

1 FRE globale

$$f'_{L_1} = {}^L T_{CT} \cdot f_{CT_1} = \begin{bmatrix} 0 \\ 15 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$FRE_1 = f_{L_1} - f'_{L_1} = \begin{bmatrix} 0 \\ 10 \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ 15 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -5 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\|FRE_1\| = 5 \text{ mm}$$

$$f'_{L_2} = {}^L T_{CT} \cdot f_{CT_2} = \begin{bmatrix} 0 \\ 15 \\ 3 \end{bmatrix}$$

$$FRE_2 = f_{L_2} - f'_{L_2} = \begin{bmatrix} 0 \\ 10 \\ 3 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ 15 \\ 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -5 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\|FRE_2\| = 5 \text{ mm}$$

$$f'_{L_3} = {}^L T_{CT} \cdot f_{CT_3} = \begin{bmatrix} -14 \\ 15 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$FRE_3 = f_{L_3} - f'_{L_3} = \begin{bmatrix} -14 \\ 15 \\ 5 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} -14 \\ 15 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 5 \end{bmatrix}$$

$$\|FRE_3\| = 5 \text{ mm}$$

$$FRE_{TOT} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_i (FRE_i)^2} = \sqrt{\frac{1}{3} (5^2 + 5^2 + 5^2)} = 5 \text{ mm}$$

$$\boxed{2} \quad f_{L_1}'' = {}^L T_L \cdot {}^L T_{CT} \cdot f_{CT_1} = \begin{bmatrix} 0 \\ 12 \\ 2 \end{bmatrix}$$

$$f_{L_2}'' = {}^L T_L \cdot {}^L T_{CT} \cdot f_{CT_2} = \begin{bmatrix} 0 \\ 12 \\ 5 \end{bmatrix}$$

$$f_{L_3}'' = {}^L T_L \cdot {}^L T_{CT} \cdot f_{CT_3} = \begin{bmatrix} -14 \\ 12 \\ 2 \end{bmatrix}$$

$$FRE_1'' = f_{L_1}'' - f_{L_1}'' = \begin{bmatrix} 0 \\ 10 \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ 12 \\ 2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -2 \\ 2 \end{bmatrix} \quad \|FRE_1''\| = \sqrt{8} \text{ mm}$$

$$FRE_2'' = f_{L_2}'' - f_{L_2}'' = \begin{bmatrix} 0 \\ 10 \\ 3 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ 12 \\ 5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -2 \\ -2 \end{bmatrix} \quad \|FRE_2''\| = \sqrt{8} \text{ mm}$$

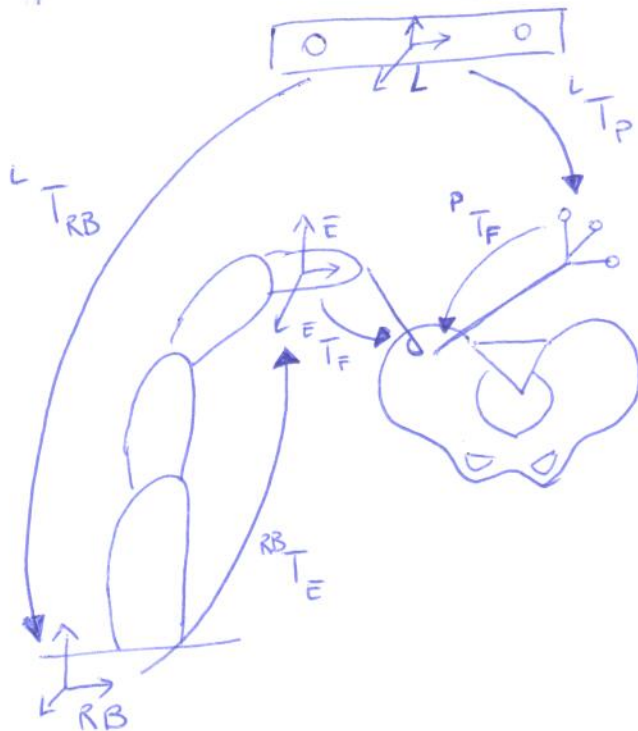
$$FRE_3'' = f_{L_3}'' - f_{L_3}'' = \begin{bmatrix} -14 \\ 15 \\ 5 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} -14 \\ 12 \\ 2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 3 \\ 3 \end{bmatrix} \quad \|FRE_3''\| = \sqrt{18} \text{ mm}$$

$$FRE_{TOT}'' = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_i (FRE_i'')^2} = \sqrt{\frac{1}{3} (8 + 8 + 18)} \approx 3.37 \text{ mm}$$

Dato che con il raffinamento ICP è stato ottenuto un errore più basso rispetto al punto precedente, significa che al punto 1 non è stato utilizzato la registrazione ai minimi quadrati.

$$\boxed{3} \quad {}^{RB} T_F = \left({}^L T_{RB} \right)^{-1} \cdot {}^L T_L \cdot {}^L T_{CT} \cdot {}^{CT} T_F \cdot \left({}^E T_F \right)^{-1}$$

4



Idealmente le seguenti catene cinematiche devono essere identiche

① ${}^L T_P \cdot {}^P T_F$

l'errore è quindi dato

della differenza tra ① e ②

② ${}^L T_{RB} \cdot {}^{RB} T_E \cdot {}^E T_F$

La presenza di questo errore può

essere dovuta a una qualsiasi degli elementi delle 2 catene

- scalibratura del puntatore (${}^P T_F$)
- scalibratura delle fruse (${}^E T_F$)
- errori nel posizionamento dell'end effector (${}^{RB} T_E$)

5 È possibile che il punto target si trovi molto lontano dai punti fiduciali su cui è stato calcolato l'FRE.

Un'altra possibilità è che si sia persa la registrazione ${}^L T_{CT}$ e che vada quindi ricalcolato.