

ENG: Workspace characterization of underconstrained cable-driven parallel robots for depalletizing applications

The proposed activities address the use of underconstrained cable-driven parallel robots in depalletizing applications, where workspace coverage, reduced moving mass, ease of installation, and, above all, adaptability to industrial layouts are required. In such contexts, the handling of packages or boxes imposes strict constraints in terms of footprint, pallet accessibility, interference with the environment, end-effector orientation capability (to be designed in future developments) cable tension limits, and safety. The underconstrained nature of the architecture makes the definition of the usable workspace complex, since reachability must be assessed together with static compatibility and pose stability.

The activity focuses on the development of a parametric computational tool for the workspace characterization of four-cable underconstrained cable-driven parallel robots. The candidate will be required to implement geometric and static models of the architecture, allowing the configuration of anchor-point arrangement, operating volume, pallet position, and package dimensions. The tool shall integrate the typical constraints of the application, including cable length and tension limits, non-collision conditions, inaccessible regions, and the dimensions and positioning of the pallet and unloading station.

A significant part of the work will concern the definition of workspace evaluation criteria, distinguishing between geometrically reachable, statically admissible, and actually exploitable regions within the operational sequence. The candidate will also be required to outline the technical solutions associated with the robotic technology, highlighting the implications of the selected architecture, the number and arrangement of cables, the control strategy, and the integration with gripping systems. The objective is to quantitatively identify the limitations of the selected configuration and provide indications for subsequent dimensioning.

Expected results:

- **A parametric software** tool for the calculation and visualization of the workspace in depalletizing scenarios.
- **A quantitative evaluation** of reachable, admissible, and operational regions, highlighting the critical constraints and issues of the selected architecture.
- Preliminary **technical guidelines** for the dimensioning and integration of the robotic solution in an industrial context.

ITA: Caratterizzazione della workspace di robot paralleli attuati mediante cavi sottovincolati per applicazioni di depalletizzazione

Le attività proposte affrontano l'impiego di robot paralleli azionati da cavi sottovincolati in applicazioni di depallettizzazione, dove sono richieste copertura dello spazio operativo, ridotta massa in movimento, semplicità di installazione ma soprattutto adattabilità a layout industriali. In tali contesti, la manipolazione di colli o scatole impone vincoli stringenti in termini di ingombri, accessibilità al pallet, interferenze con l'ambiente, capacità di orientamento dell'end-effector (da progettarsi in sviluppi futuri), limiti di tensione nei cavi e sicurezza. La natura sottovincolata dell'architettura rende complessa la definizione del workspace utilizzabile, poiché la raggiungibilità deve essere verificata insieme a compatibilità statica e stabilità della posa.

L'attività si concentra sullo sviluppo di uno strumento di calcolo parametrico per la caratterizzazione del workspace di robot paralleli a cavi sottovincolati con 4 cavi. Il candidato dovrà implementare modelli geometrici e statici dell'architettura, definendo in modo configurabile disposizione degli ancoraggi, volume operativo, posizione del pallet, dimensioni dei colli. Lo strumento dovrà integrare i vincoli tipici dell'applicazione, includendo limiti di lunghezza e tensione dei cavi, condizioni di non collisione, zone non accessibili, dimensioni e posizionamento del pallet e della stazione di scarico.

Una parte rilevante del lavoro riguarderà la definizione di criteri di valutazione del workspace, distinguendo tra spazio geometricamente raggiungibile, staticamente ammissibile e realmente sfruttabile nella sequenza operativa. Il candidato dovrà inoltre delineare le soluzioni tecniche associate alla tecnologia robotica, evidenziando le implicazioni della scelta dell'architettura, del numero e della disposizione dei cavi, della strategia di controllo e dell'integrazione con sistemi di presa. L'obiettivo è identificare quantitativamente i limiti della configurazione selezionata e fornire indicazioni per il successivo dimensionamento.

Risultati attesi:

- **Un software parametrico** per il calcolo e la visualizzazione del workspace in scenari di depallettizzazione.
- **Una valutazione quantitativa** delle regioni raggiungibili, ammissibili e operative, con evidenza dei vincoli critici e dei problemi dell'architettura scelta.
- **Indicazioni tecniche** preliminari per il dimensionamento e l'integrazione della soluzione robotica in un contesto industriale.