SICK AG WHITEPAPER

SAFE ROBOTICS: SEGURIDAD EN SISTEMAS DE ROBOTS COLABORATIVOS

2018-06

AUTORES

Fanny Platbrood

Product Manager Industrial Safety, Marketing & Sales en SICK AG en Waldkirch (Alemania)

Otto Görnemann

Manager Machine Safety & Regulations
en SICK AG en Waldkirch (Alemania)

SICK
Sensor Intelligence.

ÍNDICE

Introducción ... 3

Interacción hombre-máquina y seguridad ... 3
- Definiciones y terminología ... 3
- Normas para aplicaciones robóticas ... 3
- Coexistencia ... 4
- Cooperación ... 4
- Colaboración ... 5

Normas y requisitos de las aplicaciones de robots colaborativas ... 5
- Requisitos básicos ... 5
- Modos de servicio colaborativos según ISO 10218-2 e ISO/TS 15066 ... 6
- Evaluación de riesgos ... 7
- Reducción de riesgos ... 7

Resumen ... 7

Introducción

En el pasado, las aplicaciones de automatización industrial en las áreas de sistemas de accionamiento y detección de objetos han hecho grandes progresos y han abierto el camino hacia una nueva era para la interacción entre hombre y máquina.

En lo que respecta a la seguridad funcional y las normas asociadas a esta, como IEC 61508, IEC 62061 e ISO 13849-1/-2 [1, 2, 3, 4], los robots de nuevo desarrollo con funciones optimizadas permiten una estrecha colaboración con las personas en una misma zona de trabajo. Cuando en el sector industrial se combinan las capacidades de las personas con las de los robots, esto lleva a soluciones de producción que consiguen, entre otras cosas, una mayor calidad, reducción de costes, mejora en la ergonomía y ciclos de trabajo más rápidos (véase Industria 4.0).

Partiendo de la versión actual de las normas internacionales relacionadas con la seguridad de los robots industriales (ISO 10218-1/-2) [5, 6] y, en especial, las que tratan de la colaboración entre personas y robots (ISO/TS 15066) [7], en este libro blanco se explicarán las directrices contenidas en las mencionadas normas y que se aplican para el desarrollo de aplicaciones de robots colaborativas. Además, el libro blanco muestra los límites de la tecnología actual y ofrece una perspectiva de los retos y los desarrollos pendientes.

Interacción hombre-máquina y seguridad

En la producción industrial existe una demanda creciente de máquinas autónomas y flexibles que puedan adaptarse con rapidez y eficacia a las condiciones cambiantes de producción.

Para proteger a las personas de posibles riesgos derivados de la velocidad, movilidad y fuerza de los robots, estos suelen desarrollar su trabajo detrás de un vallado protector. No obstante, en los casos en que resulta necesaria una interacción más próxima entre hombre y máquina, no es posible implementar este efectivo método estándar para la separación física entre personas y fuentes de peligro. Por este motivo es necesario tomar medidas alternativas para la minimización de riesgos.

Definiciones y terminología

La interacción entre personas y robots activos, o dispositivos similares a robots se caracteriza por el efecto de dos parámetros, que son el espacio y el tiempo. Cuando no existe un espacio común ni un tiempo común que compartan personas y robots activos, los movimientos de los robots no entrañan riesgo alguno y la situación se define como “no interactiva”. Las situaciones en las que robots y personas comparten un espacio común, pero en tiempos diferentes, se denominan “cooperativas”. Aquellas situaciones en las que las personas y los robots comparten un mismo espacio en determinados momentos reciben la etiqueta de “colaborativas”.

Aplicación	Distinto espacio de trabajo	Mismo espacio de trabajo
Procesamiento secuencial	(sin interacción)	Cooperación
Procesamiento simultáneo	Coexistencia	Colaboración

Normas para aplicaciones robóticas

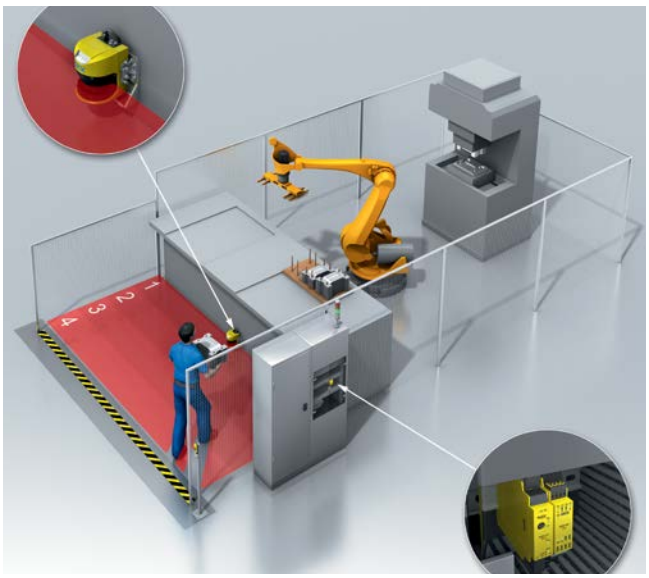
Región	Evaluación de riesgos	Robot	Sistemas robóticos e integración	Robots colaborativos
China	GB/T 15706-2012	GB 11291.1-2011	GB 11291.2-2013	GB 11291.2:2013
Corea del Sur		KS B ISO 10218-1	KS B ISO 10218-2	
Japón	JIS B9700	JIS B8433-1	JIS B8433-2	JIS TS B0033
EE. UU.	ANSI/ISO 12100, ANSI B11.0	ANSI/RIA R15.06 (parte 1)	ANSI/RIA R15.06 (parte 2)	RIA TR R15.606
Europa	EN ISO 12100	EN ISO 10218-1	EN ISO 10218-2	ISO/TS 15066
Taiwán		CNS 14490-1 B8013-1	CNS 14490-2 B8013-2	
Canadá	CSA Z432, CAN/CSA-Z1002	CAN/CSA-Z434 (parte 1)	CAN/CSA-Z434 (parte 2)	
Brasil	ABNT NBR ISO 12100	ABNT NBR ISO 10218-1/2	ABNT NBR ISO 10218-1/2	

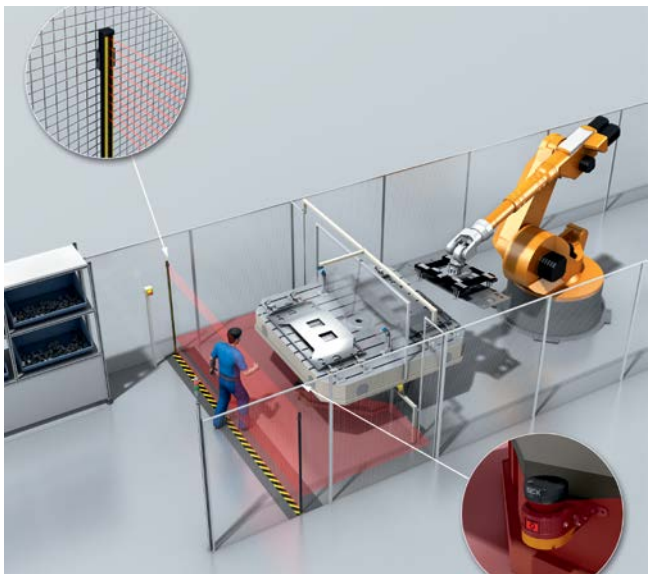
Coexistencia

También en las aplicaciones de robótica industrial en las que no intervienen personas durante el proceso de producción es necesario que un operador acceda al espacio de trabajo del robot, por ejemplo para tareas de mantenimiento. En este tipo de aplicación es necesario colocar un vallado en torno al espacio de trabajo y bloquear las puertas de acceso. El bloqueo debe garantizar que las funciones peligrosas de los robots queden desconectadas cuando un operador entre en la zona de peligro. Este estado deberá mantenerse mientras haya una persona en dicha zona de peligro o las puertas de acceso estén abiertas.

Cooperación

Un tipo de aplicación muy extendida en el sector de robótica industrial son las operaciones de carga y descarga que efectúa un operador en una célula robotizada. En estos escenarios de aplicación cooperativos, los operadores y los robots ejecutan los pasos de trabajo necesarios en un espacio común y en momentos distintos. Aquí también son necesarias medidas técnicas de protección. Dependiendo de la estructura del sistema de carga y descarga puede ser conveniente el uso de dispositivos de protección optoelectrónicos tales como cortinas fotoeléctricas de seguridad o escáneres láser de seguridad.





Colaboración

Por el contrario, en determinadas aplicaciones es necesario que la persona y el robot activo interactúen simultáneamente en un espacio de trabajo común. En estos denominados escenarios colaborativos, la fuerza, la velocidad y los limites de movimiento del robot deben limitarse. Para la reducción de riesgos es posible tomar medidas de protección inherentes, si están disponibles; o bien tomar medidas adicionales como la limitación del par de fuerza mediante el control seguro de los accionamientos o con elementos relacionados con el control seguro del sistema. La fuerza, la velocidad y los limites de movimiento deben además ser vigilados y controlados en función del grado de riesgo real. Este grado de riesgo depende también de la distancia entre la persona y el robot. Para cumplir este cometido se necesitan sensores fiables que detecten personas, que vigilen sus movimientos y la distancia con la zona de peligro. En lo esencial, estos sensores deben poder afrontar los retos del futuro derivados del desarrollo de tecnologías colaborativas.

Normas y requisitos de las aplicaciones de robots colaborativas

Un sistema robótico, tal como se describe en la parte 2 de la norma ISO 10218, consta de un robot industrial, su efector final y cualesquiera otros componentes mecánicos, instalaciones, dispositivos, ejes auxiliares y sensores externos que asisten al robot en la ejecución de sus tareas.

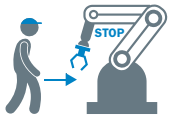
Requisitos básicos

Para el diseño de las aplicaciones colaborativas existen una serie de requisitos básicos.

- El espacio donde se realice la colaboración debe cumplir lo siguiente:
  1. Debe estar diseñado de forma que el operador pueda ejecutar su trabajo sin problemas y con seguridad, sin que pueda emanar ningún otro riesgo desde equipamientos adicionales u otro tipo de maquinaria que se encuentre en el espacio de trabajo.
  2. No debe haber riesgo de lesiones por corte, aplastamiento o punzonamiento, ni ningún otro riesgo como el de superficies calientes o piezas bajo tensión, que no puedan reducirse mediante la disminución de la velocidad, fuerza o potencia del sistema robótico. Naturalmente, esto mismo se aplica a los correspondientes mecanismos de sujeción (herramientas) y piezas de trabajo.
- El espacio de trabajo del robot debe prever una distancia mínima con las zonas contiguas transitables en las que exista riesgo de atrapamiento o aplastamiento. Si esto no fuera posible, deberán implementarse dispositivos de protección adicionales.
- Siempre que sea posible debe preverse una limitación espacial de los ejes a fin de restringir la libre movilidad del robot y, de esta forma reducir el riesgo de lesiones para las personas.

Modos de servicio colaborativos según ISO 10218-2 e ISO/TS 15066

La especificación técnica ISO/TS 15066 designa cuatro modos de servicio colaborativos que pueden emplearse individualmente o de forma combinada en función de la aplicación y del diseño del sistema robótico:

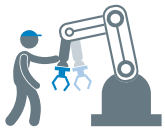


- Parada de seguridad vigilada

  El robot se detiene durante la interacción con el operador en el espacio colaborativo. Este estado está vigilado, por lo que el accionamiento puede permanecer conectado.

- Guiado manual

  La seguridad de la colaboración hombre-robot queda garantizada porque el robot es guiado manualmente a una velocidad reducida de forma segura.



- Limitación de fuerza y potencia: el camino a seguir hacia la colaboración

  El contacto físico entre el sistema robótico (incluyendo la pieza de trabajo) y una persona (operador) puede producirse de forma intencionada o accidental. La seguridad requerida se alcanza limitando la fuerza y potencia a valores en los que no cabe esperar que se produzcan lesiones u otros riesgos. Para una colaboración con limitación de fuerza y de potencia, se requieren robots especialmente diseñados para este modo de servicio. La especificación técnica ISO/TS 15066 incluye valores máximos (límites de carga biomecánicos), que no deben superarse en caso de colisión del robot con partes del cuerpo.

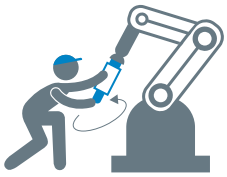
- Monitorización de la velocidad y la distancia, el futuro:

  La velocidad y las vías de movimiento (trayectorias) del robot son monitorizadas y, en función de la velocidad y la posición del operador, corregidas dentro del espacio protegido.

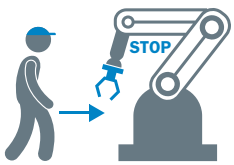
En aplicaciones colaborativas deberán seleccionarse uno o más de los métodos aquí enumerados a fin de garantizar la seguridad de todas las personas expuestas a riesgos potenciales.

Los requisitos actuales para el funcionamiento de sistemas robóticos colaborativos incluyen el uso de un sistema de control destinado a la seguridad que cumple con los requisitos del nivel de rendimiento PL d según ISO 13849-1.

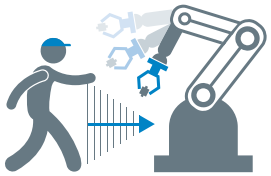
Necesidad de validación en modos de servicio colaborativos



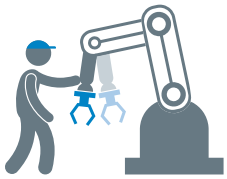
Guiado manual



Parada de seguridad vigilada



Monitorización de la distancia y la velocidad



Limitación de fuerza y de potencia

Cuanto más estrecha sea la interacción entre hombre y robot, mayor será la necesidad de validación de las medidas para la reducción de riesgos.

Evaluación de riesgos

El mercado actual ofrece una amplia variedad de modelos de robots, desde robots industriales estándar hasta robots que han sido especialmente desarrollados para el funcionamiento colaborativo (al robot colaborativo se le llama también “cobot”). Cuando los robots se integran en el sistema (con efectores finales, etc.), debe realizarse una evaluación de riesgos de todo el sistema robótico (máquina total). Las medidas de reducción de riesgos resultantes de dicha evaluación deben garantizar un funcionamiento colaborativo seguro. Esto es necesario incluso si el robot correspondiente ya dispone de medidas constructivas para la reducción de riesgos.

Reducción de riesgos

Entre las medidas de protección inherentes que suelen emplearse con los robots colaborativos se encuentras, entre otras, las siguientes:

- Limitación de las fuerzas y pares máximos autorizados, por ejemplo mediante dimensionamiento del accionamiento
- Configuración de las superficies del robot para reducir el efecto de la presión o las fuerzas de colisión transmitidas (p. ej. con superficies redondeadas o acolchado para la absorción de impactos)

Hay que tener en cuenta que la efectividad de estas medidas de protección inherentes puede verse perjudicada considerablemente por el diseño de la herramienta robótica, del dispositivo de retención, de la pieza de trabajo o de otras máquinas dentro del espacio de trabajo colaborativo.

Para ello pueden tomarse otras medidas de protección:

- Limitación de la potencia (par), fuerza o velocidad de las piezas relacionadas con la seguridad del sistema de control
- Utilización de dispositivos de protección sensibles a la presión (PSPE) o dispositivos de protección sin contacto (ESPE) para la detención o la inversión de los movimientos del robot

Resumen

En el futuro, las personas y los robots trabajarán cada vez más unidos en aplicaciones de automatización en las que se requiera una alta flexibilidad (por ejemplo, en la producción de series pequeñas con alta variabilidad). En lugar de las operaciones de montaje manual se producirá una colaboración hombre-robot en la que las capacidades de personas y máquinas se complementen de forma óptima. Esto permitirá mejorar la ergonomía de los puestos de trabajo en los que se requiera una alta productividad. La limitación de la velocidad y de la fuerza necesaria para la seguridad debe realizarse sin que afecte al nivel de productividad deseado.

Las directrices de configuración de la norma ISO/TS 15066 complementan los requisitos que ya se habían formulado en ISO 10218-1/-2 y forman una base para el diseño de aplicaciones de robot colaborativas.

Los productos y dispositivos que actualmente se encuentran en el mercado no son capaces de cumplir enteramente con las exigencias que se plantean hoy en día para una colaboración hombre-robot segura y sin obstáculos. El desarrollo de nuevas tecnologías de sensores y robots, así como los sistemas de control inteligentes, es la condición básica para las futuras aplicaciones colaborativas en la robótica.

Hoy día no existen dos aplicaciones iguales que utilicen la colaboración hombre-robot. Una evaluación de riesgos específica resulta imprescindible incluso aunque los robots utilizados se hayan diseñado específicamente para la interacción con personas. El hecho de que el fabricante del robot haya integrado medidas para una construcción segura inherente en su producto no exonera al integrador de sistemas de su obligación, como fabricante de maquinaria, de evaluar y reducir riesgos potenciales. Los fabricantes de sistemas e integradores de sistemas robóticos deben comprobar detalladamente las medidas de protección constructivas efectuadas por el fabricante del robot, considerar los riesgos y peligros residuales y configurar el sistema robóticode acuerdo con esta evaluación de riesgos. Como resultado de la evaluación de riesgos, el fabricante del sistema debe implementar, según su experiencia, medidas adicionales para la reducción de riesgos (por ejemplo, cortinas fotoeléctricas de seguridad, escáneres láser de seguridad, etc.) a fin de obtener una aplicación colaborativa totalmente segura.

REFERENCIAS

[1] IEC 61508-x:2010 – Seguridad funcional de los sistemas de seguridad eléctricos / electrónicos / electrónicos programables – 7 partes. International Electrotechnical Commission. IEC Central Office – P.O. Box 131 – CH-1211 Geneva 20 – Switzerland.

[2] IEC 62061:2015 – Seguridad de las máquinas: seguridad funcional de sistemas de mando de seguridad eléctricos, electrónicos y electrónicos programables. International Electrotechnical Commission. IEC Central Office – P.O. Box 131 – CH-1211 Geneva 20 – Switzerland

[3] ISO 13849-1:2015 – Seguridad de las máquinas: partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño. ISO International Organization for Standardization. P.O. Box 56 – CH-1211 Geneva 20 – Switzerland

[4] ISO 13849-2:2003 – Seguridad de las máquinas: partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 2: Validación. ISO International Organization for Standardization. P.O. Box 56 – CH-1211 Geneva 20 – Switzerland

[5] ISO 10218-1:2011 – Requisitos de seguridad para robots industriales. Parte 1: Robots. ISO International Organization for Standardization. P.O. Box 56 – CH-1211 Geneva 20 – Switzerland

[6] ISO 10218-2:2011 – Requisitos de seguridad para robots industriales. Parte 1: Sistemas robóticos e integración. ISO International Organization for Standardization. P.O. Box 56 – CH-1211 Geneva 20 – Switzerland

[7] ISO/TS 15066:2015 – Robots and robotic devices – Collaborative robots. ISO International Organization for Standardization. P.O. Box 56 – CH-1211 Geneva 20 – Switzerland

➜ www.sick.com/safe-robotics

SICK AG | Waldkirch | Alemania | www.sick.com

SICK
Sensor Intelligence.