

EtherCAT: Optimale Synchronisation und Präzision der Bewegungsabläufe

Bowlingroboter auf dem Weg zum perfekten Spiel

In den USA ist Bowling ein Volkssport. Schätzungsweise 70 Millionen Menschen gehen im Laufe eines Jahres zum Bowlen; mehr als zwei Millionen betreiben den Sport regelmäßig im Verein. Der „United States Bowling Congress“ (USBC) koordiniert als Dachverband die Bowlingvereine und sorgt durch aufwendige Material- und Qualitätstests für die technische Perfektionierung des Sports. Einen Meilenstein hat der Verband im Jahr 2010 mit dem Hochleistungs-Bowlingroboter E.A.R.L. (Enhanced Automated Robot Launcher) gesetzt, der von ARM Automation entwickelt wurde. Für die exakte Steuerung des Roboters sorgt eine PC- und EtherCAT-basierte Plattform von Beckhoff.

ARM Automation, mit Sitz in Austin, Texas, entwickelt kundenspezifische Automatisierungslösungen für viele Industriebranchen. Gegründet 1993, liegt der Schwerpunkt des Unternehmens beim Bau von Robotern für unterschiedlichste Einsatzbereiche und Branchen: Prüfsysteme für orthopädische Implantate, Roboter zur Handhabung radioaktiven Materials, Unterwasserroboter für Springbrunnen-Shows, Fließbänder für die Verpackung und Montage von PCs, mobile Roboter für die Versandhausautomatisierung, Laserwerkzeuge zur Mikrobearbeitung in der Halbleiterherstellung etc. Die Stärke von ARM Automation besteht in der Entwicklung kundenspezifischer, exakt auf die Anwendung zugeschnittener Lösungen. „ARM Automation war das einzige Unternehmen, das bereit war, uns die Roboterlösung zu konstruieren, die wir brauchten.“, erläutert Neil Stremmel, Leiter des USBC-Vorstandes.

Bowlingroboter simuliert Spielerverhalten

Die Entwicklung des Bowlingroboters E.A.R.L. zielte in erster Linie auf die Erforschung bestimmter Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge beim Bowling. „Die Auswertung der Roboterdaten erlaubt Rückschlüsse

über den Zusammenhang von Ballbewegung und Trefferqualität“, erklärt Neil Stremmel. „E.A.R.L. ist in der Lage, den Stil jedes Bowlingspielers zu simulieren. Dies zeigt den Trainern, inwiefern die Bedingungen sich ändern, wenn einzelne Bowlingspieler miteinander konkurrieren und wie man sich am besten an das stets wechselnde Bowlingumfeld anpasst.“ Um die Schwankungen auszuschalten, die ein menschlicher Bowlingspieler während eines Tests zwangsläufig einbringt, nutzte USBC bereits in der Vergangenheit Bowlingroboter „Harry“. „Harry bot jedoch keine ausreichende Wiederholgenauigkeit und setzte Anpassungen bei den Versuchsbedingungen, wie zum Beispiel Positionsänderungen, nur sehr schwerfällig um“, beschreibt Stephen Grupinski, Geschäftsführer von ARM Automation, die Ausgangssituation.

Optimale Synchronisation und Präzision der Bewegungsabläufe

Das Bewegungssystem von E.A.R.L. besteht aus einer linearen Achse, um den Ball auf der Breite der Lauffläche zu positionieren, einem 5-Achs-Positionierroboter, um den Ball in Rotation zu versetzen und einem Abwurfmechanismus, der auf einem Greifarm installiert



Der amerikanische Bowlingverband USBC (United States Bowling Congress) ist seit Jahren Vorreiter in Bezug auf die Erforschung und den Test neuer Techniken und Materialien für das Bowling.

Das Bewegungssystem von E.A.R.L. besteht aus einer linearen Achse, um den Ball auf der Breite der Lauffläche zu positionieren, einem 5-Achs-Positionierroboter, einem Mechanismus, um den Ball in Rotation zu versetzen und einem Abwurfmechanismus, der auf dem Greifarm installiert ist.



ist. Obwohl es wie ein einfacher Armschwung aussieht, wenn der Roboter die Bowlingkugel greift und auf die Bahn wirft, sind in Wirklichkeit unzählige Parameter bei einem einzelnen Wurftest zu beachten. Eine typische E.A.R.L.-Prüfeinstellung gliedert sich in folgende Punkte:

- | Ausrichtung des Robotergreifers auf den Schwerpunkt der Bowlingkugel
- | Abgabeposition des Balls in Bezug zur Bowlingbahn (Höhe, Position zur Foulline, Position zur Breite der Lauffläche, Abgabewinkel, Laufrichtung des Balls)
- | Geschwindigkeit beim Abwurf der Kugel und Rotationsgeschwindigkeit der Kugel

„Die größte Herausforderung für die mechanische und elektrische Steuerungsentwicklung von E.A.R.L. war der Zeitpunkt der Abgabe des Bowlingballs“, erläutert Greg Wiese, Projektingenieur von ARM Automation. USBC forderte eine Geschwindigkeit von ca. 10,7 m/s für den Ballabwurf. Bei einer Abweichung von nur einer Millisekunde ergibt sich beim Ballaufschlagwinkel eine Verschiebung um ein Grad, in Bezug auf die Foulline (beim Überschreiten dieser Linie ist der Wurf ungültig) eine Abweichung um 12,7 mm. Bei größeren Abweichungen besteht die Gefahr, dass der Ball in die Decke „geschossen“ oder auf die Lauffläche geschlagen wird. „Dank der Distributed-Clock-Funktion von EtherCAT haben wir eine optimale Synchronisation und Präzision erreicht“, sagt Joe Geisinger, Technischer Leiter von ARM Automation: „Die Koordination der externen I/Os mit der Steuerung und der Positionierung der Antriebe erfolgt im Mikrosekundenbereich: Die Position des Endeffektors des E.A.R.L.-Roboters wird den EtherCAT-Antrieben mitgeteilt, um den exakten Zeitpunkt für den Ballabwurf zu bestimmen. Diese Positionierung in < 1 ms ist außergewöhnlich schnell, sodass sich der Abwurfwinkel für den Ball exakt bestimmen lässt. Damit ist E.A.R.L. in der Lage, die Bowlingkugel innerhalb von 250 µs nach dem Abtasten der Position abzuwerfen.“

Obwohl es wie ein einfacher Armschwung aussieht, wenn der Roboter die Bowlingkugel greift und auf die Bahn wirft, sind in Wirklichkeit unzählige Parameter bei einem einzelnen Wurftest zu beachten.



Änderungen der Parameter in Sekundenschnelle

Um die hohen Präzisionsforderungen dieser Roboteranwendung zu erfüllen, setzt ARM Automation das EtherCAT- und PC-basiertes Steuerungssystem von Beckhoff ein. Über ein Control Panel kann das USBC-Personal die Prüfeinstellungen komfortabel eingeben. Es gibt elf Variablen, um die verschiedenen Wurfarten über das Bedienpanel zu konfigurieren und die Geschwindigkeit und Ausrichtung zu verändern. In weniger als zehn Sekunden kann der Roboter auf vollkommen neue Parameter umprogrammiert werden.

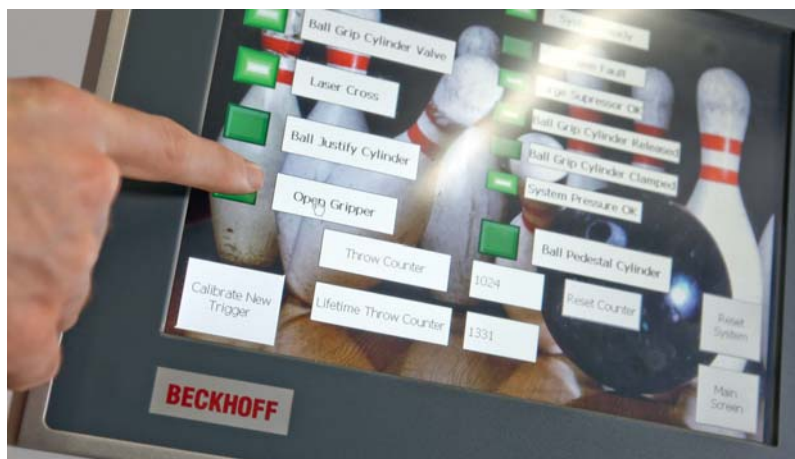
Das Steuerungssystem umfasst einen kompakten Industrie-PC C6920 von Beckhoff, mit Windows CE als Betriebssystem und der Automatisierungssoftware TwinCAT NC PTP. EtherCAT dient als Kommunikationssystem für I/Os und Antriebstechnik. Als Bedienerchnittstelle ist ein Beckhoff Control Panel CP6901 mit 12-Zoll-Touchscreen im Einsatz.

EtherCAT integriert Motion Control und I/Os

ARM Automation ist seit Jahren aktives Mitglied in der EtherCAT Technology Group (ETG) und Entwickler von EtherCAT-Slavegeräten. „Vor einigen Jahren sind wir zu EtherCAT gewechselt, das uns im Vergleich zu klassischen Felbussystemen zahlreiche Vorteile bietet“, erläutert



Über ein Beckhoff Control Panel CP6901 mit 12-Zoll-Touchscreen kann das USBC-Personal die Prüfeinstellungen komfortabel eingeben. Es gibt elf Variablen, um die verschiedenen Wurfarten zu konfigurieren und die Geschwindigkeit und Ausrichtung zu verändern. Der E.A.R.L.-Roboter kann in weniger als 10 Sekunden auf vollkommen neue Parameter umprogrammiert werden.



Stephen Grupinski. „Die bekannte Ethernet-Physik, die allgemeinen Leistungsdaten, das zunehmende Interesse an Ethernet-basierten Netzwerken bei unseren Kunden sowie die Möglichkeit, Motion Control und I/Os in ein und demselben Netzwerk zu realisieren, waren wichtige Gründe für den Umstieg.“ „EtherCAT erlaubt uns auch, den Bus zu diagnostizieren, um fehlerhafte Verbindungen in der Übertragungsphysik zu ermitteln und festzustellen, an welcher Stelle ein Fehler aufgetreten ist“, betont Joe Geisinger. „Aufgrund ihrer offenen Architektur bietet TwinCAT als Steuerungssoftware zudem die Flexibilität, bestehende SERCOS-Geräte über eine Mini-SERCOS-Felbuskarte, die auf dem Industrie-PC C6920 installiert ist, in die Konfiguration einzubinden.“

Entwicklung der Bewegungssteuerung auf der Basis von TwinCAT

E.A.R.L. setzt voraus, dass die Eingänge von zahlreichen Geräten erfasst werden und mit den Antrieben in einer flexiblen Umgebung kommunizieren. „Genau dies bieten uns der TwinCAT System Manager und EtherCAT: die verschiedenen Plattformen lassen sich einfach miteinander verknüpfen“, sagt Joe Geisinger. Die Automatisierungssoftware TwinCAT erfasst die I/O-Daten und koordiniert sie mit den Positionsdaten der Antriebe, berechnet die inverse Kinematik, erstellt die nächsten Positionsbefehle und gibt neue Positionsbefehle und -daten an die Antriebe aus. ARM hat eine eigene kinematische Transformation für E.A.R.L. entwickelt, die in TwinCAT realisiert wurde und über die die externe Sollwertgenerierung in die NC eingeführt wird. „Hierzu haben wir die Motion-Control-Funktionen von TwinCAT verwendet“, erklärt Joe Geisinger. „Mit NC PTP steuern wir die Achsbewegungen und kontrollieren ständig den Status der EtherCAT-Antriebe.“

Auch die Sicherheitsmechanismen der Bowlingroboter wurden überarbeitet, wobei TwinCAT alle Sicherheitsgeräte überwacht. Wenn während des Betriebes ein Fehler auftritt, werden die Antriebe sofort abgeschaltet und der Roboter geht in einen sicheren Zustand, bis das System korrekt zurückgesetzt wurde. E.A.R.L. ist von einem Schutzkäfig umgeben, der mit Sicherheitssensoren, Lichtgittern und Sicherheitsrelais ausgestattet ist, um die optimale Sicherheit zu gewährleisten.

Optimierte Testsituation, vereinfachte Handhabung

„Wir verfügen jetzt über mehr Optionen und eine bessere Auflösung für die Abwurfhöhe, die Wurfbahn, die Ballgeschwindigkeit, die Drehung und den Ballwinkel“, sagt Neil Stremmel, Leiter des USBC-Vorstandes. „E.A.R.L. ermöglicht die Handhabung einer größeren Anzahl von Kugeldurchmessern und Drehgeschwindigkeiten. Die Bewegung von E.A.R.L. und die Änderung der Einstellungen sind wesentlich einfacher und viel exakter zu handhaben als bei unserer vorherigen Roboterlösung.“

„ARM ist immer auf der Suche nach neuen Werkzeugen und innovativen Verfahren, um die Leistungsfähigkeit seiner Lösungen zu optimieren“, erklärt Stephen Grupinski und fügt hinzu: „Die komplexen Aufgabenstellungen, mit denen Kunden an uns herantreten, erfordern flexible Steuerungsplattformen, die bei Bedarf entsprechend konfiguriert werden können. Die offene und modulare Steuerungsarchitektur von Beckhoff bietet uns hier genau das richtige Werkzeug zur Entwicklung kundenspezifischer Lösungen.“

United States Bowling Congress (USBC) www.bowl.com

ARM Automation Inc.

Beckhoff USA

www.armautomation.com

www.beckhoffautomation.com