



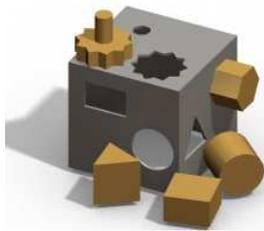
Istituto di Tecnologie Industriali e Automazione
Consiglio Nazionale delle Ricerche



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-PRIN2009-0001	
Progetto	PRIN2009	Coordinatore scientifico	Prof. Giovanni Legnani
Data	20/02/2012	N° pagine	17

6			
5			
4			
3			
2			
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.....	6
2.4.3	Accoppiamento	6
2.4.4	Climatizzazione	6
2.5	Piattaforma di orientamento - UnivPM	8
2.5.1	Generalità	8
2.5.2	Architettura	8
2.5.3	Calibrazione	10
2.6	Manipolatore - UniBG	11
2.6.1	Generalità	11
2.6.2	Area di lavoro e ingombro.....	11
2.6.3	Cicli di lavoro	11
2.7	Gripper - ITIA	12
2.8	Sistema visione - UniBS	13
2.8.1	Telecamere fisse	13
2.8.2	Telecamere mobili	13
2.9	Calibrazione - UniBS	13
2.10	Sistema di comunicazione tra i vari dispositivi - UniBS	13
2.10.1	Generalità	13
2.10.2	Manipolatore.....	14
2.10.3	Piattaforma di orientamento.....	15
2.10.4	Gestore gripper	15
2.11	Climatizzazione e/o termostatazione dell'isola - UniBS	15
2.11.1	Generalità	15
2.11.2	Aspetti di progettazione	16
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

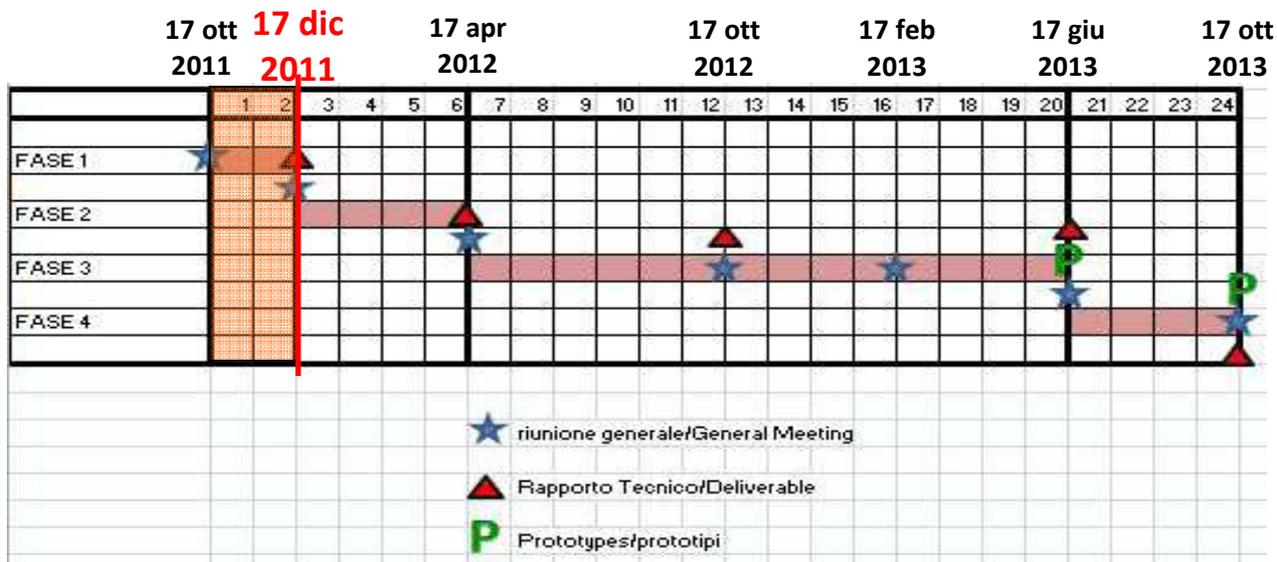
CNR - ITIA: realizzazione del gripper per micro oggetti

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

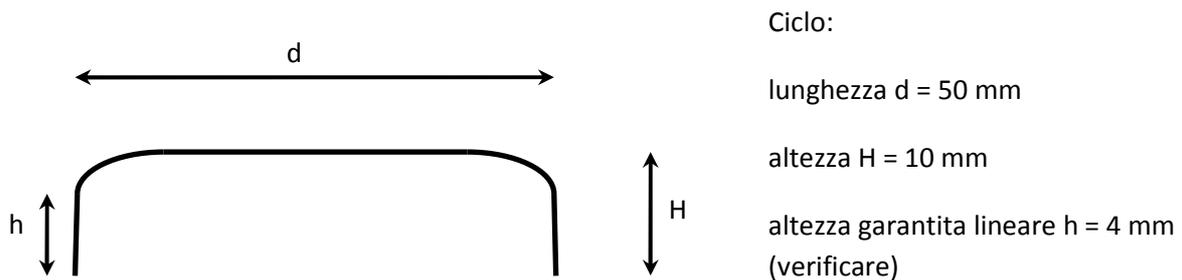
Fase 4: Integrazione e test dell'isola

2.4 Caratteristiche generali dell'isola

2.4.1 Area e ciclo di lavoro

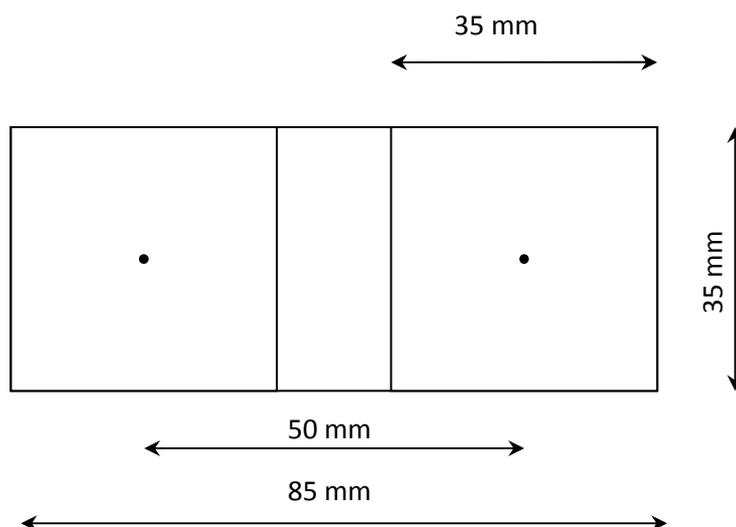
Il ciclo di pick-and-place e ritorno da realizzarsi è schematicamente rappresentato nella figura seguente.

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

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 μ 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.

2.4.3 Accoppiamento

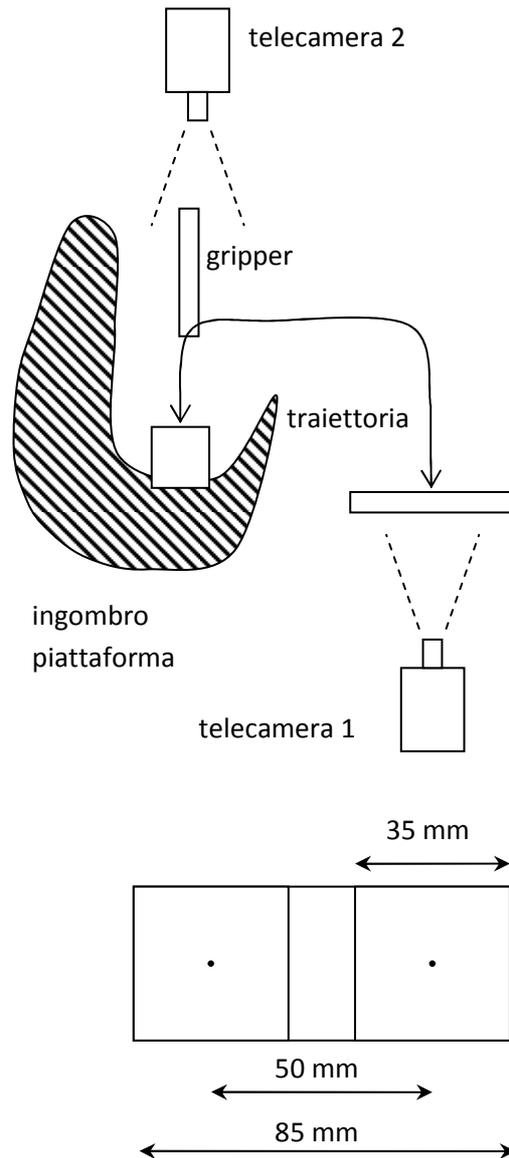
Le unità di ricerca forniranno nel più breve tempo possibile gli ingombri di piattaforma, gripper e manipolatore per garantire l'assenza di interferenze e di conseguenza la possibilità di assemblaggio.

A tal fine ogni gruppo studierà nel dettaglio questo aspetto producendo una maschera d'ingombro previsto. Il sistema scelto avrà dimensioni limitate, pertanto è estremamente utile compattare il più possibile gli ingombri dei differenti dispositivi (chiaramente senza limitare troppo lo spazio di lavoro).

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.*



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

Ogni unità deve comunicare ad UniBS le maschere di ingombro 3D dei propri dispositivi.

2.5 Piattaforma di orientamento - UnivPM

2.5.1 Generalità

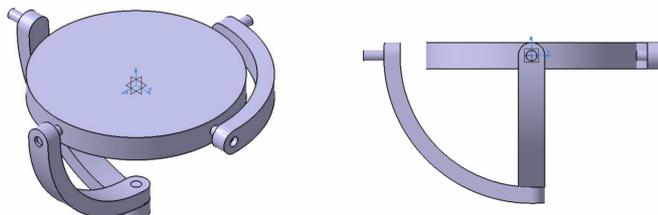
La piattaforma di orientamento verrà progettata tenendo conto delle seguenti specifiche:

- 2 gdl di rotazione;
- 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 alloggiati sulla piattaforma;
- range di rotazione di $90^\circ (\pm 45^\circ)$ 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, paragonabile al peso di una convenzionale cassa di orologio da 35mm in acciaio;
- 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;

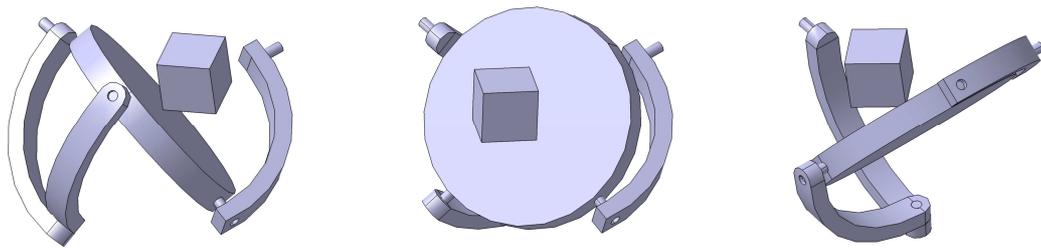
2.5.2 Architettura

Verranno analizzate due distinte possibili configurazioni (configurazione A, configurazione B) che si differenziano per la posizione del centro sferico rispetto alla piattaforma (in un primo caso posizionato al centro della piattaforma, in un secondo caso traslato verso l'alto della metà dell'altezza dell'oggetto da manipolare). Verrà valutata la possibilità di inserire un dispositivo per traslare la piattaforma in direzione uscente da essa e avvicinarla o allontanarla dal punto comune attorno al quale avvengono le rotazioni. Detta traslazione sarà ripetibile.

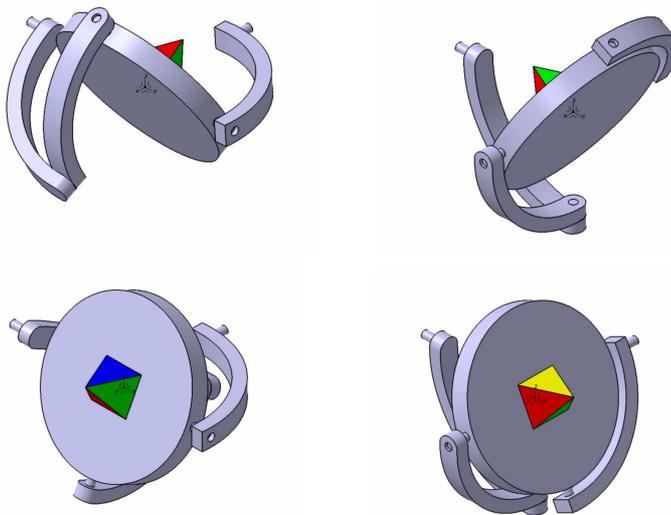
Vengono riportate alcune figure per illustrare le possibili architetture cinematiche:



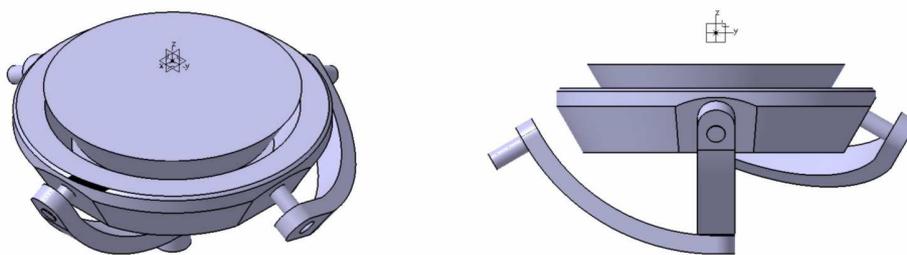
Configurazione A



Cubo: tre facce distinte vengono orientate verso l'alto con giacitura sul piano orizzontale



Piramide: quattro facce distinte vengono orientate verso l'alto con giacitura sul piano orizzontale



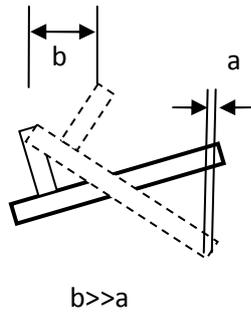
Configurazione B

Gli ingombri della piattaforma saranno studiati per far sì che, qualsiasi sia il suo orientamento, le parti sporgenti non interferiscano con il sistema di presa o con il robot quando questo si avvicina e allontana dalla piattaforma.

La soluzione cinematica indicata potrà essere modificata da UnivPM purchè in rispetto degli obiettivi funzionali descritti.

2.5.3 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).



Le dimensioni dei dettagli di calibrazione andranno concordati con UniBS.

2.6 Manipolatore - UniBG

2.6.1 Generalità

Il manipolatore avrà presumibilmente un'architettura a cinematica ibrida seriale/parallela e/o ridondante. Indicativamente i movimenti nel piano xy saranno delegati ad una struttura parallela mentre i movimenti in Z e le rotazioni α saranno di tipo seriale. Per il movimento Z si valuterà se realizzarlo come primo asse prismatico che movimenta 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 $35 \times 85 \text{ mm}^2$ 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 $200 \times 150 \text{ mm}^2$.

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.

Al momento si prevede di realizzare un sistema ridondante con una slitta che muova un manipolatore con struttura cinematica a pentalatero il cui gripper possa essere movimentato con asse verticale cilindrico a 2 gradi di libertà (traslazione e rotazione). Tuttavia la struttura potrà essere modificata a discrezione di UniBG, purché in rispetto degli obiettivi funzionali descritti.

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.

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.

2.9 Calibrazione - UniBS

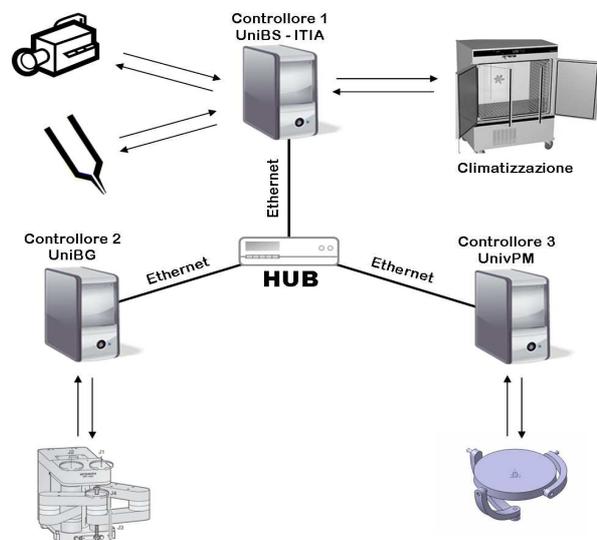
Nell'isola dimostrativa che verrà realizzata nella fase 4 il sistema di visione, il manipolatore e la piattaforma di orientamento verranno calibrati con tecniche che includono globalmente tutti gli aspetti cinematici del sistema. Verranno studiate e prese in considerazione anche modalità differenti.

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.

2.10.2 Manipolatore

A titolo esemplificativo e non limitativo il manipolatore dovrà essere in grado di ricevere i seguenti telegrammi e comportarsi di conseguenza:

Inizializza (senza parametri): il manipolatore si riporta in condizioni standard (posizione prefissata, velocità nulla).

SetVelocità (valore): le successive movimentazioni avverranno con la velocità specificata (unità di misura da definire).

MuoviA (x, y, z, alpha): il manipolatore si muove alla posizione indicata con traiettoria libera.

MuoviLineare (x, y, z, alpha): il manipolatore si muove alla posizione indicata con traiettoria lineare.

MuoviIncrementale (dx, dy, dz, dalpha): il manipolatore si muove della quantità indicata con traiettoria libera.

MuoviLineareInc (dx, dy, dz, dalpha): il manipolatore si muove della quantità indicata con traiettoria lineare.

MuoviPickPlace (x, y, z, alpha, Zmin): il manipolatore si muove alla posizione indicata con traiettoria "pick and place": il manipolatore si alza con traiettoria verticale rettilinea almeno fino alla quota Zmin senza azionare gli altri gradi di libertà, poi raggiunge il valore predefinito per x, y e alpha, quindi si abbassa verticalmente fino alla quota richiesta z.

GetPosition: il manipolatore informa circa la sua posizione (x, y, z e alpha) e la sua velocità.

GetStatus: il manipolatore segnala se si trova in stato normale fermo, in stato normale in movimento o di errore restituendo un apposito codice.

Una volta eseguito un comando di movimento, il manipolatore invierà un messaggio di conferma di raggiungimento dell'obiettivo o un messaggio di errore.

2.10.3 Piattaforma di orientamento

Inizializza (senza parametri): il manipolatore si riporta in condizioni standard (posizione prefissata, velocità nulla).

SetVelocità (valore): le successive movimentazioni avverranno con la velocità specificata (unità di misura da definire).

MuoviA (alpha, beta): la piattaforma si muove alla posizione indicata con traiettoria libera.

MuoviLineare (alpha, beta): la piattaforma si muove alla posizione indicata con traiettoria lineare.

MuoviIncrementale (dalphi, dbeta): la piattaforma si muove della quantità indicata con traiettoria libera.

MuoviLineareInc (dalphi, dbeta): la piattaforma si muove della quantità indicata con traiettoria lineare.

GetPosition: la piattaforma informa circa la sua posizione (alpha, beta) e la sua velocità.

GetStatus: la piattaforma segnala se si trova in stato normale fermo, in stato normale in movimento o di errore restituendo un apposito codice.

Una volta eseguito un comando di movimento, la piattaforma invierà un messaggio di conferma di raggiungimento dell'obiettivo o un messaggio di errore.

2.10.4 Gestore gripper

ApriGripper (senza parametri): rilascio passivo oggetto (ad es. cessazione depressione in gripper pneumatici, o apertura pinza).

Espelli (senza parametri): rilascio attivo dell'oggetto (ad es. pressione positiva in gripper pneumatici).

ChiudiGripper (senza parametri): afferra oggetto.

GetStatus: il gripper segnala se si trova in stato normale aperto, in stato normale chiuso o di errore restituendo un apposito codice.

2.11 Climatizzazione e/o termostatazione dell'isola - UniBS

2.11.1 Generalità

Si studierà il modo di termostatare e/o climatizzare l'isola racchiudendola in un contenitore isolato. Questo consentirà di eseguire le prove in condizioni ripetitive e costanti. Si valuterà la possibilità di produrre 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%).

La scelta di autocostruire il dispositivo di termostatazione allungherà i tempi di realizzazione ma ridurrà sensibilmente i costi e renderà il sistema più idoneo alle nostre necessità.

Per il controllo della temperatura si utilizzeranno dei moduli ad effetto Peltier (o altro sistema ritenuto idoneo) con affiancata una batteria di ventole a bassa velocità, al fine di ridurre le correnti d'aria create da una singola ventola ed evitare disomogeneità termiche.

Per quanto riguarda l'umidità, questa sarà assorbita tramite silica gel/sali ovvero materiali in grado di miscelare acqua con aria.

Infine, per il filtraggio dell'aria si valuterà l'acquisto di un apposito dispositivo che potrebbe tornare utile in ricerche future che coinvolgano componenti di dimensioni più limitate.

Ogni unità deve comunicare a UniBS il carico termico prevedibilmente generato dai propri dispositivi nelle diverse condizioni operative.

2.11.2 Aspetti di progettazione

Architettura interna. Sarà importante evitare pannelli "pieni" e prediligere pannelli "a griglia", per lasciar circolare l'aria.

Attacchi telaio. Bisognerà definire bene le interfacce meccaniche tra dispositivo e ambiente esterno, in quanto saranno fatte realizzare ad hoc dal produttore.

Peso. Il sistema di manipolazione dovrà essere abbastanza leggero, in quanto i sistemi termostatici non sono generalmente realizzati per contenere elementi pesanti.

Vibrazioni. Si potrebbero trasmettere vibrazioni dal sistema termostatico al sistema di manipolazione e viceversa, pertanto potrà essere necessario limitare le vibrazioni generate e prevedere un sistema di isolamento dalle vibrazioni.

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 paragrafetto 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	