



# 3D Scanning



# 3D Scanning

Di cosa si tratta?

*Si vuole campionare, attraverso una **nuvola di punti (point cloud)**, la superficie dell'oggetto / soggetto.*

- Cosa si fa con la nuvola di punti? (Quali applicazioni)
- Serve l'informazione riguardante il colore? (Serve)



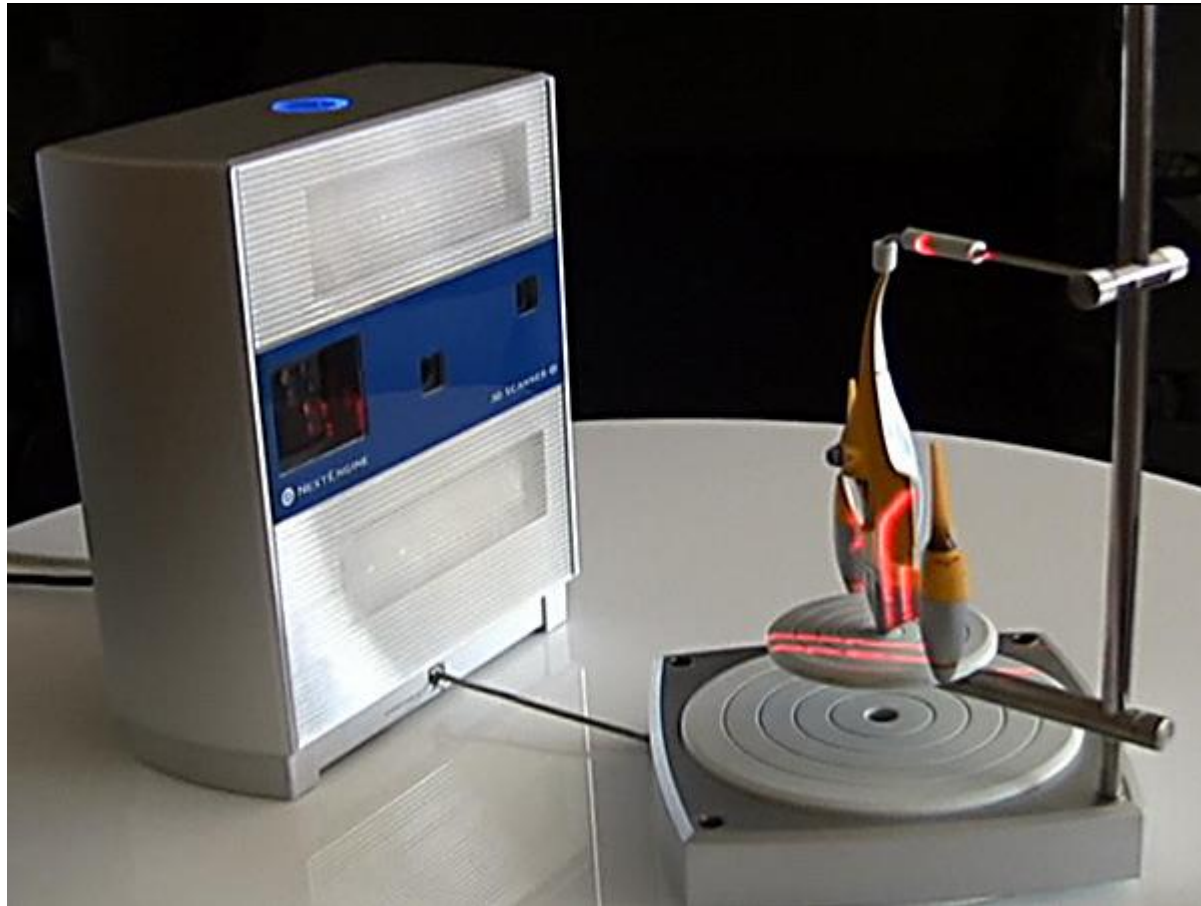
# 3D Scanning

## Tipologie di 3D-Scanner

- 3D laser Scanner a triangolazione
- 3D laser Scanner a tempo di volo
- 3D Scanner a luce strutturata

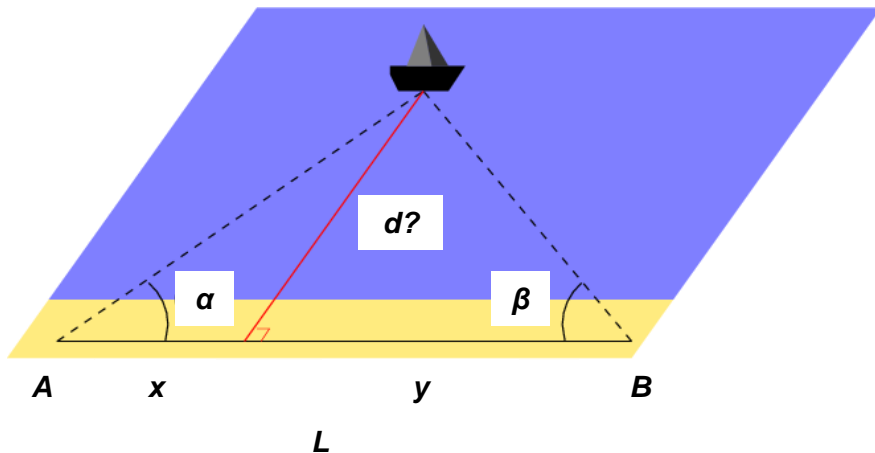


# 3D laser Scanner a triangolazione Hardware





# 3D laser Scanner a triangolazione Metodo (1)

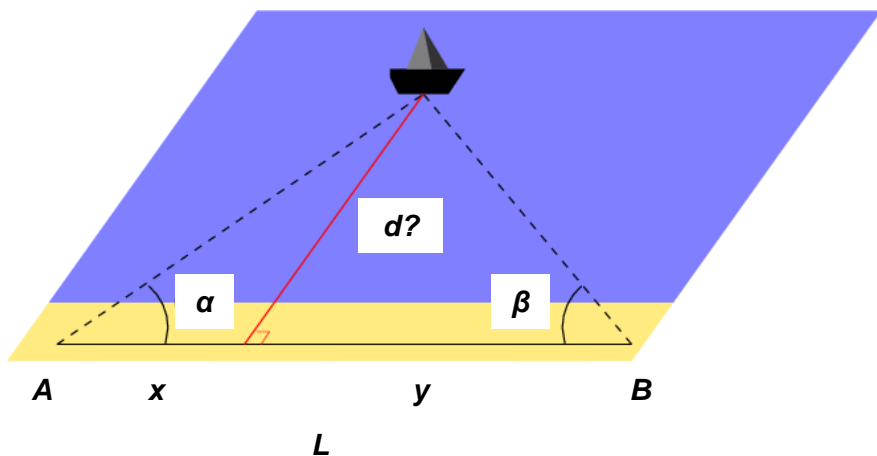


Si utilizza il metodo di **triangolazione trigonometrica**, per determinare la distanza  $d$  di un punto del soggetto nello spazio, a partire dagli angoli  $\alpha$  e  $\beta$ , e note le distanze  $x + y = L$  fra  $A$  e  $B$ .

Questa tecnica è nota anche col nome di *“Calcolo della distanza tra due punti inaccessibili tra loro”*



# 3D laser Scanner a triangolazione Metodo (2)



Dalla trigonometria:

$$d = y \cdot \tan \beta$$

$$d = x \cdot \tan \alpha$$

Si ottiene il sistema:

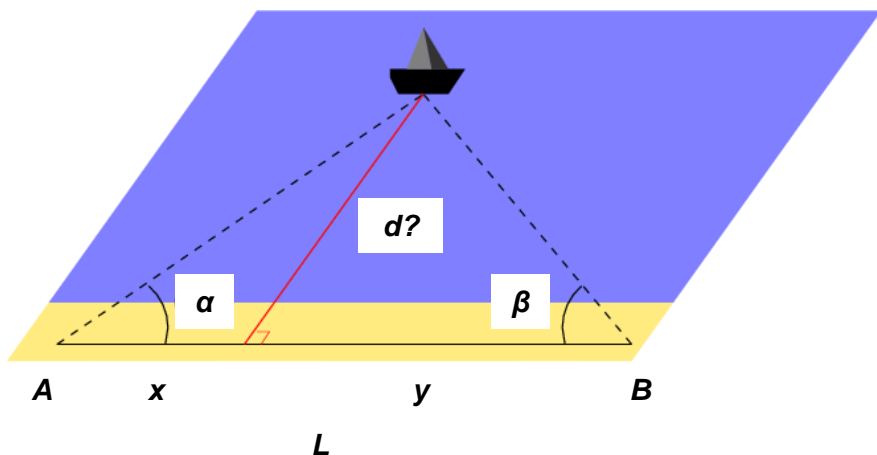
$$\begin{cases} x + y = L \\ y \cdot \tan \beta = x \cdot \tan \alpha \end{cases}$$

Con soluzione:

$$d = \frac{L \cdot \tan \alpha \cdot \tan \beta}{\tan \alpha + \tan \beta}$$



# 3D laser Scanner a triangolazione Metodo (3)



Con soluzione:

$$d = \frac{L \cdot \tan \alpha \cdot \tan \beta}{\tan \alpha + \tan \beta}$$

$$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

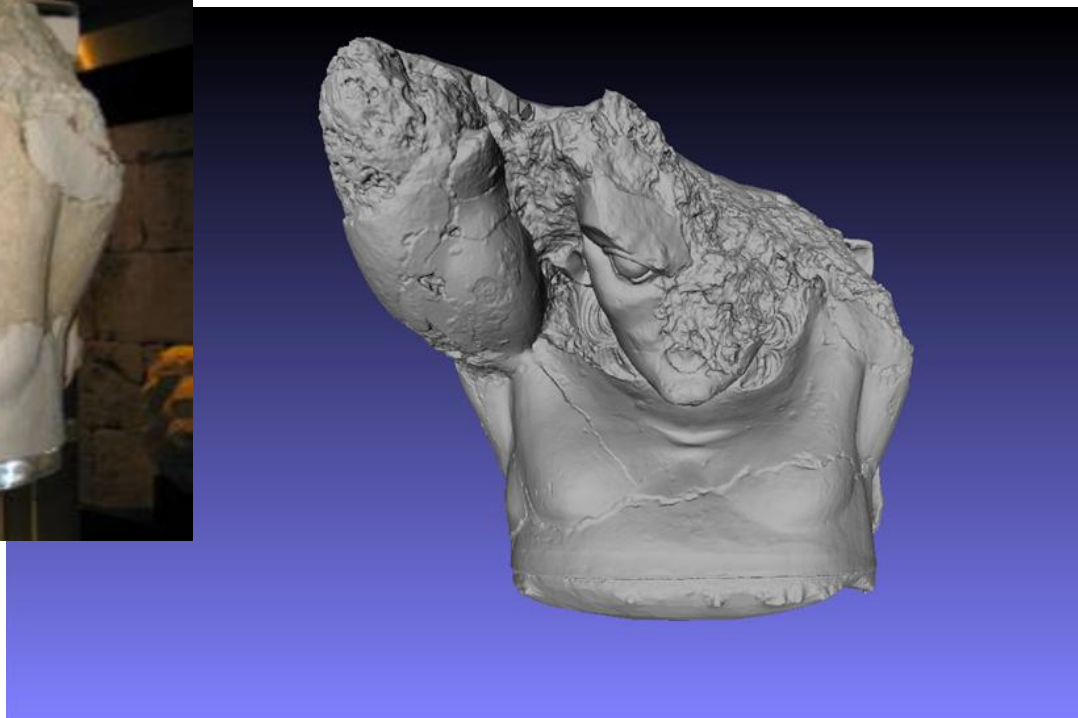
$$\sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \sin \beta \cos \alpha$$

$$d = \frac{L \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)}$$



# 3D laser Scanner a triangolazione

## Esempio di caso d'uso







# 3D laser Scanner a tempo di volo

## Hardware





# 3D laser Scanner a tempo di volo

## Metodo (1)

Si basa su un concetto molto semplice:

La velocità della luce è una grandezza scalare conosciuta; per questo motivo è possibile sapere quanto tempo impiega un fascio laser a raggiungere la superficie di un oggetto ed essere riflesso indietro verso il sensore.

Il tempo impiegato dal fascio di luce (solitamente un fascio laser) raggiungere il punto della superficie dell'oggetto ed essere riflesso prende il nome di ***RTT*** (acronimo di *Round Trip Time*)



## 3D laser Scanner a tempo di volo Metodo (2)

Il *RTT* considera due volte la distanza che separa lo scanner e la superficie dell'oggetto.

Dato  $t = RTT$  e  $c = 300000 \text{ km/s}$

è possibile misurare la distanza con la formula

$$d = \frac{(c*t)}{2}$$

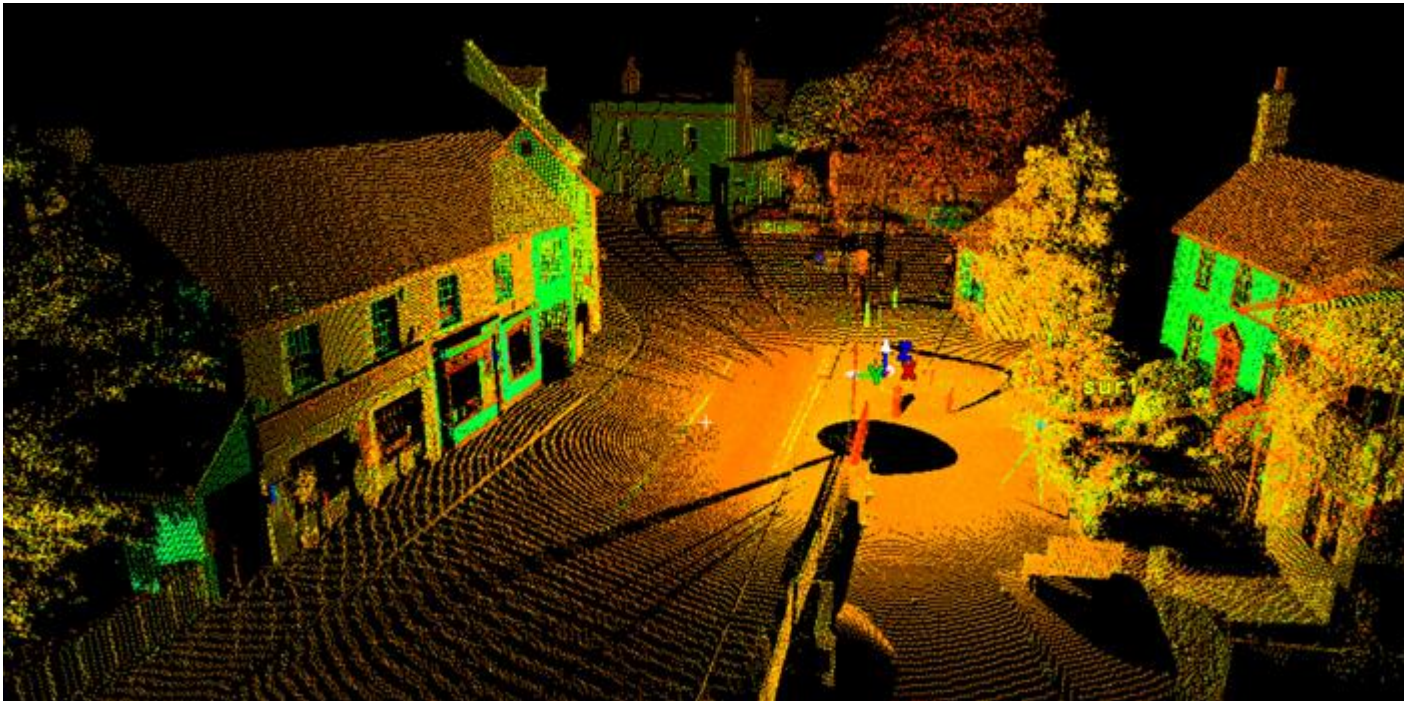
*L'accuratezza è data dalla precisione con cui si è in grado di misurare il tempo  $t$   
(es. 3.3 picosecondi è il tempo che impiega la luce a percorrere 1 millimetro).*

[Jim Morrison]



# 3D laser Scanner a tempo di volo

## Risultato





# 3D Scanning

## Prime considerazioni...

Non si può dire che un metodo sia globalmente migliore di un altro...

### Pro:

- *Triangolazione*  
Estrema accuratezza dei dettagli dell'ordine di 10 micrometri
- *Tempo di volo*  
Possono raggiungere distanze dell'ordine dei chilometri

### Contro:

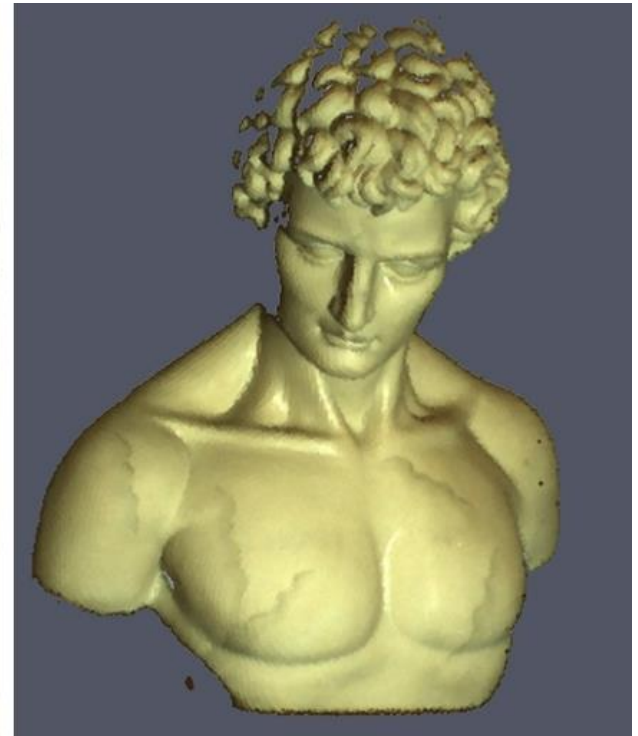
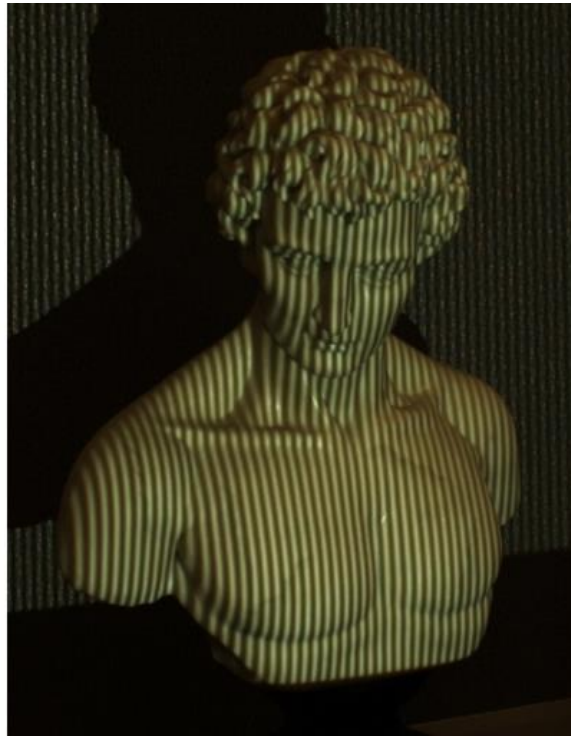
- *Triangolazione*  
Coprono distanze relativamente *piccole*
- *Tempo di volo*  
Bassa accuratezza e problemi nei punti di *edge*

Per queste ragioni è bene sapere che cosa sia meglio per il proprio scopo



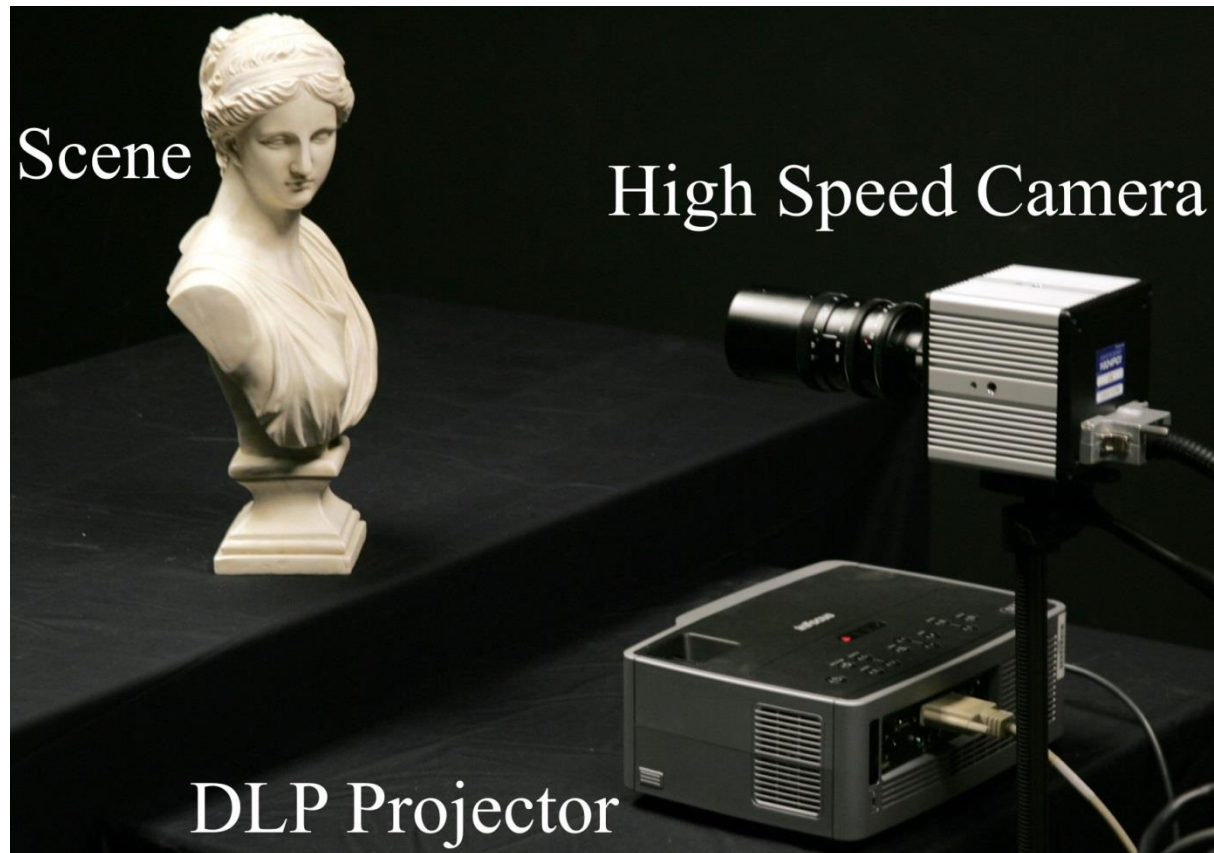
# 3D laser Scanner a luce strutturata

## Esempio di caso d'uso





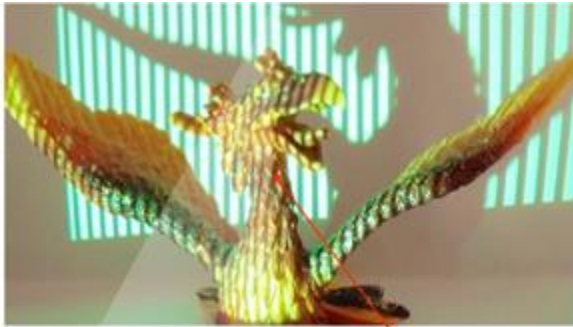
# 3D laser Scanner a luce strutturata Hardware





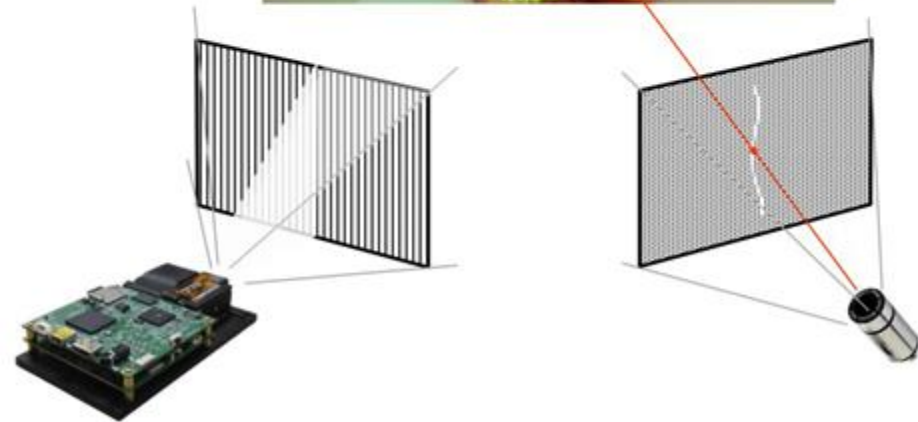
# 3D Scanning

## 3D laser Scanner a luce strutturata (metodo)



Si proietta uno schema (pattern) di luce sul soggetto che viene acquisito in base alla deformazione che subisce la proiezione luminosa.

Lo strumento che si occupa di catturare le informazioni sul pattern deformato è un dispositivo di acquisizione video







# 3D Scanning

3D laser Scanner a luce strutturata

Qualche domanda...

- Si conosce un oggetto che usa questo metodo? (Magari lo si ha in casa)
- Quanto conta l'hardware per ottenere un buon risultato?
- Questo metodo può essere parallelizzato?
- In termini di qualità e velocità di acquisizione come si comporta?



# 3D Scanning

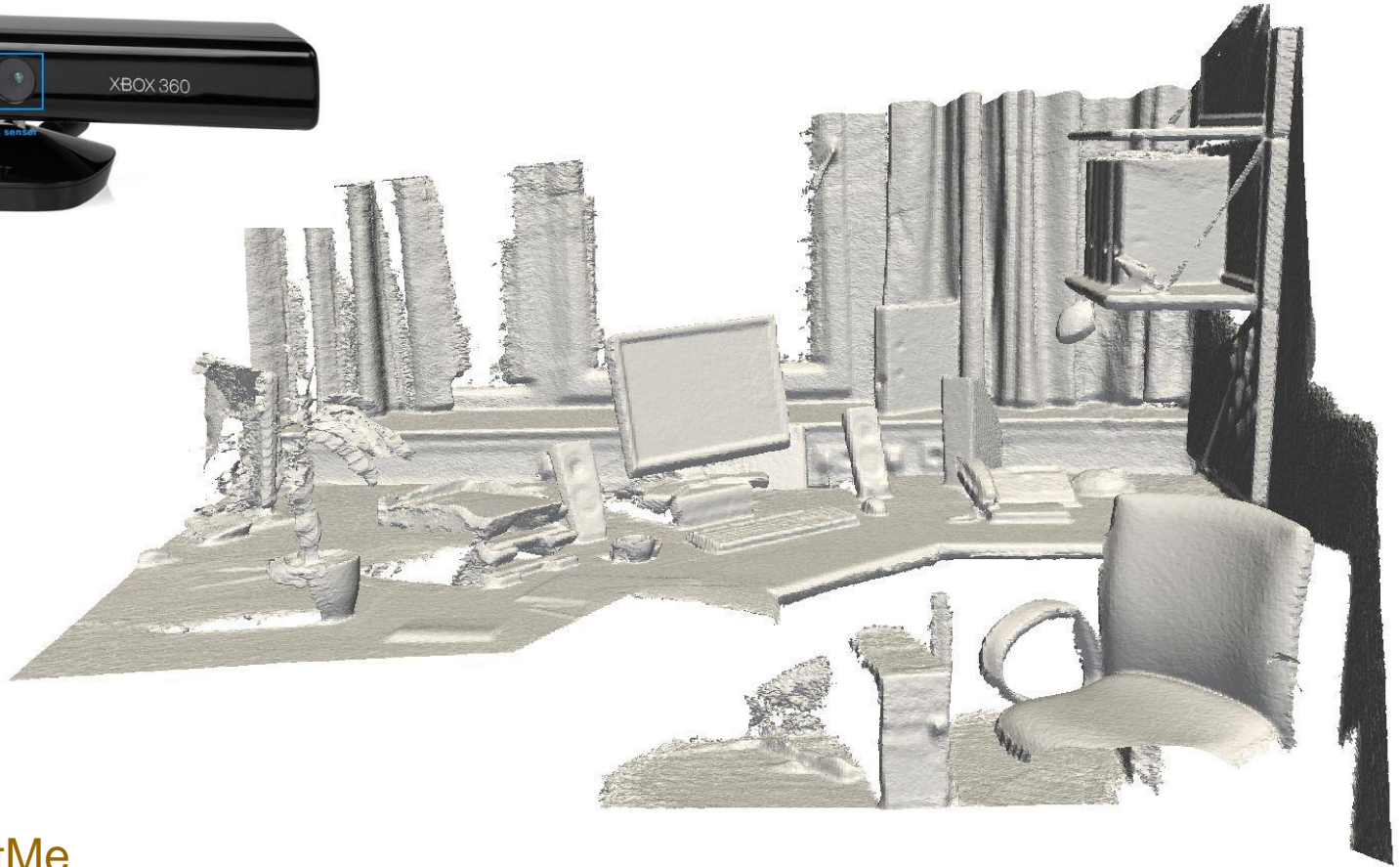
3D laser Scanner a luce strutturata





# 3D Scanning

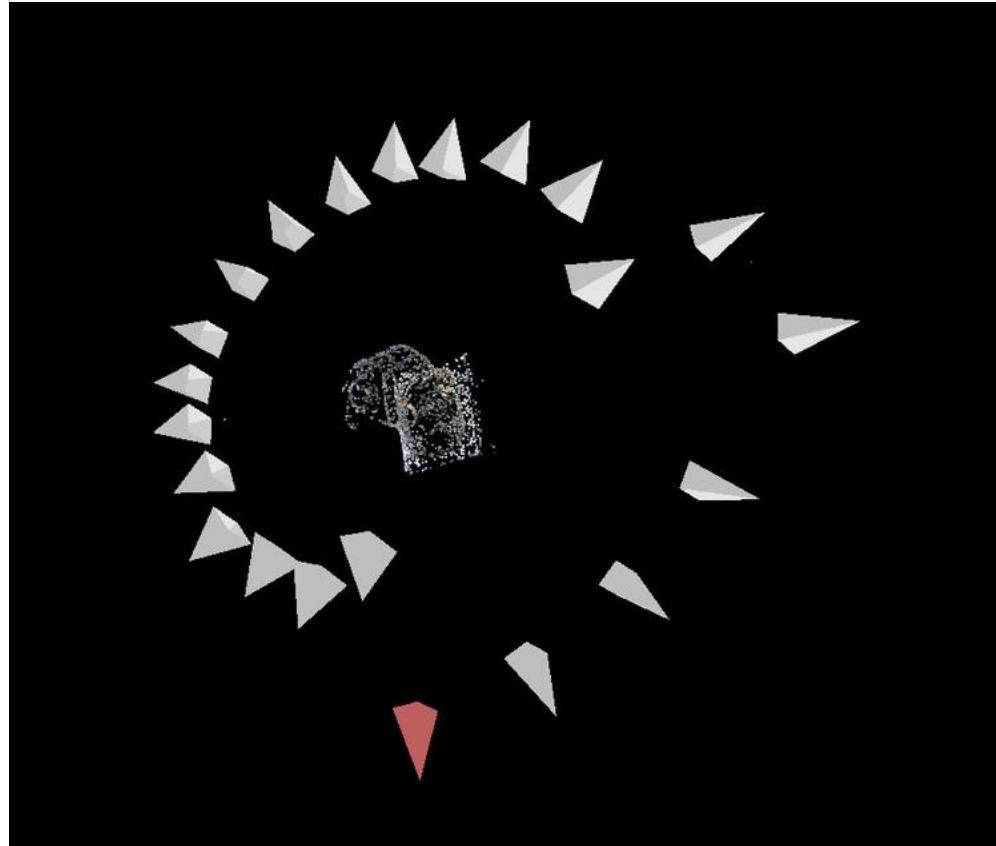
3D laser Scanner a luce strutturata



ReconstructMe



# 3D laser Scanner da fotografie

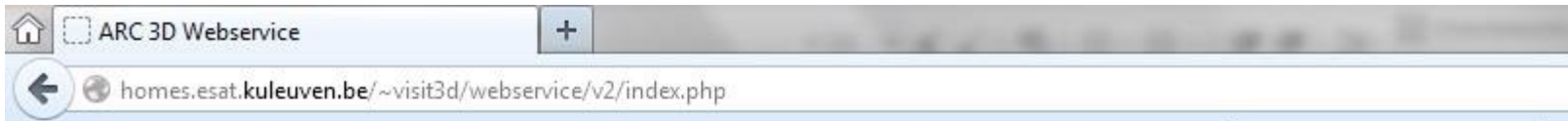


123D Catch



# 3D laser Scanner da fotografie

## ARC3D - Homepage



### **ARC 3D Webservice**

**A Family of Web Tools for Remote 3D Reconstruction**



- [Home](#)
- [Download](#)
- [User's Guide](#)
- [3D Photo Gallery](#)
- [Links](#)
- [Request Login](#)
- [Statistics](#)
- [Contact](#)

### **The Webservice**

Welcome to the website of the ARC 3D webservice. We have developed a group of tools, allowing users to upload digital images to our servers where we perform a 3D reconstruction of the scene and report the output back to the user. We also provide a tool for producing and visualising the 3D scene using the data computed on our servers.

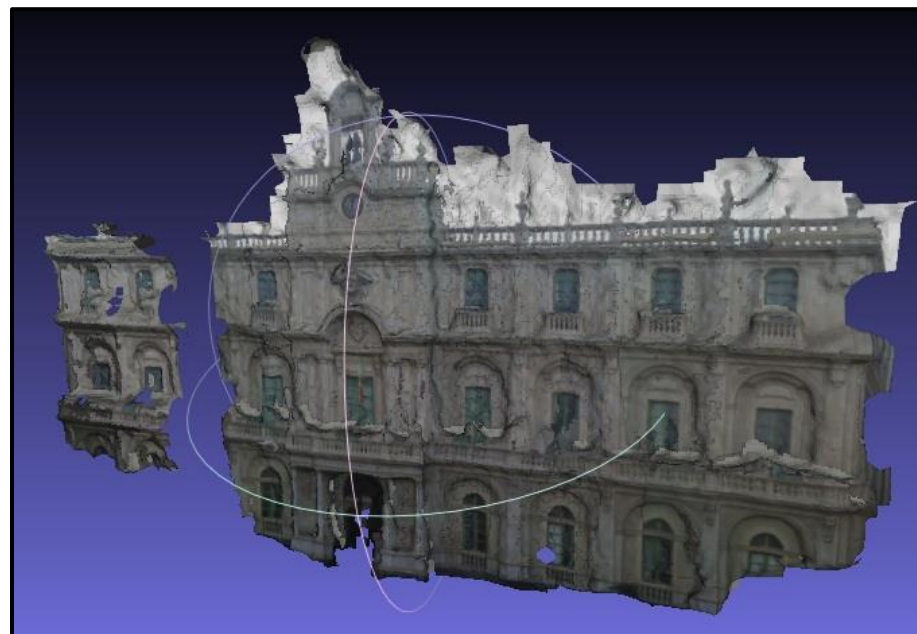
### **Uploading Images**

The first simple application is the upload tool. All that is required is that a sequence of images is uploaded to the server. The order of the images can be



# 3D laser Scanner da fotografie

## ARC3D – Esempio 1





# 3D laser Scanner da fotografie

## ARC3D – Esempio 2



*(... altre foto ...)*

