarks of PCI-SIG and used under license.

Printed in the U.S.A. WW4-25-22

**AMD**  
**XILINX**