

MISURARE LE FORZE PER MIGLIORARE LE PRESTAZIONI SPORTIVE

Il progetto MACLOC: pareti strumentate per misurare le tre componenti della forza applicate dallo scalatore durante l'arrampicata

Raffaella Sesana, Daniela Maffiodo (DIMEAS – Politecnico di Torino), *Alessandro Colombo* (DEIB – Politecnico di Milano), *Ramon Maj* (libero professionista), insieme a 8 studenti dell'Alta Scuola Politecnica - raffaella.sesana@polito.it; daniela.maffiodo@polito.it

Tematiche: Testing, Misure

Abstract breve

L'arrampicata sportiva è un'attività fisica complessa, che coinvolge forza, equilibrio e coordinazione dinamica dei movimenti della parte inferiore e superiore del corpo. Le prestazioni di un climber possono migliorare con la pratica costante, ma l'esecuzione precisa di una sequenza di arrampicata è un compito che anche un alpinista molto esperto può tipicamente completare solo dopo vari cicli di tentativi ed errori, con cambiamenti macroscopici in termini di efficienza energetica derivanti da piccole variazioni di postura quali il posizionamento non ottimale di un solo dito.

Un quadro più chiaro nella meccanica di arrampicata potrebbe essere acquisito misurando le forze di contatto del corpo dello scalatore e la parete.

Poco è stato fatto finora in questa direzione, principalmente a causa dell'elevato costo necessario alla strumentazione ad hoc di una parete artificiale.

Il problema dei costi si presenta come cruciale in questa applicazione, in quanto l'arrampicata sportiva è sport "povero", che richiede un limitato investimento allo sportivo e che, anche nell'agonismo non ha, al momento, grandi disponibilità economiche. Il dispositivo proposto quindi non si pone soltanto l'obiettivo del monitoraggio delle forze, ma anche quello, più arduo, di realizzare un'apparecchiatura con potenzialità di commercializzazione in questo settore.

Il dispositivo qui proposto è quindi un sistema a basso costo per monitorare la distribuzione di forza nello spazio e nel tempo durante l'attività di arrampicata a scopo sportivo, di riabilitazione funzionale o psicomotricità. Tale dispositivo fornisce le basi per una interpretazione scientificamente rigorosa della complessa meccanica del corpo durante l'attività di arrampicata sportiva, una visione che è tanto necessaria in uno sport che finora si basa esclusivamente sull'esperienza soggettiva. Una più chiara comprensione delle forze coinvolte nel gesto di arrampicata contribuirà a migliorare le strategie di formazione e tecnica, ridurre le possibilità di lesioni e facilitare l'approccio di un pubblico più vasto allo sport attività di arrampicata e sport all'aria aperta in generale.

Introduzione

L'arrampicata indoor viene praticata su strutture artificiali, che imitano le pareti di roccia. Si tratta di uno sport sempre più popolare negli ultimi anni, che è stato recentemente inserito nelle discipline olimpiche, di cui entrerà ufficialmente a fare parte dai prossimi Giochi del 2020. Una necessità sempre più espressa da parte dei praticanti di questo sport emergente riguarda la disponibilità di una tecnologia sostenibile per misurare le performance degli scalatori, supportata dalle esperienze acquisite dai praticanti durante questi decenni.

Il progetto

Nasce così il **Progetto MACLOC** (*Multi Axis Climbing LOad Cells*), sviluppato dalle prof.sse *Raffaella Sesana, Daniela Maffiodo* (DIMEAS – Politecnico di Torino), dal prof. *Alessandro Colombo* (DEIB – Politecnico di Milano) e dall'ing. *Ramon Maj* (esperto e appassionato di Free Climbing), insieme a 8 studenti (ovviamente tutti arrampicatori/camminatori) dell'Alta Scuola

Politecnica, iniziativa di eccellenza congiunta dei Politecnici di Torino e Milano. Il progetto è stato proposto dai docenti (che successivamente si sono limitati a svolgere un ruolo di supporto e supervisione) agli studenti che hanno scelto espressamente di parteciparvi, individuandolo in un vasto elenco di proposte, sviluppando l'idea di massima fornitura, l'organizzazione, la distribuzione, i ruoli, la piattaforma di scambio informativo, e godendo di grande autonomia organizzativa di gruppo.



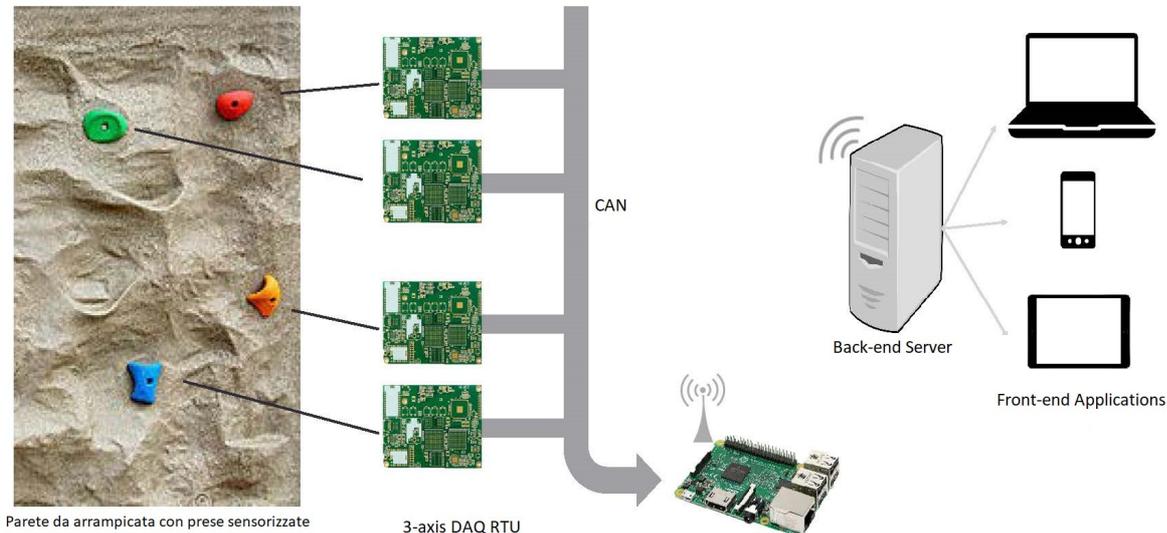
Il progetto è focalizzato sulla misurazione delle tre componenti della forza applicate dallo scalatore, mirato a misurarne la distribuzione nel tempo e nello spazio durante l'esercizio sportivo: ottimo per studiare l'evoluzione delle prestazioni di un atleta e confrontare i diversi approcci all'arrampicata. Quest'ultimo tipo di analisi si sta sviluppando notevolmente, ad esempio, in Giappone.

Si tratta di un settore "di nicchia", ma caratterizzato da una crescente attenzione da parte non solo dei praticanti e addetti ai lavori ma anche dei ricercatori e produttori di tecnologie evolute. È peraltro in fase di crescita la vendita delle pareti per arrampicata indoor, che tuttavia non sono sufficientemente strumentate (per ora non comprendono sensori, bensì soltanto led che si accendono al contatto con le mani del climber o che indicano un percorso specifico tra le prese sulla parete. La soluzione progettata, inoltre, potrebbe trovare ulteriori applicazioni negli ambiti del recupero funzionale e della psicomotricità infantile.

Obiettivo

Progettare e costruire un sensore in grado di misurare le tre componenti della forza applicate dallo scalatore nell'ambito della propria attività.

SYSTEM ARCHITECTURE



Tempi

Il progetto viene avviato nel giugno 2016, con i primi incontri di gruppo volti a individuare le specifiche generali. Nel mese successivo si svolgono un meeting estivo di studio e un brainstorming mirato sulla progettazione di sensori meccanici. Nell'ottobre 2016 viene progettata la prima iterazione di progetto del sistema di acquisizione dati e si effettuano i test preliminari sul prototipo. Nel dicembre 2016 si passa all'analisi e all'ottimizzazione FEM e viene effettuata la seconda iterazione di progetto del sistema DAQ. Ed eccoci a gennaio 2017, in cui si svolgono i test preliminari con i sensori meccanici e il prototipo del sistema DAQ. Nel marzo 2017 si tiene la quarta ottimizzazione dei sensori meccanici e della produzione. A luglio 2017 viene prodotto il PCB del DAQ e, infine, nell'agosto 2017 vengono effettuati i test finali e l'integrazione del sistema.

Stakeholders

Scalatori e allenatori, proprietari e gestori di strutture di arrampicata indoor, produttori di materiale per pareti di arrampicata, produttori di sistemi di acquisizione e di estensimetri.

Esigenze

Costi contenuti - Semplicità d'uso e d'implementazione - Load range & Sensibilità - Consistenza e affidabilità dei dati - Risposte in tempo reale - Durabilità.

Requisiti

- Lato gestore della palestra o istruttore di arrampicata: facilità d'implementazione sulle pareti di scalata esistenti; semplicità di gestione del software di acquisizione dei dati; facilità di manutenzione; costo contenuto.
- Lato atleta: indipendenza della misura nel rispetto dei punti di applicazione della forza; facilità di gestione e interpretazione dei dati.
- Requisiti tecnici: Errore di linearità: < 2% - Costo: < €100/p - Portata massima: 200 kg - Sensibilità: $10 \cdot 10^{-6} \text{ kg f}^{-1}$ - Risoluzione: < 1 kgf - Cross-talk tra carichi che agiscono in direzione ortogonale: < 5%.

Soluzione proposta

Un **sensore a cella di carico triassiale** incorporato in prese da arrampicata indoor e un **sistema di acquisizione dati personalizzato** per misurare le forze applicate durante l'arrampicata, con **un'interfaccia utente per la visualizzazione del miglioramento delle prestazioni** durante l'allenamento.



Rapporto fra costi e prestazioni



Design armonizzato per soddisfare requisiti tecnici



Contenuto peso e dimensioni



Il sensore

La geometria progettata, semplice ma efficace, consente una facile fabbricazione e resiste ai carichi operativi senza cedimenti. Il team è riuscito a progettare un sensore che non è visibile né percepito come diverso.

Metodo di progettazione

Selezionare i punti per l'esatto posizionamento degli estensimetri sulla superficie del sensore. Dimensionare il componente.

Individuare il rapporto ottimale tra sufficiente sensibilità e adeguata resistenza al massimo carico, conservando i requisiti di sicurezza nell'utilizzo.

Test sperimentale

L'obiettivo principale della procedura di test era quello di confermare i risultati analitici e ottenere un prototipo funzionante a scopo dimostrativo.

L'indipendenza dal punto di applicazione e il cross-talk minimo vengono verificati applicando carichi in posizioni e direzioni diverse.

Il carico sulla presa viene aumentato per fasi, allo scopo di verificare la **linearità**.

Il ruolo di HBM

Fondamentale è stato il contributo di HBM, leader riconosciuta nel settore dei sistemi di acquisizione dati di misura, che ha messo a disposizione non soltanto gli estensimetri utilizzati nello sviluppo dei nuovi sensori ma anche tutto il supporto del proprio specifico know-how, anche in forma di un vero e proprio corso di formazione.

Il rapporto di collaborazione (che possiamo tranquillamente definire come vera e propria partnership), offerto da un'azienda leader nel proprio settore, appare come una caratteristica fondamentale per garantire il successo di un progetto innovativo di ricerca, nel quale l'entusiasmo e la freschezza delle idee dei ricercatori si coniuga positivamente con l'esperienza e il know-how del partner tecnico, in funzione dell'effettivo ottenimento del risultato auspicato. Entrambe le componenti possono trarre importanti vantaggi da un metodo di lavoro che ottimizza le reciproche competenze al servizio del raggiungimento degli obiettivi.