

Animation modeling 1

Computational Visual Design (CVD-Lab), DIA, “Roma Tre”
University, Rome, Italy

Computational Graphics 2012

Section 1

Animation modeling 1

Introduzione

La lezione 'e dedicata alla discussione di alcune tecniche geometriche per la **modellazione** e **pianificazione del movimento**.

- ▶ Introduciamo i **gradi di libert ** di un sistema mobile, e il concetto fondamentale di **spazio delle configurazioni** (CS), l'insieme delle tuple numeriche che determinano posizione e orientamento di tutti i componenti del sistema mobile.
- ▶ Una curva nello spazio delle configurazioni, parametrizzata nel dominio del tempo, specifica completamente il **moto** del sistema.
- ▶ Quando la scena animata 'e troppo complessa, 'e necessario proiettare lo spazio delle configurazioni in sottospazi coordinati relativi ai vari attori, e adottare un approccio di teoria dei grafi per definire la **coreografia** globale, che consenta di coordinare il moto degli attori interagenti.

Spazio delle configurazioni

- ▶ Si consideri un sistema mobile $R = \{R_i\}$ come un insieme di corpi rigidi, sia liberi che mutuamente vincolati.
- ▶ Il sistema mobile R ha un numero k di **gradi di libertà** (DOFs, Degrees Of Freedom)
- ▶ questo 'e pari al numero minimo di parametri scalari che determinano in modo univoco la **configurazione** di R , ovvero la posizione e orientamento di tutti gli elementi di R rispetto ad un sistema di riferimento fisso.
- ▶ I gradi di libert'a di un sistema mobile sono chiamati anche **coordinate generalizzate**

Spazio delle configurazioni

Ognuna delle coordinate generalizzate ξ_i di un sistema mobile con k gradi di libertà, può variare con continuità in un intervallo reale

$$\Xi_i = [\xi_i^{\min}, \xi_i^{\max}] \quad 1 \leq i \leq k.$$

dove ξ_i^{\min} e ξ_i^{\max} sono chiamati *limiti di giunto* nelle applicazioni robotiche.

Il prodotto cartesiano CS dei k intervalli Ξ_i costituisce lo *spazio delle configurazioni* del sistema mobile:

$$CS := \Xi_1 \times \Xi_2 \times \cdots \times \Xi_k \subset \mathbb{R}^k.$$

Ogni punto $(\xi_1, \dots, \xi_k) \in CS$ corrisponde a una differente *configurazione* del sistema mobile, ovvero a una differente posizione e/o orientamento di tutte le sue parti.

Corpo rigido 2D

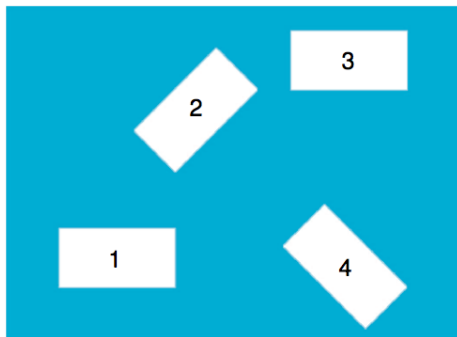
- ▶ Il moto traslazionale di un corpo piano B ha dimensione geometrica 2 ed anche 2 gradi di libert , perche l'orientamento di B non cambia, e la posizione del corpo 'e determinata da quella di uno dei suoi punti, fissato in anticipo.
- ▶ Il piugenerale moto rigido di una singola figura piana ha dimensione 2 e 3 gradi di libert , includendo due gradi traslazionali e uno rotazionale.
- ▶ Il grado rotazionale determina l'orientamento della figura rispetto a un sistema coordinato di riferimento.
- ▶ Esso 'e scelto usualmente come l'angolo tra due assi corrispondenti di un sistema di riferimento fisso e di un sistema solidale all'oggetto.

Corpo rigido 3D

- ▶ Il moto generale di un singolo corpo rigido B in uno spazio 3D ha 6 gradi di libertà.
- ▶ In questo caso ci sono 3 gradi traslazionali, corrispondenti alla posizione di un punto del corpo, e 3 gradi rotazionali, corrispondenti ad una tripla di angoli di Eulero
- ▶ Questi determinano l'orientamento di un sistema attaccato al corpo, rispetto ad un sistema di riferimento fisso.

Esempio (Cuboide ruotato (2))

```
DEF body2D (x,y,angle::IsReal) =  
  (T:<1,2>:<x,y> ~ R:<1,2>:angle): (CUBOID:<2,1>);  
  
(STRUCT ~ AA:body2D):  
  < <0,0,0>, <2,2,PI/4>, <4,2+2*SIN:(PI/4),0>, <6,0,3*PI/4> >
```



Animazione di meccanismi

- ▶ Un **manipolatore** meccanico, pi' u spesso chiamato **braccio robotico**, 'e un insieme ordinato di corpi rigidi, detti **link**, connessi a coppie da **giunti** rotoidali o prismatici.
- ▶ Il primo link 'e attaccato ad un **basamento** di supporto, mentre l'ultimo link pu'o maneggiare un **utensile** attraverso un organo terminale (**end-effector**) che consente la manipolazione di oggetti nello spazio.
- ▶ Un sistema di riferimento fisso 'e associato al basamento del manipolatore, ed un altro sistema di riferimento si considera rigidamente attaccato ad ogni link.
- ▶ Se il basamento 'e mobile viene riferito ad un sistema fisso solidale allo spazio di lavoro.

Animazione di meccanismi

Una curva continua

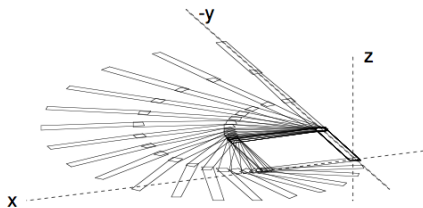
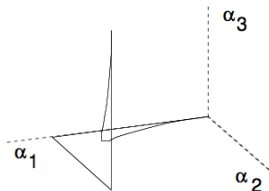
$$\gamma : [0, 1] \rightarrow \mathbb{R}^k,$$

tale che $\gamma[0, 1] \subset CS$, definisce completamente un **moto ammissibile** di un sistema mobile.

L'immagine di una curva continua in CS è anche nota come **cammino nello spazio delle configurazioni**.

$\gamma(0)$ e $\gamma(1)$ corrispondono alla configurazione iniziale del sistema e alla configurazione d'arrivo del moto.

Esempio (Braccio robotico piano)



Esempio (Braccio robotico piano)

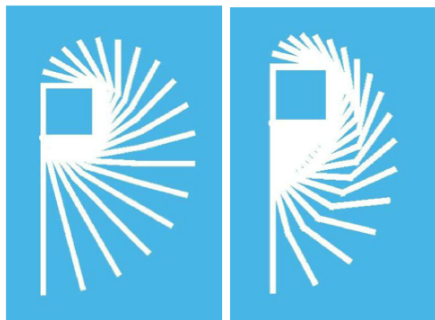


Figura 9.3 Due movimenti del braccio piano, corrispondenti a differenti percorsi nello spazio delle configurazioni, cioè a differenti comportamenti

Section 2

Animation modeling 2

{Catene cinematiche e ossa

- ▶ Analizzando la struttura di un manipolatore $R = \{R_i\}$ come un grafo $G = (N, A)$, i cui nodi sono i link e i cui archi sono i giunti, cio'è con $N = R$ e $A \subset R^2$, il grafo risultante 'è il pi'ù delle volte aciclico, cio'è 'è un insieme di **catene cinematiche aperte**.
- ▶ Anche i modelli di **robot antropomorfi** possono essere schematizzati come un albero fatto di link (spesso chiamati **ossa** nel contesto dei sistemi di animazione) e giunti.
- ▶ Nella **computer animation** una rappresentazione semplificata dei link, usata per visualizzare i gradi di libert'a e per specificare i **percorsi nello spazio delle configurazioni** che definiscono il movimento del sistema, 'è data in genere come un insieme di **ossa** connesse a coppie.

Esempio (Braccio robotico piano)

```
DEF link = (T:<1,2>:<-1,-19> ~ CUBOID):<2,20>  
DEF joint (alpha::IsReal) = T:2:-18 ~ R:<1,2>:(alpha * PI/180);  
  
DEF arm (a1,a2,a3::IsReal) = STRUCT:  
  < link, joint:a1, link, joint:a2, link, joint:a3, link >;
```

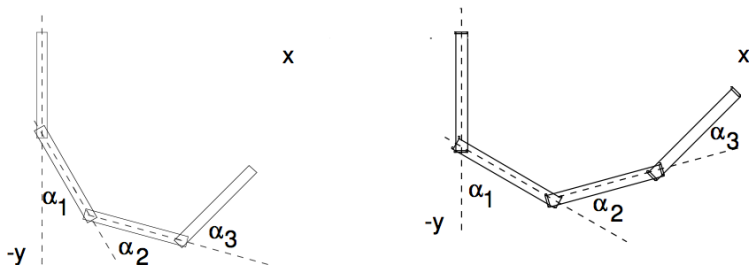


Figura 9.4 Due configurazioni del braccio piano prodotte dalle espressioni
`arm:<30,45,60>` e `arm:<60,45,30>`

Definizioni

Scena Una **scena** 'e qui definita come una **funzione** di alcuni parametri reali, e con valori in qualche opportuno tipo di dati, che chiameremo **complessi poliedrali gerarchici animati**

Configurazione Ogni tupla di valori ammissibili dei parametri, ovvero ogni tupla in CS definisce una **configurazione** della scena.

Stato Una coppia corrispondente $\langle \text{configurazione}, \text{tempo} \rangle$ viene chiamata **stato** dell'animazione. Il prodotto dello spazio delle configurazioni per l'intervallo di tempo tra istanti iniziale e finale fornisce lo **spazio di stato** dell'animazione.

Comportamento Il **comportamento** dell'animazione 'e una curva nello spazio di stato dell'animazione. Ogni parte della scena pu'o variare nel tempo rispetto a posizione e orientamento, ma non pu'o cambiare la sua struttura interna. Se questa dovesse mutare si avrebbero due curve congiunte con continuit'a nello spazio di stato.

Animazione Una **animazione** 'e una coppia $\{ \langle \text{scena}, \text{comportamento} \rangle \}$.