

# Integrierte magnetische Messsysteme verleihen Robotern von PAL Robotics Gleichgewicht



**Kunde:**  
PAL Robotics SL,  
Barcelona, Spain

**Branche:**  
Elektronik

**Herausforderung:**  
Die Herausforderung zu meistern, einem humanoiden Zweibeinroboter Gleichgewicht zu verleihen und gleichzeitig Designvorgaben wie Raumbedarf, Genauigkeit und Geschwindigkeit zu erfüllen.

**Lösungsansatz:**  
Umfassende Auswahl an magnetischen RLS Messsystemen, ergänzt durch Kompetenz und Support von Renishaw.

## Einführung

Dieser Anwenderbericht behandelt den REEM-C, einen „ausgewachsenen“ humanoiden Zweibeinroboter von PAL Robotics, der als Forschungsplattform dient. Er ist Teil einer Baureihe von Robotern, die für vielfältige Anwendungen eingesetzt werden. Der REEM-C bietet eine Plattform, die sich komplett an so aufregende Forschungsgebiete wie Navigation, maschinelles Sehen, Mensch-Roboter-Interaktion, künstliche Intelligenz, Greifen, Gehen und Spracherkennung anpassen lässt.

## Hintergrund

Stellen Sie sich eine Welt vor, in der Ihre robotischen Gefährten Ihre Produktivität steigern, Ihre Koffer am Flughafen tragen oder Senioren sogar in ihrem häuslichen Umfeld unterstützen. Dies ist die Realität, die PAL Robotics SL (Barcelona, Spanien) schaffen möchte. Dieses im Herzen von Barcelonas Technologiebezirk, nur wenige Schritte von den weltbekannten Las Ramblas entfernt angesiedelte Innovationsunternehmen ist Vorreiter in der Entwicklung solcher Roboter.

Alle Arbeitsschritte, wie Design, Programmierung und Montage der Roboter, werden in den betriebsamen Büros von PAL Robotics in Barcelona ausgeführt. Dort arbeitet ein Team von Ingenieuren fortlaufend daran, die Fähigkeiten der Roboter weiter zu verbessern.



REEM-C, der humanoide Zweibeinroboter in Originalgröße von PAL Robotics

## Herausforderung

Luca Marchionni (rechts abgebildet), leitender Technologieverantwortlicher bei PAL Robotics, merkt an, dass eine der schwierigsten Herausforderungen darin besteht, das Gleichgewicht beim Gehen zu halten, etwas, was für uns eine Selbstverständlichkeit ist. Gehen bedeutet die Erzeugung und Ausführung von Bewegungsbahnen in vielen Freiheitsgraden gleichzeitig, während die Füße mit der Umgebung interagieren. Das Steuerungssystem eines Zweibeinroboters muss die Übergänge zwischen zwei Phasen bewältigen: den doppelten Stützpunkt, mit beiden Füßen auf dem Boden, und den einzelnen Stützpunkt, dann, wenn nur ein Fuß gesetzt wird.

Die Entwicklung von Regeln zur Steuerung dieser Vorgänge ist aufgrund der mit der Roboterdynamik verbundenen Nichtlinearitäten schwierig. Häufig stoßen die analytischen Möglichkeiten an ihre Grenzen und die Problematik ist zu komplex, um durch ein reines Trial-and-Error-Verfahren gelöst werden zu können. Stattdessen kommt ein numerischer Ansatz, die sogenannte Trajektorienoptimierung, zur Anwendung. Dabei wird eine „ideale Bahn“ für die Roboterbewegung vorgegeben und die bestmögliche Annäherung an diesen Bewegungsablauf mithilfe des numerischen Verfahrens berechnet. Das Kriterium „bestmöglich“ wird anhand einer speziell ausgewählten Leistungsfunktion ermittelt, die sowohl die ideale Bahn als auch die physischen Begrenzungen des Roboters berücksichtigt.

Für die Entwicklung der Gelenke von humanoiden Robotern existieren strenge Raum- und Gewichtsvorgaben, um Robotervolumen und Trägheit so gering wie möglich zu halten. Viele Roboter von PAL Robotics sind menschengroß und bieten bis zu 40 Freiheitsgrade.

## Lösung

Der REEM-C und weitere humanoide Roboter von PAL Robotics haben voll bewegliche Gelenke, die je nach Aufgabe unterschiedliche, komplizierte Bewegungen ausführen können. Für die Servosteuerung jedes Gelenks, d. h. im Hinblick auf Drehmoment, Geschwindigkeit

und Position, muss das Messsystem Positionsrückmeldungen hoher Datenqualität liefern. Renishaw hat PAL Robotics bei der Auswahl des richtigen Positionsmesssystems für jeden Einsatzzweck beraten und dabei alle Informationen über die geschäftlichen Anforderungen und Produkte von PAL Robotics einfließen lassen.

Die Wahl fiel auf die berührungslosen, magnetischen Messsysteme von Renishaws Partnerfirma



REEM-C Kniegelenk mit Absolut-Winkelmesssystem Aksim™



Das Gleichgewicht zu halten, ist eine schwierige Aufgabe, da wir mit Untersetzungsgetrieben arbeiten, die Nachteile, wie beispielsweise Elastizität und Nichtlinearität, mit sich bringen. Für uns ist es daher sehr wichtig, sowohl Rückmeldungen zur Position des Motors als auch der Position des Gelenks zu erhalten.

PAL Robotics(Spanien)

RLS. Dazu gehörten unter anderem Winkelmesssysteme wie Aksim™ und Orbis™, die in Knie- (Abbildung oben), Hand- und Ellbogengelenke integriert wurden, und das inkrementelle Komponenten-Messsystem RoLin™.

Zur Steuerung des Gleichgewichts wurde in jedem Roboterfuß ein Kraftrückkopplungssystem eingebaut. Damit wird der Nullmomentpunkt (Zero-Momentum Point, ZMP) berechnet, eine Kennzahl, die verwendet werden kann, um die Stabilität von Robotern wie den REEM-C zu ermitteln. Der gemessene ZMP wird dann in einen „Fuzzylogik“ PD-Regler eingespeist, um den benötigen ZMP zu verfolgen, Gleichgewicht und eine Störunterdrückung zu erzielen. Ziel des Reglers ist, dass Massezentrum des Roboters so zu korrigieren, dass der ZMP immer innerhalb des Fußstützpunkts (unter den Füßen) gehalten wird. Ein erfolgreicher Roboterlauf erfordert im Hinblick auf die Position, Geschwindigkeit und Beschleunigung der Kniegelenkwinkel eine präzise Steuerung, die sich an den Rückmeldungen des Winkelmesssystems orientiert.



REEM-C, auf einem Bein zwischen den einzelnen Schritten balancierend

RLS Messsysteme sind in zahlreichen Konfigurationen erhältlich – bieten viele verschiedene Kommunikationsprotokolle, Sensorgrößen und Interfaces. Je mehr Parameter zur Verfügung stehen, desto besser, denn mit jedem Roboter möchten wir einen herstellen, der noch leichter, kompakter und leistungsfähiger ist.

PAL Robotics (Spanien)

## Ergebnisse

Die Gleichgewichtssteuerung ist entscheidend für die stabile Fortbewegung auf zwei Beinen. Die vom Drehgeber System ausgegebenen Daten ermöglichen die Bestimmung der Roboterposition und die Erstellung von Positions-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungsreferenzen, denen jedes Gelenk folgen sollte.

Magnetische Drehgeber-Systeme bieten PAL Robotics eine flexible Lösung zur Positionsbestimmung und erfüllen strengste Vorgaben in Hinblick auf Raumbedarf und Leistungsvermögen. Die ausgewählten Messsysteme haben ein beeindruckendes Leistungsspektrum und bieten erhebliche Designfreiheit. Die Gleichgewichtssteuerung erfolgt durch die Kontrolle des direkt auf jedes Gelenk wirkenden Drehmoments. Dadurch wird jedes Roboterglied korrekt für eine stabile Laufbewegung positioniert. Eine hohe Gebergenauigkeit stellt sicher, dass Fehler im Steuersignal minimiert werden. Die Steuerung kann die Roboterpositionen somit schnell korrigieren, damit der ZMP (Nullmomentpunkt) immer innerhalb des Fußstützpunkts bleibt.

## Über PAL Robotics

PAL Robotics entwickelt und produziert modernste Humanoiden und Serviceroboter für eine Vielzahl von Anwendungen. Gegründet wurde das Unternehmen 2004 von sechs Ingenieuren, die einen Traum hatten. Der erste Roboter von PAL Robotics hieß REEM-A. Er entstand aus einem Projekt für einen Roboterarm zum Schachspielen. Seitdem hat PAL Robotics sein Produktangebot regelmäßig erweitert und bietet nun sechs unterschiedliche Robotermodelle an, unter anderem TIAGO, der zur Unterstützung im häuslichen und industriellen Umfeld entwickelt wurde. TALOS, ein weiterer Robotertyp, wurde für den Einsatz an Produktionslinien entwickelt, beispielsweise für Aufgaben wie das Festziehen von Schrauben an schwer zugänglichen Stellen oder zur Unterstützung der Arbeiter bei der Handhabung schwerer Werkzeuge.workers with heavy tools handling.

Mehr über PAL Robotics erfahren Sie unter:

[www.pal-robotics.com](http://www.pal-robotics.com)

Nähtere Informationen und ein Video zum Anwenderbericht finden Sie unter  
[www.rls.si/magnetic-encoders-for-industrial-robotics](http://www.rls.si/magnetic-encoders-for-industrial-robotics)

**RLS Merilna tehnika d. o. o.**  
 Poslovna cona Žeje pri Komendi  
 Pod vrbami 2  
 SI-1218 Komenda  
 Slovenia

T +386 1 5272100  
 F +386 1 5272129  
 E [mail@rls.si](mailto:mail@rls.si)  
[www.rls.si](http://www.rls.si)

**Kontaktinformationen finden Sie unter [www.rls.si/contact](http://www.rls.si/contact)**

RLS D.O.O. HAS MADE CONSIDERABLE EFFORTS TO ENSURE THE CONTENT OF THIS DOCUMENT IS CORRECT AT THE DATE OF PUBLICATION BUT MAKES NO WARRANTIES OR REPRESENTATIONS REGARDING THE CONTENT. RLS D.O.O. EXCLUDES LIABILITY, HOWSOEVER ARISING, FOR ANY INACCURACIES IN THIS DOCUMENT.

© 2018 RLS d.o.o. All rights reserved.  
 RLS d.o.o. reserves the right to change specifications without notice.



REEM-C with AksIM and Orbis rotary encoders integrated into the elbow and wrist joints.

## Über RLS

RLS d.o.o. ist eine Partnerfirma von Renishaw. RLS produziert eine Reihe robuster magnetischer Drehgeber- und Wegmesssysteme für Anwendungen wie beispielsweise industrielle Automation, Metallbearbeitung, Textilien, Verpackungen, elektronische Chip-/Platinenproduktion, Robotik usw.

Mehr über RLS erfahren Sie unter:

[www.rls.si](http://www.rls.si)