



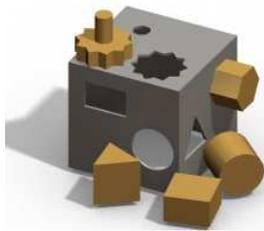
Istituto di Tecnologie Industriali e Automazione
Consiglio Nazionale delle Ricerche



MM&A

Micro Manipulation and Assembly

D1.1 / D1.2



SPECIFICHE CELLA DI LAVORO

LAYOUT DELLA CELLA, INTERFACCE HARDWARE E SOFTWARE, INGOMBRI, CARATTERISTICHE DEL TEST BED

PRESTAZIONI ATTESE DEI PROTOTIPI

HARDWARE E SOFTWARE

Documento interno		MM&A-PRIN2009-0002	
Progetto	PRIN2009	Coordinatore scientifico	Prof. Giovanni Legnani
Data	20/02/2012	N° pagine	17

6			
5			
4			
3			
2	Seconda emissione	UniBS	03/05/12
1	Prima emissione	UniBS	20/02/12
Rev.	Descrizione	Autore	Data

Indice

1	Unità operative.....	3
2	Attività di ricerca	4
2.1	Scopo della ricerca	4
2.2	Compiti delle unità.....	4
2.3	Tempistica del progetto	4
2.4	Caratteristiche generali dell'isola.....	5
2.4.1	Area e ciclo di lavoro.....	5
2.4.2	Pezzi da manipolare e loro sedi nelle zone di prelievo e deposito.....	6
2.4.3	Accoppiamento.....	8
2.4.4	Climatizzazione	9
2.5	Piattaforma di orientamento - UnivPM	9
2.5.1	Generalità	9
2.5.2	Calibrazione	9
2.6	Manipolatore - UniBG	10
2.6.1	Generalità	10
2.6.2	Area di lavoro e ingombro	10
2.6.3	Cicli di lavoro.....	10
2.7	Gripper - ITIA	11
2.8	Sistema visione - UniBS	12
2.8.1	Telecamere fisse	12
2.8.2	Telecamere mobili	12
2.9	Calibrazione - UniBS	12
2.10	Sistema di comunicazione tra i vari dispositivi - UniBS.....	13
2.10.1	Generalità.....	13
2.11	Climatizzazione e/o termostatazione dell'isola - UniBS.....	14
2.11.1	Generalità.....	14
3	Note finali	17
	Recapiti.....	17

1 Unità operative

Il progetto è sviluppato dalle seguenti unità operative:

SIGLA	NOME	RESPONSABILE
UniBS	Università degli Studi di Brescia	Prof. Giovanni Legnani
CNR - ITIA	Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Tecnologie Industriali e Automazione	Ing. Irene Fassi
UniBG	Università degli Studi di Bergamo	Prof. Paolo Righettini
UnivPM	Università Politecnica delle Marche	Prof. Massimo Callegari

2 Attività di ricerca

2.1 Scopo della ricerca

Scopo della ricerca è quello di sviluppare tecniche di afferraggio, manipolazione ed assemblaggio di oggetti con dimensioni submillimetriche. Come dimostratore finale verrà sviluppata una isola di micromanipolazione ed assemblaggio.

2.2 Compiti delle unità

Tutte le unità svilupperanno il progetto a suo tempo concordato e descritto nei modelli A e B ufficiali ovvero la realizzazione di una cella di assemblaggio di oggetti di piccola dimensione (il manipolatore prende i pezzi da una zona di prelievo e li inserisce nella faccia di un solido orientata verso l'alto da apposita piattaforma posta in una zona di deposito) con le seguenti responsabilità:

UniBS: coordinamento generale e realizzazione dell'isola, sistema di visione, calibrazione e climatizzazione

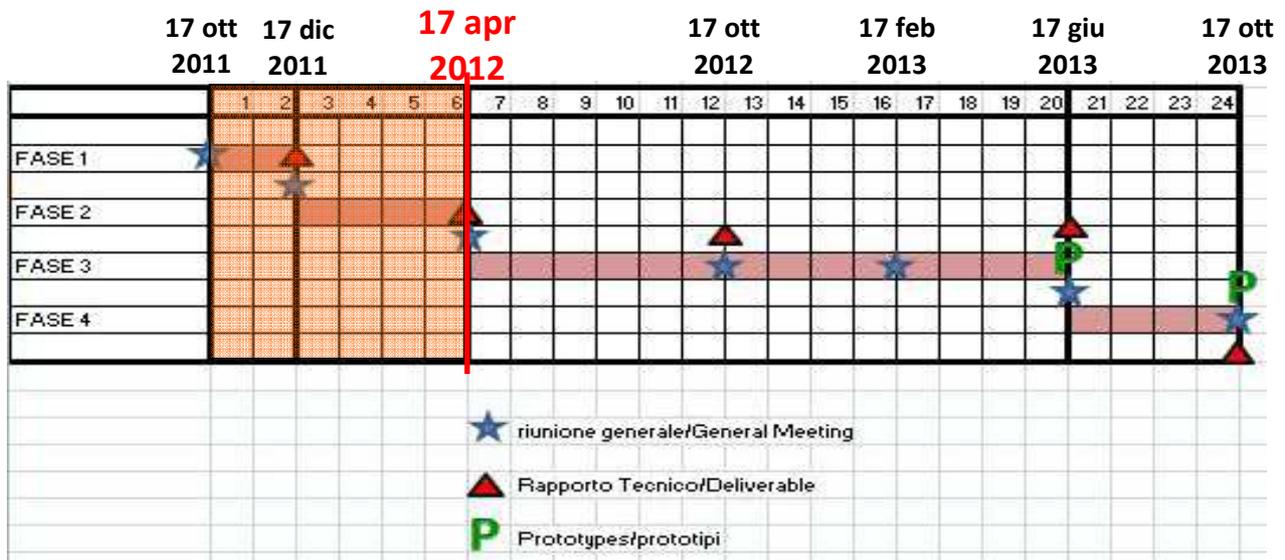
CNR - ITIA: realizzazione del gripper per micro oggetti

UniBG: realizzazione del manipolatore 4 assi $xyz\alpha$

UnivPM: realizzazione della piattaforma di orientamento a 2 gdl

Durante l'attività non ci si limiterà a realizzare dispositivi tradizionali, ma verranno ideati, studiati, sperimentati e sviluppati dispositivi innovativi.

2.3 Tempistica del progetto



Fase 1: Definizione dei requisiti funzionali e prestazionali

Fase 2: Metodologie di progetto e progetti di massima

Fase 3: Sviluppo prototipi e validazione sperimentale dei singoli dispositivi

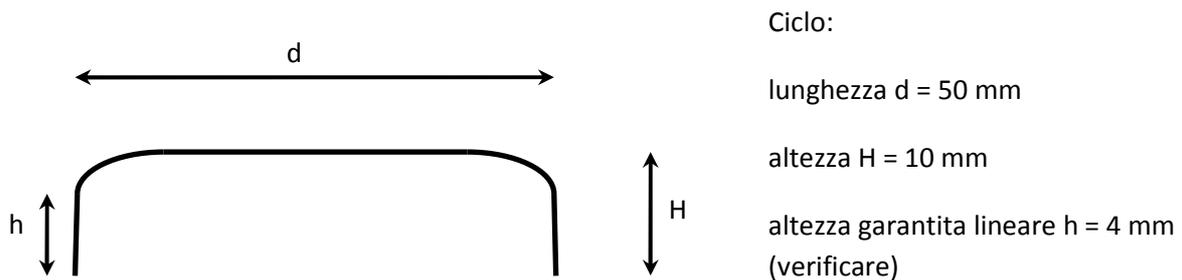
Fase 4: Integrazione e test dell'isola

2.4 Caratteristiche generali dell'isola

2.4.1 Area e ciclo di lavoro

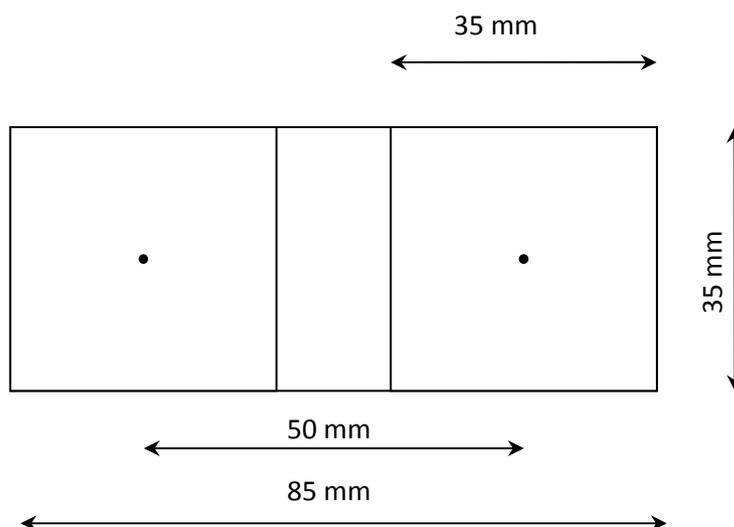
Il ciclo di pick-and-place e ritorno da realizzarsi è schematicamente rappresentato nella figura seguente.

Il tempo ciclo previsto dipende dal carico ed è indicativamente pari a circa un secondo con carico minimo. Maggiori dettagli sono indicati nella sezione relativa al manipolatore (il tempo ciclo non comprende il tempo per l'afferraggio e il rilascio del pezzo, ma solo il tempo di movimentazione - andata e ritorno).



Nell'area di lavoro ($35 \times 85 \text{ mm}^2$) sono individuate due aree di $35 \times 35 \text{ mm}^2$ in cui il manipolatore sarà calibrato (aree calibrate individualmente).

Una delle due zone sarà la zona di prelievo pezzi, mentre l'altra la zona di deposito pezzi. In quest'ultima zona verrà posta la piattaforma di orientamento.



2.4.2 Pezzi da manipolare e loro sedi nelle zone di prelievo e deposito

I pezzi da manipolare ed inserire nell'oggetto orientato dalla piattaforma saranno di una o più delle seguenti tipologie:

- sfere di diametro 1.2mm, 0.8mm, 0.5mm
- poligoni (o cerchi) di piccolo spessore (0.2mm) e diagonale pari a 1.2mm, 0.8mm o 0.5mm
- cilindretti di piccolo diametro (0.2mm) e lunghezza 2 mm

Attraverso la macchina per l'elettroerosione (μ EDM) che ITIA mette a disposizione, sarà possibile realizzare cilindretti di diametro fino a $20\mu\text{m}$ e relativo alloggiamento, ma sarà necessario verificare la possibilità di manipolare tali oggetti. Essi dovranno essere afferrabili e assemblabili con task 4 gdl. I cilindretti potranno essere disposti per l'afferraggio adagiati su un piano e inseriti in sedi rettangolari o infilati verticalmente in supporti che li mantengano verticali ed inseriti in fori circolari di diametro poco superiore a quello dei cilindretti.

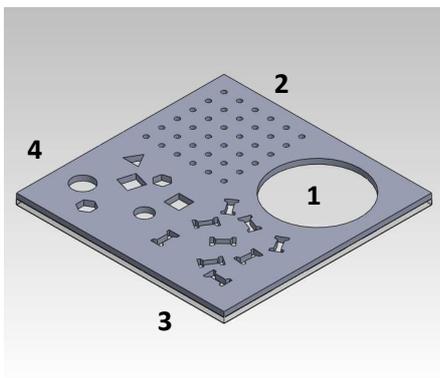
Tolleranze di realizzazione dei pezzi e dei relativi fori nei quali tali pezzi verranno inseriti verranno specificate in seguito quando si deciderà quale tipo di accoppiamento gestire (incerto, forzato o libero). In prima battuta si cercheranno di realizzare assemblaggi liberi.

Materiali da utilizzare: metallo, plastica (ma possibilmente anche altri materiali). La scelta del materiale è fortemente influenzata dal processo tecnologico disponibile per realizzare il componente (ad esempio, per μ EDM possono essere lavorati solo materiali conduttori).

La tipologia e il colore del materiale saranno scelti con cura in quanto questi parametri influenzano la tecnologia di presa e di riconoscimento (visione). Occorrerà verificare se sarà possibile individuare oggetti trasparenti (o quasi) tipo fibre ottiche e ferule.

Di seguito un'indicazione di come verranno realizzati il pallet nella zona di prelievo e le piramidi nella zona di deposito.

Pallet nella zona di prelievo



Il pallet sarà composto da due elementi. Sul lato superiore verrà posto un lamierino di materiale conduttore lavorato in μ EDM all'interno del quale verranno individuate:

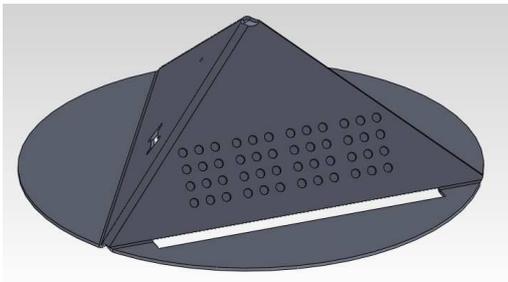
1. una zona libera dove inserire degli oggetti in ordine sparso per mettere alla prova l'algoritmo di pattern matching del sistema di visione
2. una zona dove inserire sfere o cilindri, eventualmente di dimensione o colore diverso, da movimentare secondo una logica di pallettizzazione

3. una zona dove poter mettere alla prova la capacità di orientare gli oggetti del dispositivo di movimentazione e presa
4. una zona dove geometrie simili ma di dimensioni leggermente diverse testano la capacità di risoluzione del sistema di visione

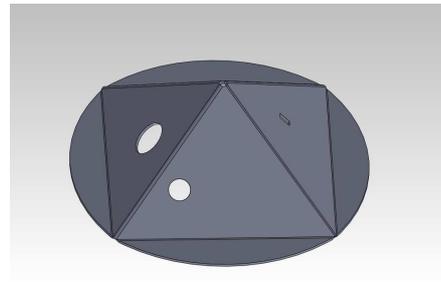
Sul lato inferiore invece verrà incollato un vetrino, al fine di rendere visivamente accessibile la zona di prelievo alla telecamera sottostante. Il pallet avrà anche un sistema di registrazione meccanico per poter essere allineato al piano ottico del sistema di visione.

Piramidi nella zona di deposito

Di seguito sono riportate le possibili configurazioni della piramide montata sulla piattaforma di orientamento di UnivPM. Ciascuna piramide, con base di lato 35mm (secondo specifiche di progetto), sarà cava e verrà realizzata a partire da un lamierino lavorato in μ EDM.

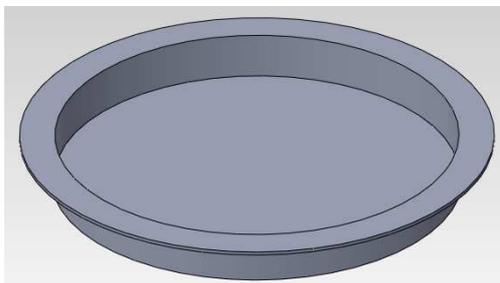


Piramide a base triangolare (spigolo di cubo)

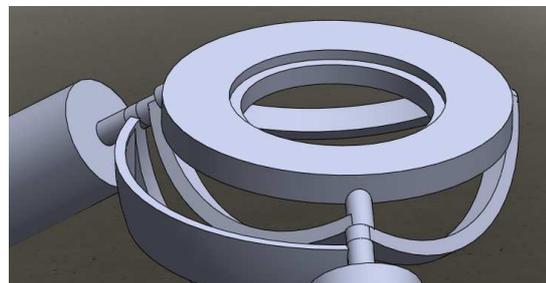


Piramide a base quadrata

Un bicchierino per contenere i micro-pezzi inseriti nei fori verrà accoppiato alla piramide nella sua parte inferiore ed entrambi verranno alloggiati all'interno della piattaforma mobile del dispositivo di orientamento. La possibilità di smontare agevolmente il bicchierino dalla piattaforma lasciando montata la piramide tornerà utile ogniqualvolta sarà necessario rimuovere i pezzi già depositati dato che ciò eviterà una nuova operazione di calibrazione.

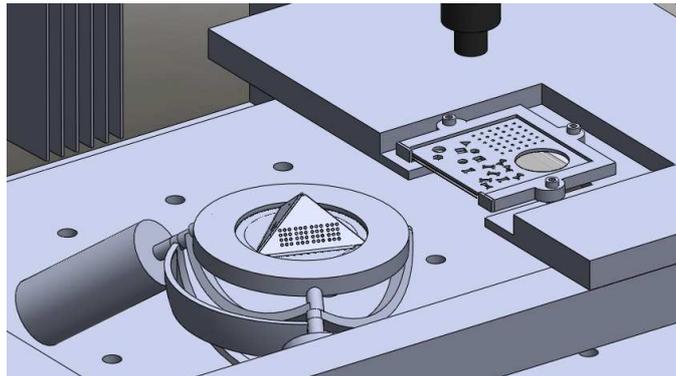


Bicchierino di raccolta pezzi



Modello della piattaforma di orientamento

Un primo schema di come verranno allestite le zone di prelievo e deposito è di seguito raffigurato.

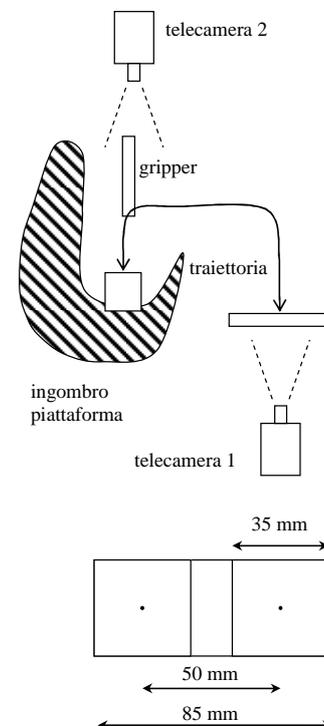
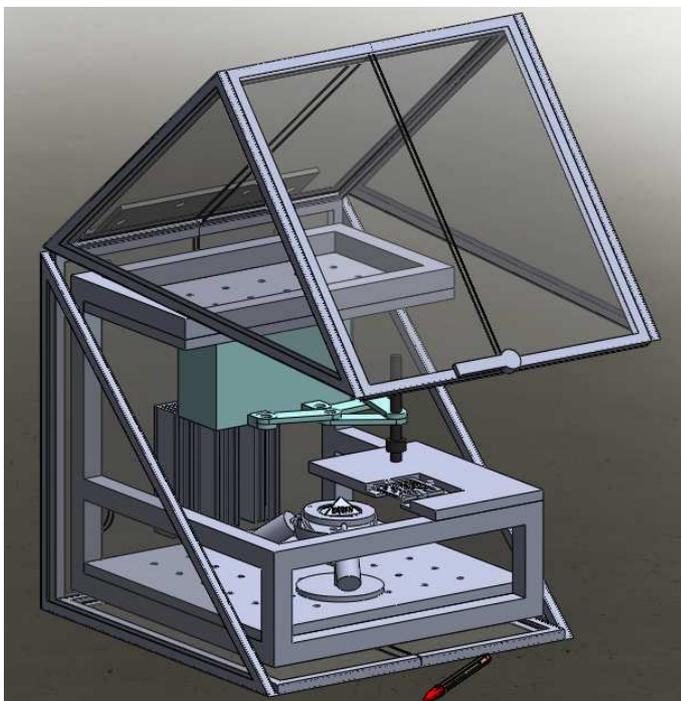


2.4.3 Accoppiamento

Le unità di ricerca forniranno nel più breve tempo possibile gli ingombri di piattaforma, gripper e manipolatore per garantire l'assenza di interferenze e di conseguenza la possibilità di gestire l'assemblaggio.

Sulla base di una serie di prime valutazioni e delle maschere di ingombro riportate da UniBG e UnivPM un primo layout della cella è stato scelto. Sicuramente tale layout subirà modifiche nel prosieguo del progetto dato il basso grado di dettaglio a cui si è giunti nella progettazione dei vari dispositivi. Ad ogni modo rappresenterà un buon punto di partenza.

Come si può notare, particolare attenzione verrà posta a dimensioni e peso dell'isola di micromanipolazione che verosimilmente dovranno risultare il più ridotti possibile.



Layout-ingombri di massima dell'isola di micromanipolazione ed assemblaggio

2.4.4 Climatizzazione

La cella avrà un sistema di climatizzazione e filtraggio aria per garantire condizioni di lavoro standard (temperatura, umidità, pulizia).

A tal proposito, una precisa definizione degli ingombri dei vari dispositivi e la loro disposizione agevolerà il corretto dimensionamento della cella stessa. Da notare che un eccesso di ingombri potrà rappresentare un aspetto negativo per la climatizzazione ambientale che potrà risultare disomogenea o difficilmente controllabile. *Si veda l'apposita sezione di questo documento.*

2.5 Piattaforma di orientamento - UnivPM

2.5.1 Generalità

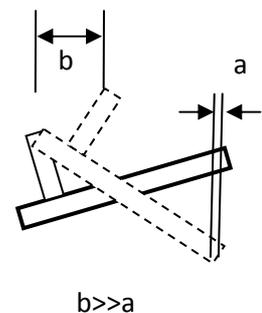
La piattaforma di orientamento (2 gdl) verrà progettata tenendo conto delle seguenti specifiche:

- piattaforma in grado di contenere e orientare solidi con diagonale pari circa a 35mm;
- capacità di presentare verso l'alto 3 diverse facce di un cubo o di una piramide;
- range di rotazione di 90° ($\pm 45^\circ$) rispetto a ciascun asse (il range effettivo sarà leggermente superiore per evitare problemi di fine corsa dei giunti attuati);
- copertura dello spazio di lavoro (90°) in un tempo $\leq 1s$ alla velocità massima;
- carico orientabile ad alta velocità equivalente alle proprietà inerziali di una sfera di raggio 10mm e massa 30g (materiale ipotizzato acciaio);
- carico orientabile a bassa velocità pari a 100g;
- risoluzione dell'ordine di 10^{-2} gradi;
- ripetibilità possibilmente dello stesso ordine di grandezza della risoluzione;
- l'ingombro globale della piattaforma (dotata di attuatori e di base di appoggio) è stimato in un cubo di lato 150mm;

Per maggiori informazioni su progetto di massima e architettura scelta consultare il [deliverable D2.2 \(PROGETTO DI MASSIMA DELLA MINI-PIATTAFORMA DI ORIENTAMENTO\)](#)

2.5.2 Calibrazione

La piattaforma disporrà di parti che fuoriescono dalla zona in cui verrà ancorato il pezzo da orientare in modo da rendere evidente la rotazione e poterla misurare con il dispositivo di visione. Ciò permetterà la calibrazione della piattaforma. La parte sporgente potrà essere fissata in maniera permanente o rimovibile-rimontabile in maniera ripetitiva. Dimensioni e forma di questa parte andranno studiate tenendo conto delle necessità dell'algoritmo di calibrazione e dei parametri del sistema di visione (vedi la profondità di campo).



2.6 Manipolatore - UniBG

2.6.1 Generalità

Il manipolatore avrà un'architettura a cinematica ibrida seriale/parallela ridondante. I movimenti nel piano xy saranno delegati ad una struttura parallela mentre i movimenti in Z e le rotazioni α saranno di tipo seriale. Il movimento Z sarà garantito mediante il primo asse prismatico che movimenterà l'intero telaio della struttura parallela.

La ripetibilità nell'area di lavoro sarà minore di 10 micron, mentre la risoluzione sarà di almeno 1 micron.

Il carico nominale alla pinza del manipolatore sarà di 50 g. Il manipolatore potrà tollerare un carico massimo di 100 g, senza che questo riduca la vita della parte meccanica e dei sistemi di azionamento. In corrispondenza del carico massimo, le prestazioni del manipolatore saranno notevolmente ridotte.

2.6.2 Area di lavoro e ingombro

Il campo di lavoro del manipolatore 4gdl conterrà un rettangolo di 35x85mm² circa. Lo spostamento verticale sarà di almeno 25mm.

Indicativamente, il manipolatore che coprirà quest'area di lavoro avrà nel piano xy un ingombro massimo di 200x150 mm².

2.6.3 Cicli di lavoro

Il ciclo di lavoro descritto nell'apposita sezione sarà eseguito con tempo di ciclo dipendente dal carico trasportato come di seguito specificato:

- ciclo veloce: 1 secondo, carico 10 g (1/5 del carico nominale)
- ciclo tipico: 2.25 secondi, carico nominale 50 g
- ciclo lento: 10 secondi, carico massimo 100g.

Il carico dichiarato comprenderà il dispositivo di presa ed i relativi sistemi di attuazione e sensorizzazione. A tal riguardo ITIA fornirà le loro forme, dimensioni e masse presumibili.

Per maggiori informazioni su progetto di massima e architettura scelta consultare il [deliverable D2.1 \(MICROMANIPOLATORE A 4-GDL PROGETTO DI MASSIMA\)](#)

2.7 Gripper - ITIA

ITIA studierà diversi sistemi di presa e ne realizzerà alcuni per le sperimentazioni pratiche: si prevede che verranno prese in considerazione diverse tipologie di gripper ovvero gripper meccanici, pneumatici, a capillarità ed elettrostatici.

Per i **gripper meccanici** verranno considerati quelli commercialmente disponibili. Attualmente si dispone di gripper abbastanza leggeri da poter essere sostenuti dal manipolatore realizzato da UniBG, ma con massima apertura della pinza limitata 100micron, mentre gripper con apertura di 400-500micron risultano essere troppo pesanti per il manipolatore.

Inoltre ITIA mette a disposizione alcune micro pinze realizzate in acciaio armonico tramite taglio laser con peso tra i 150 e i 250 mg; verrà studiato il modo di azionarle ricorrendo ad attuatori piezoelettrici che di norma non rendono il sistema di afferraggio troppo pesante. Da analisi preliminare si pensa che, utilizzando tali pinze, si potrà realizzare un sistema di presa con massa inferiore ai 50g.

Verranno sviluppati **gripper a vuoto** cercando di superare le limitazioni dovute alla difficoltà di rilascio del pezzo e all'alta cedevolezza del sistema di presa in direzione orizzontale. Tale cedevolezza rende infatti di difficile implementazione le operazioni di inserimento del componente in appositi alloggiamenti con rischio di un erroneo rilascio del componente stesso.

Verrà studiata una possibile miniaturizzazione del **gripper a capillarità**, compatibile con il manipolatore che dovrà supportarlo.

Per quanto riguarda i **gripper elettrostatici**, si dovrà valutare la fattibilità di un loro utilizzo dati i noti problemi di isolamento dovuti alle elevate tensioni in gioco (alcuni kV) e la presenza di cariche residue che impediscono il corretto distacco del pezzo in fase di rilascio. Ciononostante al momento sembra essere la soluzione più interessante dato il peso contenuto e la possibilità di essere attuato a distanza.

Per maggiori informazioni su soluzioni adottate e progetti di massima consultare il **deliverable D2.3 (PROGETTO DI MASSIMA DEI MICRO-GRIPPER)**

2.8 Sistema visione - UniBS

2.8.1 Telecamere fisse

Il sistema di **visione** sarà costituito da due telecamere fisse che inquadrano la zona di prelievo e quella di rilascio. Tali telecamere permetteranno di misurare la posizione degli oggetti con errore max pari a 1/10 della loro dimensione caratteristica. Gli ingombri saranno ottimizzati anche attraverso ottiche dedicate e/o specchi.

Il campo visivo sarà compreso tra $10 \times 10 \text{mm}^2$ e $35 \times 35 \text{mm}^2$ mantenendo costante una risoluzione spaziale pari a $20 \mu\text{m}$ attraverso una opportuna scelta di ottica e sensore. La profondità di campo sarà invece pari a 2mm.

2.8.2 Telecamere mobili

Verrà valutata anche la possibilità di installare un sistema di visione a bordo manipolatore, con scelta dei componenti per una eventuale progettazione. Si prenderanno contatti con un gruppo di ricerca all'interno dell'Università degli Studi di Bergamo che sta sviluppando in cooperazione con ST-Microelectronics l'elettronica di gestione di piccole telecamere in uso su cellulari. Le ridotte dimensioni rendono questo tipo di sistemi di visione adatto per l'uso a bordo del manipolatore. Tuttavia, occorrerà verificare le prestazioni in termine di risoluzione (640×480 pixel) e di campo visivo legato alle ottiche disponibili.

Per maggiori informazioni su soluzioni e configurazioni adottate consultare il [deliverable D2.4 \(PROGETTO DI MASSIMA DEI SISTEMI DI VISIONE E SUPERVISIONE\)](#)

2.9 Calibrazione - UniBS

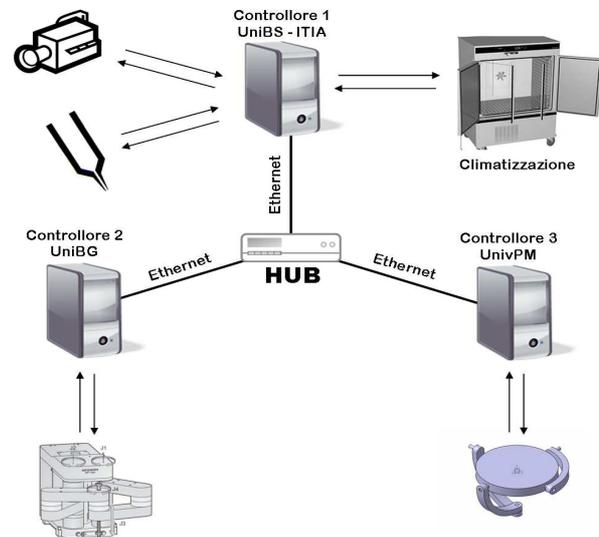
Nell'isola dimostrativa che verrà realizzata nella fase 4 il sistema di visione, il manipolatore e la piattaforma di orientamento verranno calibrati con tecniche che includono globalmente tutti gli aspetti cinematici del sistema. Verranno studiate e prese in considerazione anche modalità differenti.

2.10 Sistema di comunicazione tra i vari dispositivi - UniBS

2.10.1 Generalità

Ogni unità operativa realizzerà un controllore (PC, PLC o altro) che gestirà i dispositivi da essa curati. I vari dispositivi all'interno della cella dovranno al tempo stesso essere in grado di comunicare tra loro per coordinare i vari compiti.

Ciascuna unità di ricerca è lasciata libera di scegliere il sistema di comunicazione opportuno per far dialogare il proprio controllore con le relative periferiche. Tuttavia i vari controllori dovranno comunicare tra di loro attraverso stringhe alfanumeriche inviate su bus di comunicazione Ethernet, in virtù della facilità con cui possono essere create sessioni client e server nei più comuni ambienti operativi, della facilità di indirizzamento e della mancanza di specifiche real time tra i vari componenti della cella. Il requisito minimo sarà lo standard 100Base-T (due coppie di doppino di cat 5).



In un secondo tempo si deciderà l'architettura della rete e la struttura dati (pacchetto dati sul canale di trasmissione) a dimensione fissa o variabile.

Ad ogni modo si svilupperà un sistema di comunicazione basato su un semplice scambio di informazioni e ordini. Si prevedono ordini di movimentazione "punto-punto" o in traiettoria che possano essere gestiti individualmente dal manipolatore e/o dalla piattaforma senza necessità d'interazione tra le due.

Ogni dispositivo sarà dotato di un numero identificativo (ad es. manipolatore=1, piattaforma d'orientamento=2,...) utilizzato per indirizzare il destinatario ed il mittente e verranno standardizzati dei "telegrammi" di comunicazione. Per il momento si definisce in termini generali il formato logico dei telegrammi, i dettagli implementativi verranno definiti in un secondo momento.

Ogni comando avrà una opportuna codifica numerica ed eventuali parametri.

Si svilupperà un sistema in cui un dispositivo di supervisione (un PC o un PLC) master potrà inviare ordini ai dispositivi slave e richiedere ad essi la conferma dell'avvenuta esecuzione o informazioni sul loro stato.

Per maggiori informazioni consultare il [documento D2.5 \(PROGETTO DEL SISTEMA DI COMUNICAZIONE\)](#)

2.11 Climatizzazione e/o termostatazione dell'isola - UniBS

2.11.1 Generalità

Data la necessità di disporre di geometrie e dimensioni definitive dei dispositivi all'interno della cella di micromanipolazione, informazioni queste che i progetti di massima di questa fase del PRIN non sono ancora in grado di dare, nei prossimi mesi si seguiranno due vie di sviluppo differenti ma complementari.

Da un lato si studieranno le soluzioni progettuali per l'allestimento della cella definitiva. Questo avverrà mano a mano che si avranno maggiori informazioni su manipolatore, piattaforma di orientamento e sistema di visione (in primo luogo i carichi termici) e quindi sarà possibile definire ingombri e interfacce meccaniche necessarie per alloggiare tali dispositivi nel contenitore. Dall'altro lato si realizzerà un banco prova per caratterizzare il sistema di climatizzazione/termostatazione scelto, investigarne le potenzialità ed eseguire delle prove in condizioni ripetitive e costanti.

Si valuterà la possibilità di simulare condizioni di transitorio, eventualmente variabili ciclicamente e/o effettuare prove in diverse condizioni standard e/o estreme. Tuttavia in un primo momento ci si concentrerà sull'effettuazione di prove in condizioni statiche standard (20 gradi Celsius, umidità inferiore al 10%).



Il sistema sarà costituito da:

- modulo con cella di Peltier (con annesso eventuale sistema per contenere i gradienti termici nella zona di lavoro)
- sensori di temperatura ed umidità della serie ChipCap GE
- scheda di acquisizione Arduino UNO

Questi componenti, ad eccezione del modulo di Peltier per cui si prevede un upgrade in linea con le specifiche tecniche dei dispositivi sviluppati dalle altre unità di ricerca, saranno in un secondo momento utilizzati per allestire la cella definitiva.

In una prima fase infatti la strumentazione sopra raffigurata verrà testata stand alone all'interno di un contenitore progettato per essere isolato termicamente e su cui fare le prime prove di termostatazione.



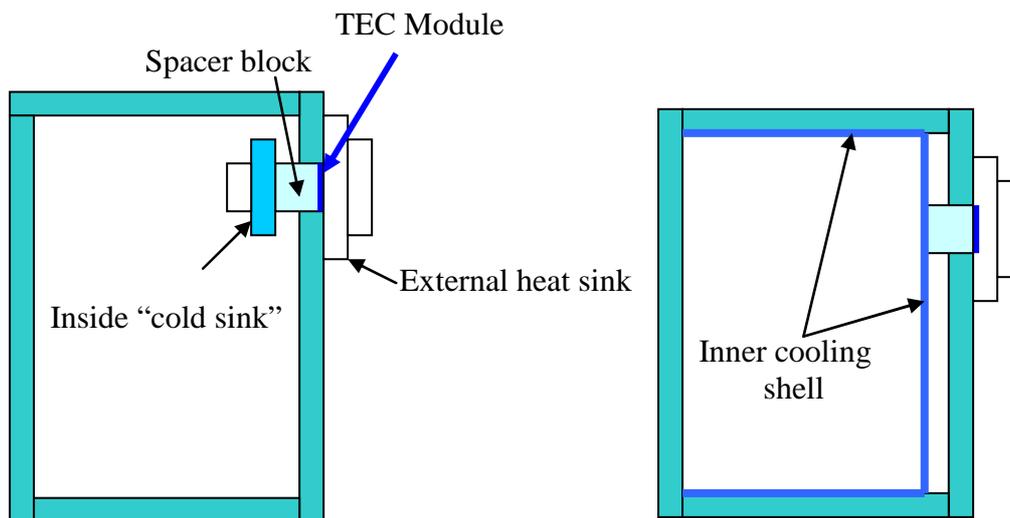
Di fianco un'immagine di questo primo banco prova.

Tale contenitore sarà realizzato con profilati di alluminio e pannelli in plexiglass disposti in modo tale da ridurre al minimo l'influenza dei ponti termici sul sistema. Una pannellatura doppia permetterà di limitare la dissipazione del calore e di prevedere, laddove ce ne fosse bisogno, l'inserimento di materiale isolante nell'intercapedine (i.e. poliuretano espanso).

L'utilizzo di profilati aggiuntivi renderà possibile la collocazione di più fonti di calore (i.e. resistenze) e di più sensori all'interno del contenitore stesso. Ciò permetterà, alla luce delle scelte progettuali delle altre unità, di simulare la presenza dei dispositivi nella cella e quindi monitorare transitori termici e umidità.

Su un lato del contenitore verrà ricavata una tasca per l'alloggiamento del modulo di Peltier mentre la faccia superiore fungerà da coperchio.

Al fine di ridurre le correnti d'aria e garantire una buona omogeneità dei valori termici all'interno della cella le seguenti soluzioni progettuali verranno valutate sul lato freddo del modulo e una di esse verrà adottata come punto di partenza per la versione definitiva della cella.



Soluzione A (dissipatore con ventola a bassa velocità)

Soluzione B (guscio in alluminio)

Per quanto riguarda l'umidità: in parte verrà ridotta mediante l'utilizzo di silica gel/sali ovvero materiali in grado di miscelare acqua con aria e in parte la ritroveremo sottoforma di condensa sulle pareti a contatto con il lato freddo del modulo di Peltier.

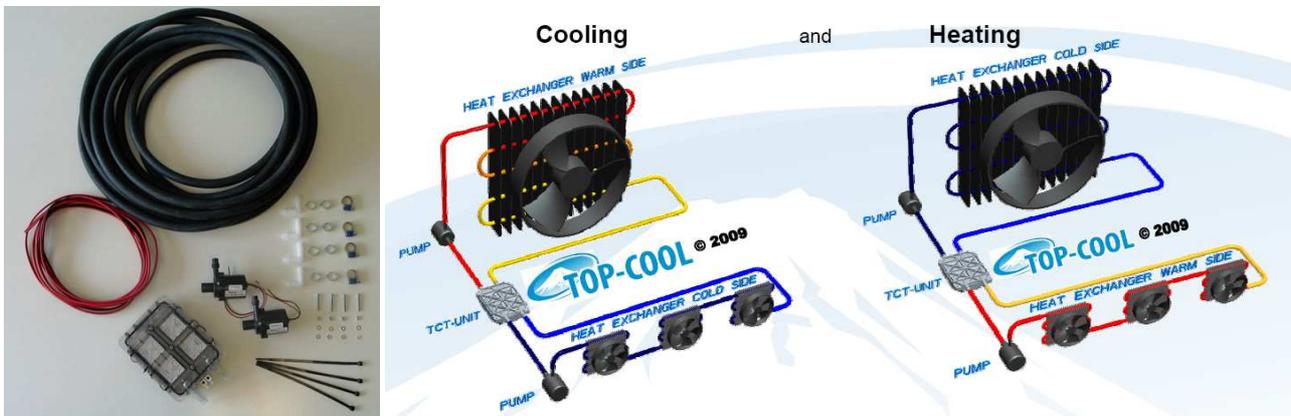
Infine, per quanto concerne il filtraggio dell'aria, le prime prove sperimentali di presa di micro-oggetti ci aiuteranno a capire se sarà necessario acquistare un dispositivo dedicato. Al momento, per le dimensioni trattate dal PRIN, possiamo dire che tale strumento potrebbe non essere essenziale, anche se potrebbe tornare utile in ricerche future che coinvolgono componenti di dimensioni più limitate.

Una volta definito il sistema di climatizzazione/termostatazione verranno eseguite delle prove di movimentazione. Questo avverrà inserendo nella cella tutti i dispositivi del sistema di visione nella loro versione definitiva (telecamere, illuminatori) nonché un manipolatore a 4 gradi di libertà con caratteristiche

molto simili a quello che l'unità di Bergamo sta sviluppando. Questo ci permetterà di passare dallo studio di valori simulati all'analisi di distribuzioni di calore ed umidità con valori più vicini alla realtà.

Il sistema di climatizzazione/termostatazione sarà gestito o dallo stesso controllore del sistema di visione attraverso bus di comunicazione Ethernet con algoritmo di controllo sviluppato in ambiente LabVIEW o in modalità embedded con il linguaggio di programmazione proprio della scheda Arduino.

In una seconda fase, in seguito all'analisi dei risultati ottenuti dalle sperimentazioni precedentemente descritte, si valuterà la necessità o meno di convergere, per la realizzazione della cella definitiva, verso un sistema più performante come quello di seguito raffigurato. Tale sistema, utilizzando un fluido, l'acqua, come vettore termico per trasferire calore verso l'esterno, permette di posizionare la cella di Peltier e il guscio in plastica che la avvolge, ben distante dalla zona di lavoro e al tempo stesso garantisce maggiore dissipazione termica e una maggiore facilità di inversione di flusso di calore.



Per limitare vibrazioni sul sistema di manipolazione potrà essere necessario prevedere un sistema di isolamento dalle stesse: per il momento si è pensato di fornire il contenitore con dei piedini antivibranti.

3 Note finali

Tutte le pubblicazioni realizzate che abbiano soggetto riconducibile a MM&A devono menzionare il progetto e il cofinanziamento MIUR.

Possibilmente aggiungere un paragrafo finale: *AKNOWLEDGEMENT the research has been developed in relation with the project MM&A MicroManipulation and Assembly supported by MIUR, the Italian research minister for research, as a part of the program Prin 2009.*

E' altresì importante che ogni gruppo di ricerca citi le pubblicazioni dei partner. Per questo ogni unità che produce una pubblicazione pertinente dovrà avvertire le altre.

Recapiti

UR	Nome	mail	telefono	skype
UniBS	Giovanni Legnani	giovanni.legnani@ing.unibs.it	030-3715425 320 85 97 330 333 52 52 937	giovanni.legnani
	Alberto Borboni Andrea Gabrielli	alberto.borboni@ing.unibs.it andrea.gabrielli@ing.unibs.it	030 3715 401	andrea.gabrielli.skype
ITIA-CNR	Irene Fassi	irene.fassi@itia.cnr.it		irenefassi
	Gianmauro Fontana	gianmauro.fontana@itia.cnr.it		giugo.1
	Claudia Pagano	claudia.pagano@itia.cnr.it		cla.pagano
	Serena Ruggeri	serena.ruggeri@ itia.cnr.it		europesee
UniBG	Paolo Righettini	paolo.righettini@unibg.it		paolo.righettini
	Bruno Zappa	bruno.zappa@unibg.it		
UnivPM	Massimo Callegari	m.callegari@univpm.it	071 220 4444	massimocallegari
	Giacomo Palmieri	g.palmieri@univpm.it	333 910 5533	giacomo.palmieri
	Matteo Palpacelli	m.palpacelli@univpm.it		
	Luca Carbonari	l.carbonari@univpm.it	071 220 4748	