

SIXTH FRAMEWORK PROGRAMME  
PRIORITY 2  
Information Society Technologies IST



SPECIFIC TARGETED RESEARCH OR INNOVATION PROJECT

***Scheda tecnica del progetto***

Acronimo: **PHRIENDS**

Titolo:

**Physical Human-Robot Interaction: DepENDability and Safety**



Contratto n.: 045359

Durata: 1 October 2006 — 30 September 2009

Costo totale: EUR 3.549.814

Finanziamento della Commissione Europea: EUR 2.158.000

Coordinatore: Centro "E. Piaggio", Università di Pisa, Italy  
Prof. Antonio Bicchi <bicchi@ing.unipi.it>

Partner: Institute of Robotics and Mechatronics, DLR, Germany  
Dr. Alin Albu-Schaeffer <alin.albu-schaeffer@dlr.de>

KUKA Roboter GmbH, Germany  
Dr. Rainer Bischoff <rainerbischoff@kuka-roboter.de>

LAAS, CNRS, France  
Dr. Rachid Alami <rachid.alami@laas.fr>

DIS, Università di Roma "La Sapienza", Italy  
Prof. Alessandro De Luca <deluca@dis.uniroma1.it>

PRISMA Lab/DIS, Università di Napoli Federico II, Italy  
Prof. Bruno Siciliano <siciliano@unina.it>

Website: [www.phriends.eu](http://www.phriends.eu) [www.phriends.org](http://www.phriends.org)

Un progetto Europeo coordinato dal Centro di Automatica, Robotica e Bioingegneria “E. Piaggio” dell’Università di Pisa punta alla costruzione e alla messa sul mercato di un robot in grado di lavorare fianco a fianco con l’essere umano senza metterlo in pericolo. Per una nuova generazione di robot intrinsecamente sicura e affidabile.

**“La caratteristica più rivoluzionaria e latrice di sfide di PHRIENDS è progettare e costruire robots in grado di garantire sicurezza nell’interazione uomo-macchina” (prof. Antonio Bicchi, coordinatore di PHRIENDS).**

## Un robot “amichevole” per prevenire gli incidenti sul lavoro

Condividere uno spazio fisico con un robot può anche risultare fatale. Numerosissimi sono gli **incidenti** che negli anni hanno visto coinvolti i **lavoratori** delle industrie in cui macchine e uomini lavorano a stretto contatto. Contrariamente all’immaginario diffuso dalla letteratura di genere, infatti, una realtà in cui uomo e robot possano lavorare e interagire tranquillamente fianco a fianco in completa sicurezza è ancora tutta da costruire, e ancora oggi l’unica **garanzia di protezione** è costituita dalla **separazione degli spazi fisici tra essere umano e macchina**.

Questo accorgimento presenta però molte controindicazioni quando la condivisione di spazi lavorativi diventa necessaria per lo svolgimento di determinati compiti che richiedono una **collaborazione materiale** tra uomini e robot, e non semplicemente un’interazione cognitiva, come è per esempio quella che avviene quotidianamente con i computer attraverso diversi strumenti quali schermi video e suoni.

**La potenzialità di interazione fisica con l’essere umano è la caratteristica più rivoluzionaria della prossima generazione di robot, ed porta con sé una sfida che si gioca innanzitutto sul piano della sicurezza sul lavoro.**

Proprio dalla volontà di raccogliere il guanto di questa sfida nasce il progetto **PHRIENDS** (*Physical Human-Robot Interaction: depENDability and Safety*), coordinato dal Centro per l’Automatica, la Robotica e la Bioingegneria “E. Piaggio” dell’Università di Pisa, e che vede coinvolte come partners diverse università italiane ed europee, nonché KUKA Roboter, industria leader in Europa nella produzione di robots.

Scopo di **PHRIENDS** è di **mettere a punto i componenti chiave per lo sviluppo di una generazione di robot con cui l’essere umano possa condividere l’ambiente lavorativo senza pericolo**. I nuovi robot devono essere costruiti in modo da limitare i danni derivanti da un possibile impatto con il corpo umano.

## La “rivoluzione copernicana” di PHRIENDS

I robot progettati per cooperare con gli essere umani, per esempio nella manipolazione assistita, in assemblaggi collaborativi, in ambienti domestici, nell’intrattenimento, devono soddisfare requisiti diversi da quelli tipicamente richiesti ai robot usati nelle convenzionali applicazioni industriali.

I sistemi robotici convenzionali richiedono movimenti veloci e massima precisione nel posizionamento e nel seguire una traiettoria. Solitamente vengono evitati costosi e spesso non affidabili sensori, a condizione di posizionare i robot in ambienti attentamente progettati e controllati. Al contrario, nelle aree di futura applicazione, lo spazio in cui il robot di troverà ad operare sarà un ambiente dinamico, dai cambiamenti non prevedibili. Il **requisito principale**



richiesto al robot, quindi, sarà la **capacità di muoversi ed operare in questo ambiente senza arrecare danno a cose o persone accanto a sé.**

Per raggiungere lo scopo che si prefigge, **PHRIENDS** adotta metodi innovativi, rivoluzionando quelli tradizionalmente adottati dalla robotica.

Nell'approccio della **robotica classica**, il **primo problema** che viene posto è **quale tipo di prestazione** viene richiesta al robot. **A partire dalla prestazione viene costruita la struttura della macchina.** In un **secondo momento**, le eventuali esigenze di sicurezza portano ad aggiungere al robot una serie di controlli attivi, basati su algoritmi o sensori.

L'approccio proposto da **PHRIENDS** è invece una vera e propria "rivoluzione copernicana", che ribalta gli schemi di progettazione classici della robotica industriale – rigidità di struttura per la precisione, controllo attivo per la sicurezza – creando un **nuovo paradigma: progettare robot che siano innanzitutto intrinsecamente sicuri, e poi controllarli per assicurare la prestazione.**

Si parte dalla sicurezza, quindi, per ottenere le prestazioni, e non più viceversa. La sicurezza è incorporata nella struttura del robot, e non più aggiunta come clausola esterna su una macchina progettata *in primis* per compiere un'altra prestazione.

**"Gli automi che sviluppiamo saranno intrinsecamente sicuri"**, commenta **Antonio Bicchi**, direttore del Centro di Automatica, Robotica e Bioingegneria "E. Piaggio" e ideatore del progetto **"perché sarà la loro stessa struttura fisica a garantirlo, e non dei sensori o degli algoritmi che possono sempre fallire. Puntiamo a costruire robot che, oltre ad essere più leggeri, abbiano una struttura morbida quando si muovono celermente, e quindi rischiano un impatto, e rigida quando compiono lavori che richiedono precisione. Una funzione simile, in fondo, a quella della muscolatura umana"**.

## Tecnologia

Il progetto ha lavorato allo sviluppo di nuovi attuatori - gli strumenti che muovono e controllano il robot – contribuendo così a stabilire a livello internazionale nuovi standards per la collaborazione uomo-macchina.

Un robot che si muove velocemente è più pericoloso per l'uomo, ma, d'altro canto, la velocità è richiesta in alcune applicazioni in cui la prestazione sarebbe pregiudicata da un rallentamento della macchina.

La soluzione adottata da **PHRIENDS** è quella di **introdurre la garanzia di sicurezza con mezzi meccanici, puramente passivi**, in modo che essa sia **intrinseca alla struttura del robot.**

L'approccio, chiamato **VIA (Variable Impedance Approach)** si basa sulla possibilità di **variare l'impedenza meccanica agendo sulla rigidità, la viscosità o il rapporto di trasmissione del sottosistema di attuazione in modo tale che garantisca la sicurezza meccanica durante i movimenti veloci.**

Il concetto generale può essere implementato da diversi meccanismi. Nel progetto **PHRIENDS** è stata sviluppata una **classe di attuatori a rigidità variabile, chiamata VSA (Variable Stiffness Actuator)** in cui il parametro su cui si agisce per garantire la sicurezza è **la sola rigidità di trasmissione.**



L'idea di base del VSA consiste nel cambiare la rigidità che lega motore e arto meccanico in tempo reale durante il movimento del robot, così da avere più rigidità (e più banda passante) solo quando questa è necessaria e utile.

I ricercatori del Centro Piaggio ha sviluppato un secondo attuatore (**VSA-II**), che si ispira al funzionamento del sistema muscolare di uomini e animali, e hanno dato vita al sistema **Agonista-Antagonista: due motori di uguali prestazioni attuano l'asse di uscita del giunto, rendendo possibile il controllo indipendente di posizione e rigidità.**

Questo approccio rende il braccio robotico più leggero, perché la sua struttura è "soffice" quando il robot si muove velocemente e può collidere con gli esseri umani, mentre diventa duro quando volge compiti che richiedono precisione.

**VSA-II è stato di recente presentato all'edizione annuale di ICRA (International Conference on Robotics and Automation), dove ha riscosso un notevole interesse da parte della comunità scientifica, interesse confermato dall'assegnazione del premio come miglior articolo di robotica di servizio (il "KUKA Service Robotics Best Paper Award").**



*GioSte, il braccio sviluppato al Centro Piaggio per testare il VSA-II*

## Risultati

### Un nuovo braccio robotico in commercio

Uno dei partner del progetto, KUKA Roboter GmbH sta investendo in modo consistente in **PHRIENDS**. KUKA ha prodotto un braccio meccanico, sul mercato da quest'anno, che usa molta della tecnologia sviluppata dal progetto **PHRIENDS**.

Corea e Giappone sono molto attivi su queste linee di ricerca. Università di entrambi i paesi hanno contattato il coordinatore del progetto, prof. Antonio Bicchi, per consulenza nello sviluppo di nuovi prodotti e nuove tecnologie

### Applicazione industriali e non

#### Industria

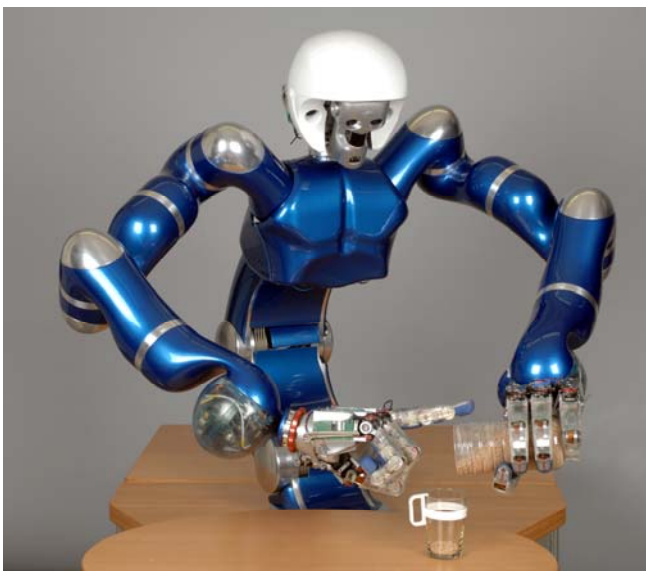
I dati indicano che, anche nelle tradizionali applicazioni della robotica industriale, la sicurezza è ben lungi dall'essere un problema risolto – specialmente in quelle fasi produttive in cui l'operatore umano deve interagire fisicamente con il braccio meccanico o il veicolo.



Oltre al problema della sicurezza in questo tipo di interazione, sviluppare robot in grado di lavorare assieme all'essere umano risulterebbe vantaggioso in tutti quei settori produttivi, specie della piccola e media impresa che necessita di prodotti di qualità, forza lavoro competente e prodotti dall'alto valore aggiunto per rispondere alle esigenze del mercato.

Vantaggioso, inoltre, per ridurre i casi di sofferenza fisica dovuta a lavori materialmente ripetitivi o pericolosi specie nell'industria manifatturiera. Nel 1995, nelle industrie manifatturiere statunitensi, il 43% dei lavoratori ha subito malattie o ferite dovute allo stress fisico; il 62% delle ferite consiste in traumi ripetuti, e il 32% in stress fisico derivante da movimenti ripetuti all'eccesso.

Fino ad ora tuttavia le tecnologie per l'automazione industriale sono state sviluppate sono per la produzione intensive su larga scala, e spesso i sistemi lì impiegati non possono essere usati nella produzione a piccola-media dimensione.



*Justin, il robot sviluppato dal DLR (Agenzia Spaziale Tedesca)*

### Altri

Nuove branche dell'automazione come la produzione alimentare, la logistica, il riciclaggio richiedono una riprogettazione dei sistemi robotici in cui la sicurezza diventi un requisito primario. Inoltre: riabilitazione, chirurgia, nuove interfacce virtuali.

### IAD

Altro campo di applicazione è quello degli **Intelligent Assist Devices** (IAD). Interesse da molte industrie automobilistiche (General Motors e Ford Motor, Toyota in Giappone).

### Collision Avoidance

Un robot che condivide lo spazio di lavoro con un essere umano dovrebbe essere in grado di accorgersi di collisioni in arrivo e reagire per limitare il più possibile i danni dovuti al contatto fisico. **PHRIENDS** ha sviluppato un sistema molto efficiente basato una propriocezione del robot, una sorta di autocoscienza della propria posizione rispetto a quella degli oggetti circostanti.



Le collisioni sono evitate anticipando le situazioni pericolose, e gli effetti attenuate dalla propria reazione del robot. ma anche una correzione rapida potrebbe non essere sufficiente se il robot è pesante e solido, come sono di solito i bracci robotici industriali. **PHRIENDS** ha studiato il modo di rendere l'impatto il meno dannoso possibile, per esempio disegnando bracci più leggeri, coperture morbide per i giunti, e il disaccoppiamento dell'inerzia del motore dall'inerzia dei giunti.



*Crash Test su manichini al DLR*