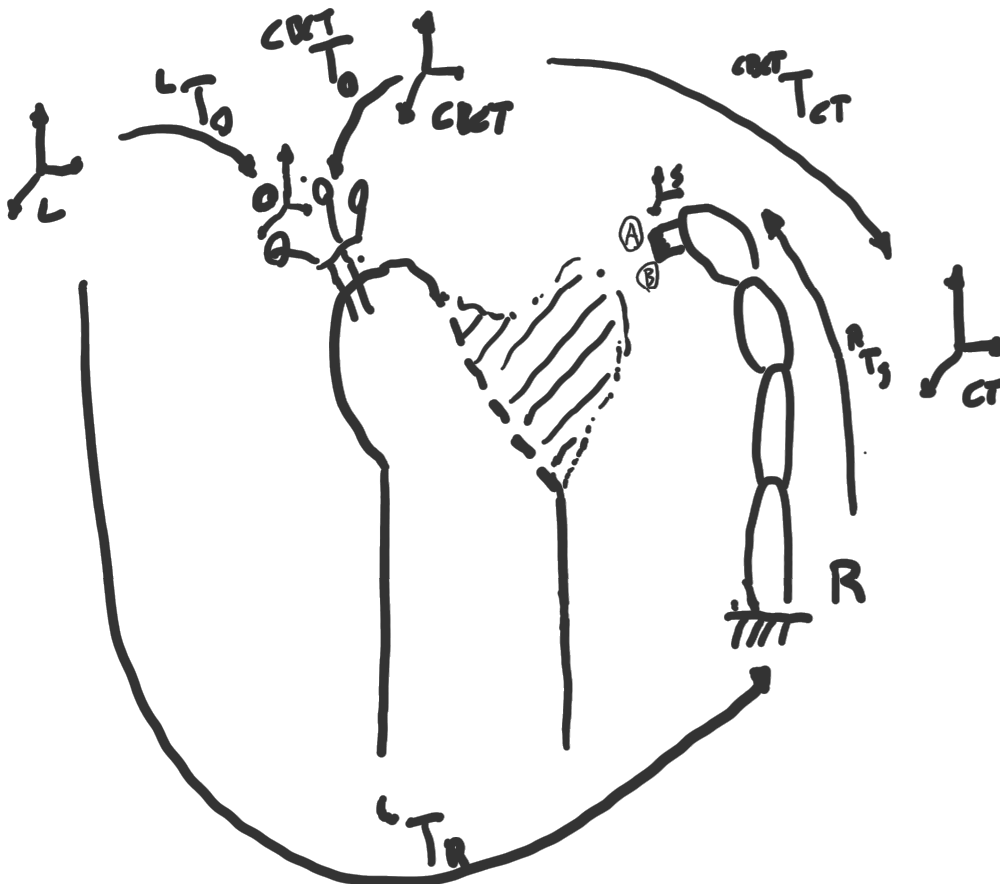


- 1) Scrivere su ciascun foglio protocollo consegnato dal docente: data, nome, cognome e numero di matricola. Riconsegnare tutti i fogli consegnati dal docente indicando quali sono i fogli di bella che saranno gli unici a essere valutati. Non sarà valutato quanto sarà scritto su questo foglio.
- 2) E' 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 in mm.

TESTO DELLA PROVA

Un intervento che prevede un'osteotomia per la rimozione di un tumore è pianificato su immagini CT preoperatorie. In sala operatoria è disponibile un localizzatore L , uno scanner 3D $CBCT$ ed un robot R dotato di sega sull'end effector per eseguire il taglio seguendo la pianificazione.

Tramite le immagini $CBCT$ è possibile registrare il planning andando a determinare la trasformazione ${}^{CBCT}T_{CT}$. Nella medesima immagine è visibile anche un sensore O a sei gradi di libertà fissato sull'osso che è registrato rispetto al medesimo scanner ottenendo la matrice ${}^{CBCT}T_O$. Infine, il localizzatore è calibrato rispetto alla base del robot come indicato in figura.



Quesito 1 (Punti 6)

Determinare algebricamente le trasformazioni che permettono di riferire il planning rispetto al sistema di riferimento della base del robot R e del localizzatore L .

Quesito 2 (Punti 6)

La trasformazione ${}^{CT}T_L$ vale:

$${}^{CT}T_L = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & -5 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -10 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

e per un controllo di ragionevolezza è stato acquisito un punto anatomico P sull'osso con il puntatore che ha coordinate:

$$P_L = \begin{bmatrix} 10 \\ 0 \\ 10 \end{bmatrix};$$

mentre in CT valeva:

$$P_{CT} = \begin{bmatrix} -1 \\ 7 \\ 0 \end{bmatrix};$$

Determinare il TRE.

Quesito 3 (Punti 6)

L'errore al punto precedente è stato ritenuto eccessivo e ci si è accorti che il sensore O non era stabile rispetto all'osso. E' stato pertanto fissato stabilmente e si è resa necessaria una nuova registrazione. Per evitare una ulteriore esposizione ai raggi x per il paziente, si è proceduto ad una registrazione con tecnica ICP acquisendo punti sulla superficie dell'osso con il puntatore ed utilizzando la vecchia registrazione (con il sensore non completamente stabile) per la sua inizializzazione.

L'ottimizzazione ICP ha fornito la matrice T_{ICP} . Determinare algebricamente la nuova matrice di registrazione per riferire il planning rispetto al sistema di riferimento della base del robot R .

Quesito 4 (Punti 6)

Poiché il controllore del robot non sempre risulta accurato, una volta posizionata la sega a contatto con l'osso, prima di accendere la sega si deve procedere ad una verifica del suo posizionamento. Tenendo presente che nel planning è nota la posizione che devono assumere i punti estremi della sega A e B (vedi figura) in CT , descrivere una procedura corredata dagli opportuni calcoli algebrici per verificare il corretto posizionamento iniziale della sega.

Quesito 5 (Punti 6)

Una volta eseguito il taglio, si deve procedere al posizionamento di una protesi paziente specifica, che andrà a sostituire la parte di osso rimossa (quella tratteggiata). La protesi è dotata di 4 fori come indicato nella seguente figura per il fissaggio tramite una staffa (in tratteggio). Prima di procedere al fissaggio, tramite il puntatore è possibile acquisire la posizione di detti fori numerati la cui posizione ottimale è nota anche in CT . Descrivere una procedura per verificare il corretto posizionamento della protesi (entro limiti di tolleranza fissati) ed una procedura per guidare il chirurgo per ottenere l'allineamento corretto.

