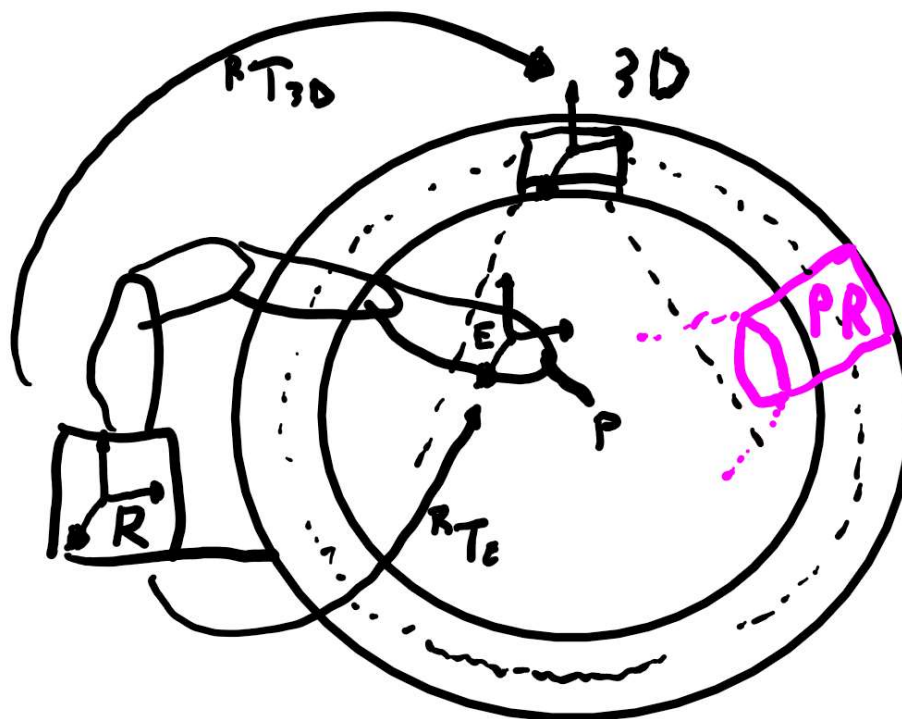


- 1) Scrivere su ciascun foglio protocollo consegnato dal docente: data, nome, cognome e numero di matricola. Riconsegnare tutti i fogli consegnati dal docente indicando quali sono i fogli di bella che saranno gli unici a essere valutati. Non sarà valutato quanto sarà scritto su questo foglio.
- 2) E' consentito l'utilizzo solo di: fogli forniti, penna, righello, calcolatrice (che non offra la possibilità di memorizzare formule). A chi fosse trovato altro materiale sarà annullata la prova automaticamente e inderogabilmente.
- 3) La prova sarà istantaneamente e inderogabilmente annullata anche a chi fosse colto a parlare con gli altri candidati. E' consentito parlare solo col docente.
- 4) Tutte le misure sono espresse in mm.

TESTO DELLA PROVA

Una procedura chirurgica è guidata ed eseguita utilizzando un dispositivo come quello in figura che integra:

- a) Uno scanner 3D di tipo "Cone beam CT" in grado di acquisire sia immagini volumetriche 3D che bidimensionali 2D; b) un braccio robotico R ; c) un proiettore PR .



Quesito 1 (Punti 6)

E' nota la matrice di calibrazione ${}^R T_{3D}$ e la posizione della punta di una fresa ${}^E p$ fissata sul robot nel sistema di riferimento del suo ultimo link. Determinare quale debba la posa relativa ${}^R T_E$ da imporre sul robot affinché la punta si posizioni su un target ${}^{3D} t$ definito nel sistema di riferimento 3D.

Quesito 2 (Punti 6)

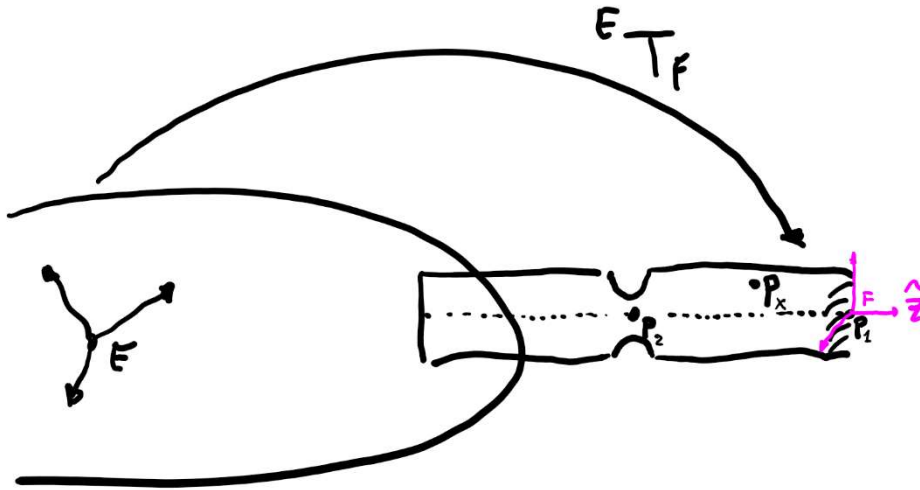
Descrivere una procedura corredata dagli opportuni calcoli per calibrare la punta di una nuova fresa andandone a determinare (anche in questo caso) le coordinate della punta p_n nel sistema di riferimento dell'ultimo link ${}^E p_n$. Utilizzare solo i dispositivi descritti (il proiettore non serve) e considerare che la posizione della punta della fresa è visibile nello scanner volumetrico 3D.

Quesito 3 (Punti 6)

Per eseguire delle fresature seguendo una pianificazione, non basta conoscere e guidare la punta della fresa, ma deve essere impostato anche il suo orientamento. A tal fine, ad ogni istante è necessario guidare il robot affinché la fresa assuma una determinata posa:

$${}^3DT_f = \begin{bmatrix} \hat{x} & \hat{y} & \hat{z} & t \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

dove \hat{z} coincide con l'asse principale della fresa, come mostrato in figura, mentre \hat{x} e \hat{y} contribuiscono a formare una terna ortonormale (che ruoterà al ruotare della fresa ed il cui orientamento lungo \hat{x} e \hat{y} non è tracciato né necessario).



Descrivere una procedura di calibrazione corredata dagli opportuni calcoli per determinare la matrice di calibrazione ET_f tenendo conto che tramite lo scanner 3D è possibile identificare: i punti p_1 e p_2 che giacciono sull'asse principale della sonda, con p_1 in punta, ed il punto p_x disassato rispetto all'asse principale.

Quesito 4 (Punti 6)

La matrice di proiezione dello scanner cone beam espressa in pixel è la seguente:

$$K = \begin{bmatrix} 625 & 0 & 500 \\ 0 & 625 & 500 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Considerando che le immagini sono acquisite con risoluzione pari a 1000x1000 pixel, a quale distanza minima dal centro di proiezione deve essere posta la testa del paziente -considerando un diametro max di 25 cm- affinché sia completamente visibile in un'immagine 2D?

Quesito 5 (Punti 6)

Volendo utilizzare il proiettore PR per mostrare al chirurgo dei punti o traiettorie coerentemente riferite alla superficie esposta del paziente (cute o ossa a seconda delle fasi dell'intervento), quali calibrazioni è necessario effettuare e perché? NB: non è strettamente necessario descrivere le modalità di esecuzione delle procedure di calibrazione.