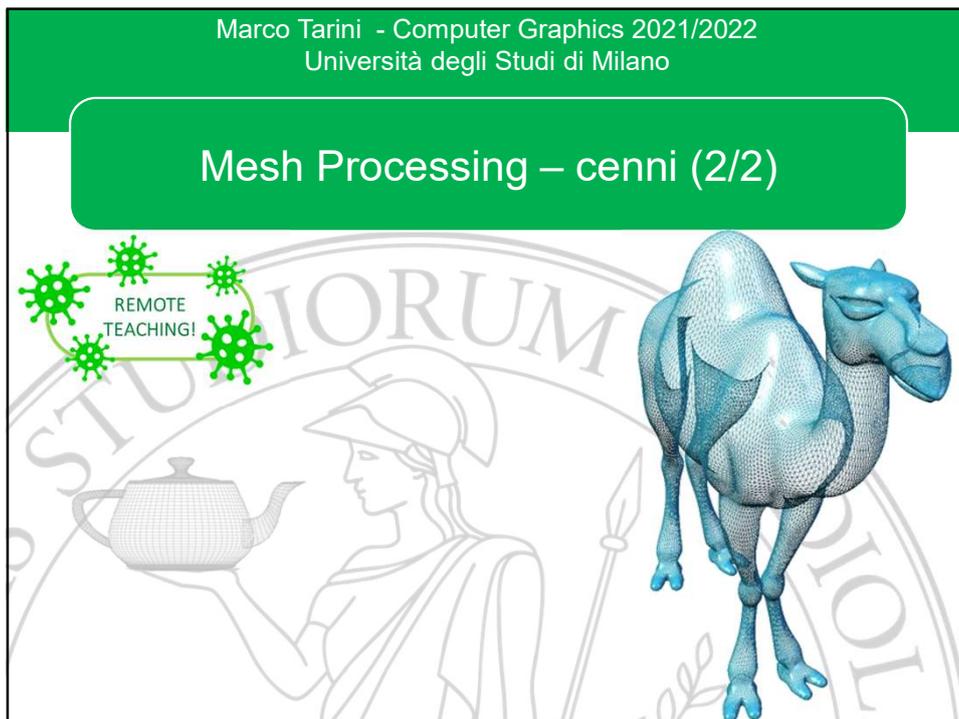


Marco Tarini - Computer Graphics 2021/2022
Università degli Studi di Milano

Mesh Processing – cenni (2/2)

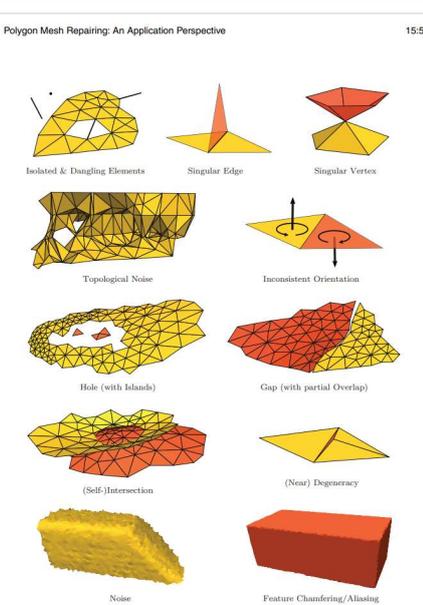
REMOTE TEACHING!



119

Geometry Processing: mesh cleaning / repairing

Polygon Mesh Repairing: An Application Perspective 15:5



Pro-tip: collezione di software a <http://meshrepair.org/>

Una pagina dal survey: "Polygon Mesh Repairing: An Application Perspective" Attene, Campen, Kobbelt, 2012



120

Geometry Processing: mesh cleaning / reparing

- ✓ Mesh cleaning (o reparing):
l'insieme di task per la rimozione dei difetti della connettività di una mesh, cioè
 - ⇒ le situazioni non two-manifold,
 - ⇒ buchi (per es un poligono mancante)
 - ⇒ Orientamento non consistente delle face (possibile, se mesh ben orientabile)
 - ⇒ Auto-intersezioni, etc
- ✓ Molte categorie di mesh, come le mesh scansionate (acquisizione 3D), presentano spesso molti di questi difetti
- ✓ Spesso, un preprocessing necessario a altri task di geometry processing



121

Stima di proprietà geometriche

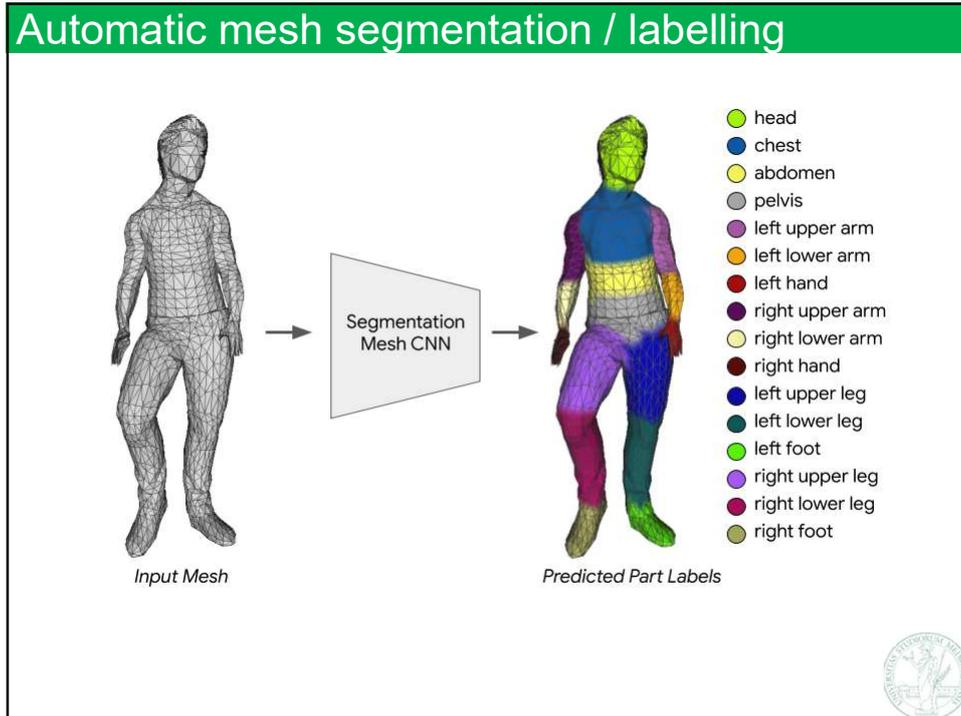


Img by Karan Singh

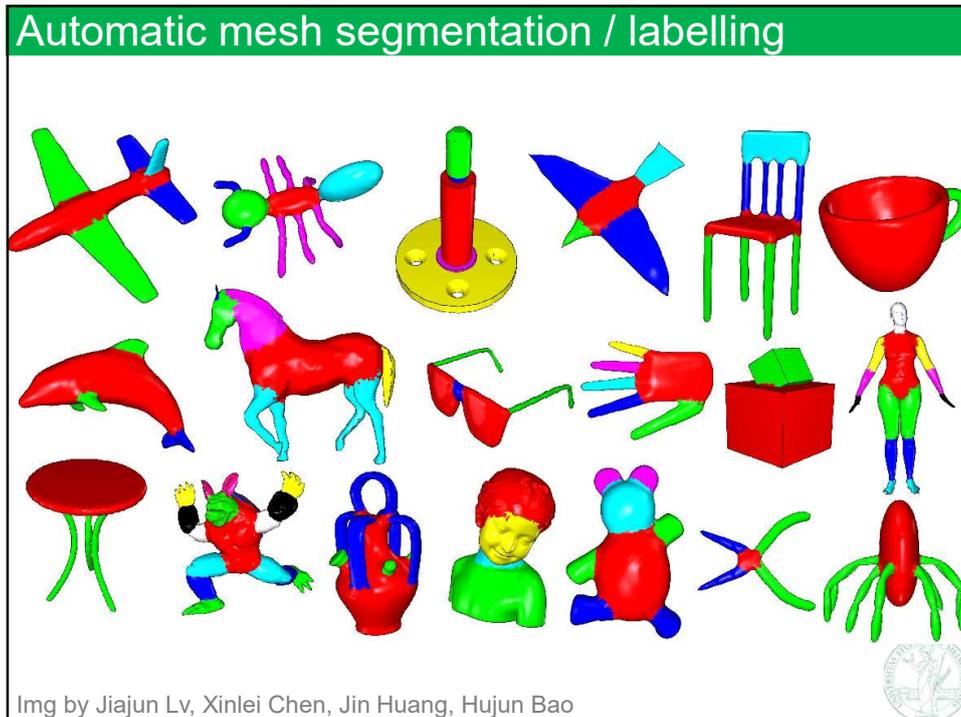
- ✓ Qui: curvatura (intrinseca)
- ✓ Abbiamo visto il caso della stima delle normali
 - ⇒ Sono solo un caso di proprietà di "forma" definite sulla superficie
 - ⇒ Proprietà di cui si occupa la geometria differenziale



122



123



124

Automatic mesh segmentation / labelling

- ✓ Mesh segmentation (in generale):
 - ⇒ Data una mesh in input, identificare le zone semanticamente o strutturalmente distinte
 - ⇒ (tipicamente, come partizione delle facce o dei vertici in zone contigue)
 - ⇒ Guidati da un'analisi della geometria, oppure data driven
- ✓ Mesh labelling
 - ⇒ Assegnare un'etichetta semantica ad ogni partizione
- ✓ Utilizzato come punto di partenza di molti altri task



125

Shape Retrieval



Img by Tamy Boubekeur, and Marc Alexa, SIGGR 2010



126

Shape Retrieval

- ✓ Il task: data una grossa collezione di modelli 3D, individuare quelli simili ad una forma target richiesta
 - ⇒ Spesso, la forma target è specificata attraverso un disegno semplificato 2D
 - ⇒ Oppure: “trovare le mesh che rappresentano oggetti simili a quello rappresentato da una mesh target data”.



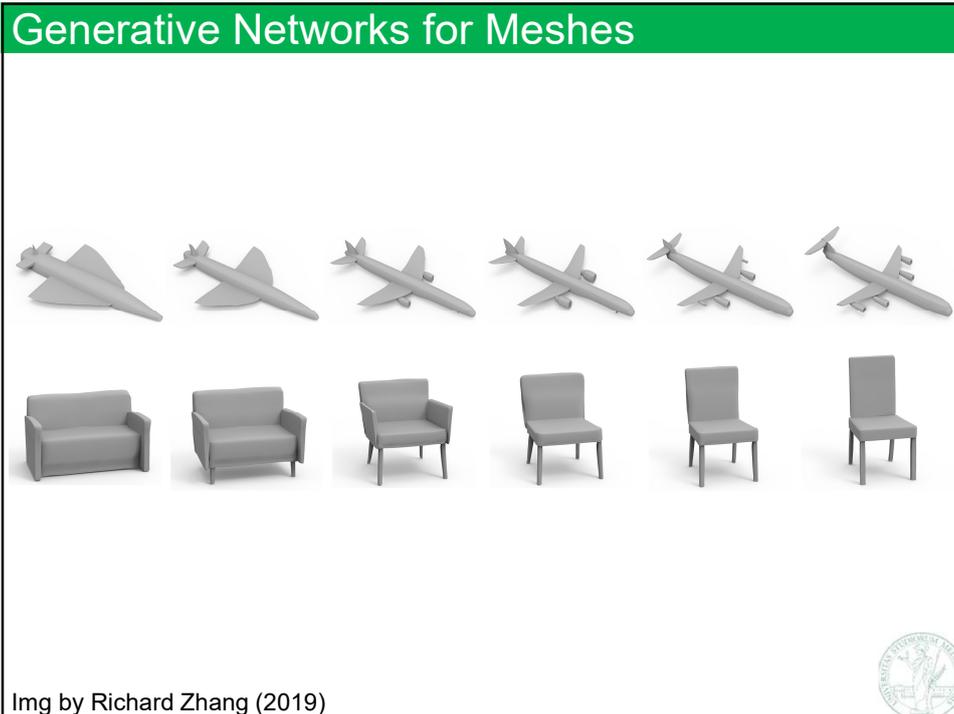
127

Procedural mesh generation

- ✓ Procedural mesh generation
 - ⇒ Nome generico per tutti quei procedimenti automatici che generano una mesh (geometria e connettività incluse)
 - ⇒ Utilizzato in videogames, VR, industria cinematografica, simulazioni...
 - ⇒ Molto studiati i casi di: piante, città, terreni, palazzi, manufatti di vario tipo, avatar umani, ...
 - ⇒ Tipicamente, guidato da parametri controllati dall'utente che determinano le caratteristiche «ad alto livello» delle forme generate (ad esempio: nella generazione automatica di mesh che rappresentano ingranaggi, un parametro può identificare «il numero di denti») e / o da scelte pseudocasuali
- ✓ Generative Networks:
L'approccio Machine learning approach alla mesh generation
 - ⇒ Data driven
 - ⇒ Per es: data una collezione di mesh che rappresentano forme di una certa classe (sedie, aerei...), produrre un insieme di varianti



128



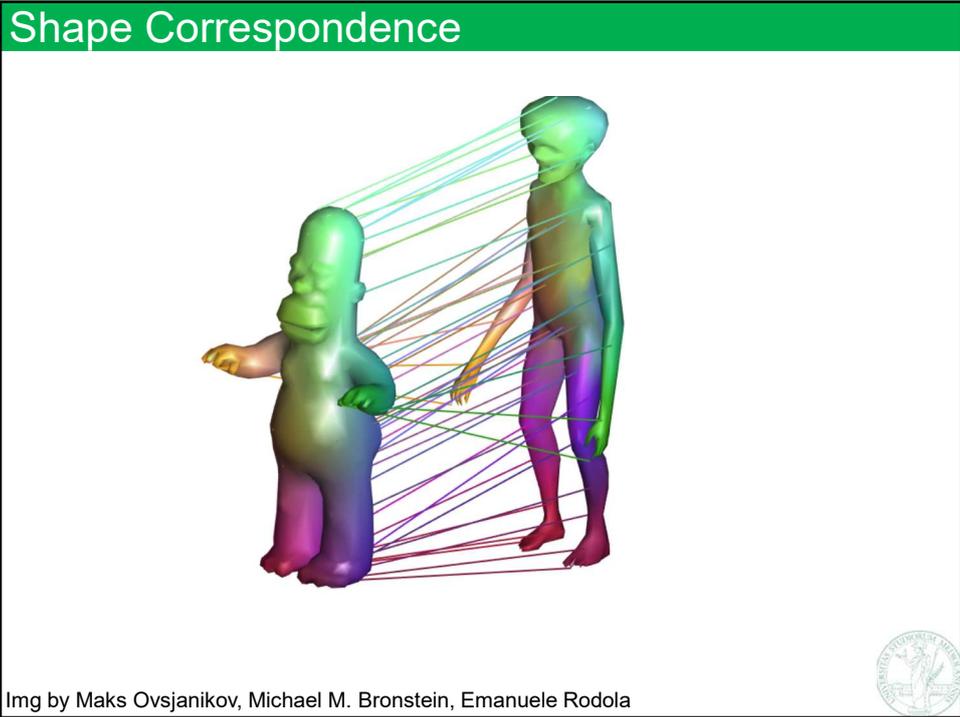
129

Shape correspondence

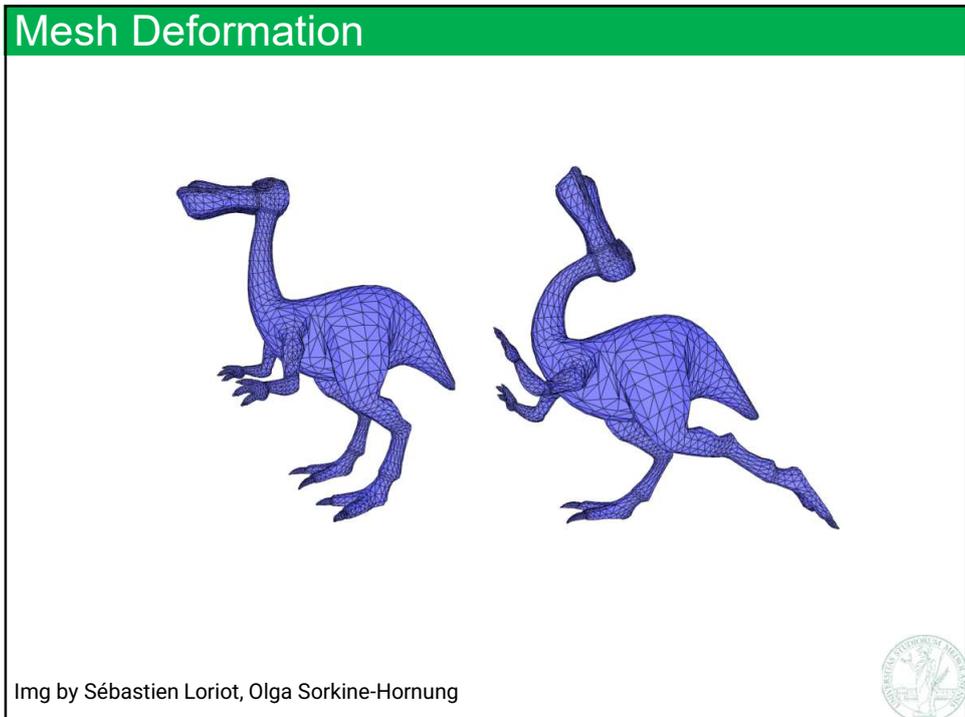
- ✓ Date due mesh che rappresentano oggetti di una stessa classe
 - ⇒ Per esempio, due forme umanoidi, o due quadrupedi
 - ⇒ Oppure, la scansione di uno stessa persona in due posizioni differenti...
- ✓ Identificare su ciascuna di essa il punto corrispondente sull'altra
 - ⇒ Ad esempio, sotto forma di un mapping (non biunivoco) fra i vertici
- ✓ Basandosi su similitudine geometrica, topologica, e caratteristiche intrinseche della forma
 - ⇒ (ad esempio: la similarità di normale è poco significativa ma quella di curvatura intrinseca può esserlo di più)



130



131



132

Mesh Deformation

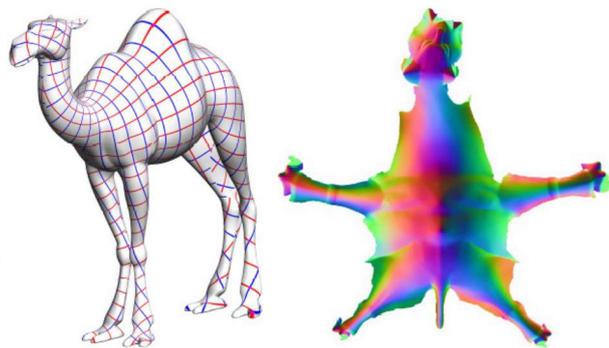
- ✓ Data una mesh iniziale soggetta a degli stimoli o vincoli esterni, computare una sua deformazione spaziale
 - ⇒ cioè una nuova geometria, (la connettività della mesh è inalterata)
 - ⇒ La forma finale aderisce a principi fisici, geometrici (per es, conservazione dell'area, del volume, della forma dei triangoli, o semplicemente minimizzazione della distorsione subita dai singoli triangoli...)
 - ⇒ Esempio di vincolo esterno: una nuova la posizione xyz assegnata a solo alcuni vertici («questo vertice si sposta qui»)
- ✓ Utilizzata in animazione, design
 - ⇒ E' possibile effettuare questi computi in tempo reale



133

Mesh parametrization

Vedremo meglio questo task nella lezione successiva, parlando di texture mapping



Img by Sébastien Lorient, Olga Sorkine-Hornung



134

Task di Geometry Processing: meshing

- ✓ “Meshing”:
dato un modello 3D,
inizialmente non rappresentato come una mesh,
costruire una sua rappresentazione mesh
 - ⇒ è un esempio di Surface Reconstruction:
ricostruzione di una superficie
(da dati che non sono una superficie)

- ✓ Detta anche poligonizzazione,
o anche “segmentazione” in analogia con il 2D
 - ⇒ Per es,
«meshing di una nuvola di punti», come abbiamo visto
 - ⇒ Vedremo altri esempi di meshing a partire
da altre strutture dati più avanti nel corso



135

Geometry Processing: remeshing

- ✓ Remeshing:
data una superficie rappresentata come una mesh,
costruire una rappresentazione mesh diversa,
- ✓ In ambiente industriale, è detto “retopology”
 - ⇒ specie quando fatto manualmente da un’artista
- ✓ La mesh di partenza differisce dalla mesh di arrivo
in termini di, per es...
 - ⇒ da tri a VS quad dominant VS quad («quad-remeshing»)
 - ⇒ (semi) regular VS irregular («semiregular-remeshing»)
 - ⇒ adaptive VS non adaptive resolution
 - ⇒ bad element shapes VS good element shapes



136

Geometry Processing: remeshing

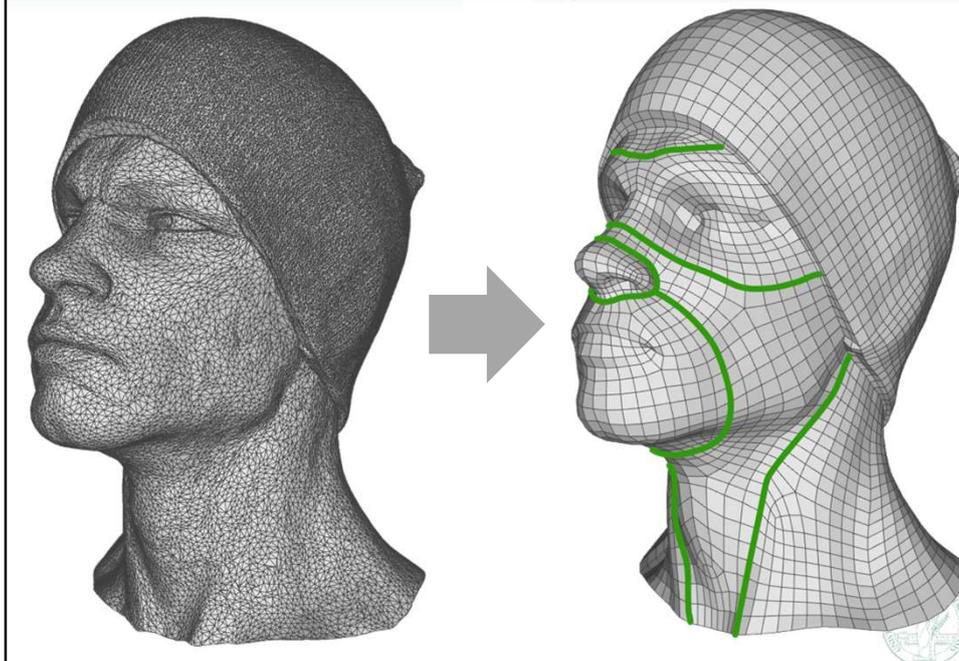
Spesso fatto per migliorare la qualità della mesh:

- ✓ rendere la risoluzione adattiva
- ✓ o, viceversa: rendere la risoluzione costante
 - ⇒ dimensione facce costante
(utile per es in una simulazione fisica)
- ✓ o, passare da triangoli a quads
- ✓ o, rendere la mesh regolare
 - ⇒ «semiregular remeshing»
 - ⇒ caso molto diffuso perchè:
le mesh catturate dal vero sono spesso irregolari
ma le mesh semi-regolari sono più utili:
più facili da editare, animare, etc

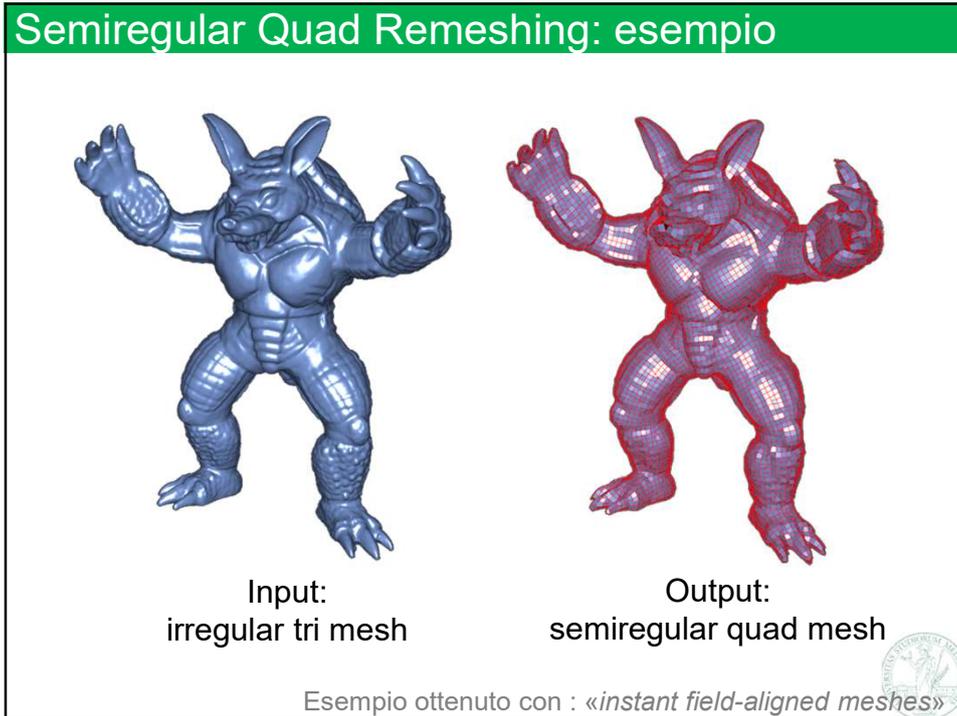


137

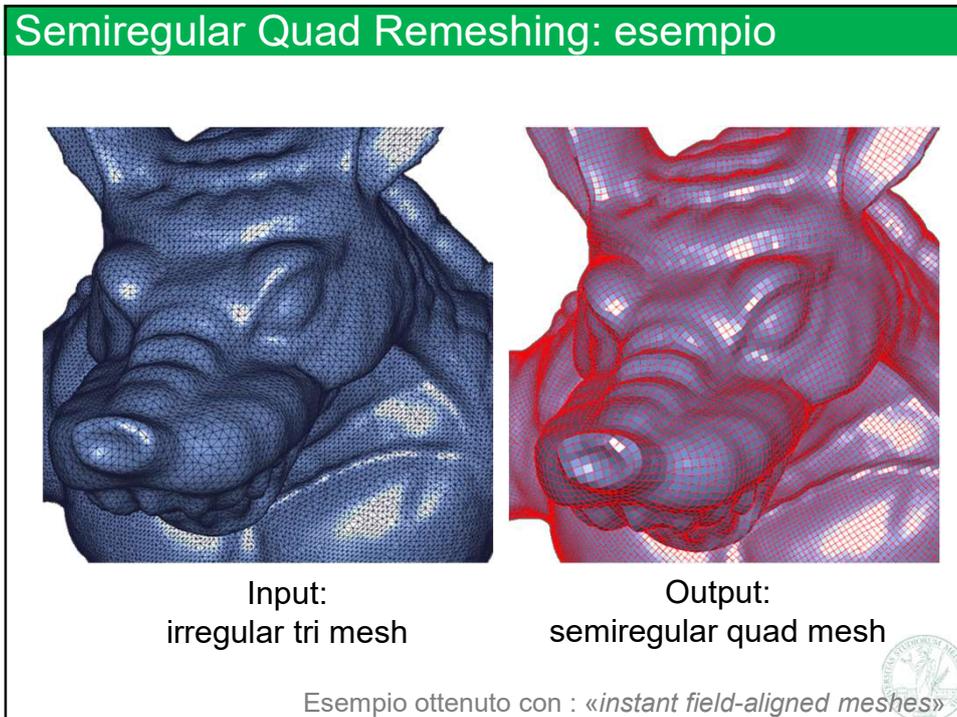
Semiregular Quad Remeshing: esempio



138



139



140

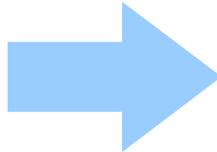
Geometry processing: semplificazione automatica

Riduzione della sua risoluzione

Non necessariamente un «remeshing» completo:
alcune parti della mesh possono essere inalterate



mesh originale
500K triangoli



mesh semplificata
2K triangles

141

Semplificazione automatica di una mesh

- ✓ Da: mesh hi-res
a: mesh low-res (detta anche low-poly mesh)
- ✓ Procedimento chiamato anche
 - ⇒ «Mesh coarsening»
 - ⇒ «Poly-reduction» (in ambiente industriale)
 - ⇒ «Mesh decimation»
- ✓ Motivo: la risoluzione deve essere adatta all'applicazione
 - ⇒ Molti dei procedimenti su una mesh (rendering compreso!) hanno una *complessità lineare* col numero di elementi
- ✓ Osservazione:
 - ⇒ in una nuvola di punti, bastava scegliere un sottoinsieme
 - ⇒ per mesh, è più complicato: non posso rimuovere elementi senza danneggiare le proprietà della mesh (es. chiusura)



142

Semplificazione automatica di una mesh

- ✓ Obiettivo: ottenere un buon bilancio fra:
 - ⇒ costo (risoluzione della mesh risultante, cioè numero di elementi residui)
 - ⇒ qualità (errore geometrico introdotto rispetto alla mesh originale)
- ✓ Q: come definisco l'errore introdotto?
 - ⇒ A: misuro la *distanza geometrica* fra le due superfici descritte da mesh originale e mesh semplificata
 - ⇒ cioè assumiamo:
mesh originale = «ground truth»
- ✓ Q: come definisco la distanza fra due superfici?
 - ⇒ def matematica: la risposta esula da questo corso
 - ⇒ per approfondire: cercare «hausdorff distance»
- ✓ Q: come la posso calcolare?
 - ⇒ task del geometry processing – ma la risposta esula da questo corso
 - ⇒ per approfondire: google search for
«Metro: measuring error on simplified surfaces»



143

Semplificazione automatica di una mesh

- ✓ Molte algoritmi (eruitici!), seguono approcci diversi
- ✓ Le tecniche si differenziano in:
 - ⇒ Adattive e no
 - lasciano piu' triangoli dove c'e' bisogno (es non nelle zone piatte)
 - oppure riducono il numero di elementi ovunque
 - ⇒ Con garanzie su errore massimo introdotto, o no
 - viene misurato? è limitato superiormente?
 - oppure nessun limite / o nessuna misura
 - ⇒ Incrementali o discrete:
 - Ho una sequenza continua di mesh a risoluzione sempre inferiore?
 - Oppure ho solo una singola mesh finale
 - ⇒ Caratteristiche della mesh (2 manifoldness, chiusa):
 - sono sempre mantenute?
 - oppure, possono essere perse?
 - ⇒ e molto altro...
- ✓ Vediamo due esempio

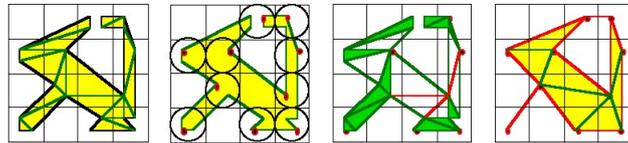


144

Semplificazione automatica

✓ Strategie a Vertex clustering:

- ⇒ dividi lo spazio 3D in una griglia regolare di cubetti
- ⇒ tutti i vertici in un cubetto vengono "collassati" in un solo vertice "rappresentante" del cluster (a posizione interpolata)
- ⇒ Ogni triangolo passa da indicizzare 3 vertici a indicizzare i 3 corrispondenti vertici rappresentanti
- ⇒ rimuovere i triangoli che sono diventati degeneri (hanno solo 1 o 2 vertici distinti – non 3)
- ⇒ Errore introdotto e numero di elementi finali: dipendono da dimensione griglia (parametro del metodo)

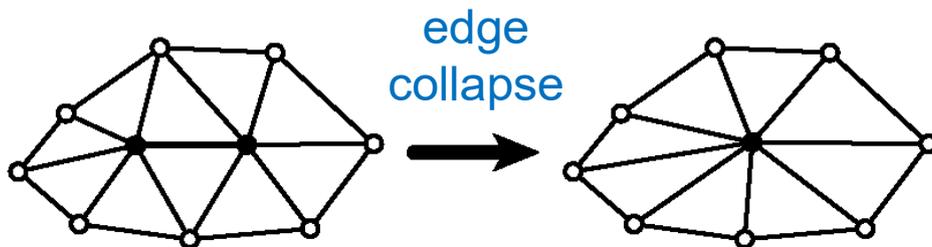


145

Semplificazione automatica di una mesh

✓ Strategia a *operazioni locali* iterate

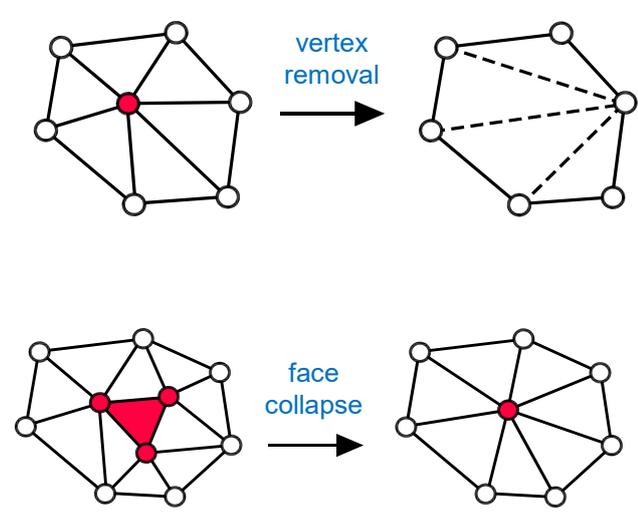
- ⇒ Operazione locale (di coarsening): modificare la mesh (connettività+geometria) solo in un intorno, lasciando il resto inalterato
- ⇒ Esempio più usato:



146

Semplificazione automatica di una mesh

✓ Altri esempi di operazioni locali:



The diagram shows two examples of local mesh operations. The first example, labeled 'vertex removal', shows a mesh with a central red vertex being removed, with dashed lines indicating the new connections between its neighbors. The second example, labeled 'face collapse', shows a mesh with a central red triangle being collapsed into a single red vertex, with dashed lines indicating the removal of edges.

vertex removal

nota:
si può considerare
un caso particolare
di edge collapse

face collapse

nota:
si può considerare
una successione
di due
edge collapse



147

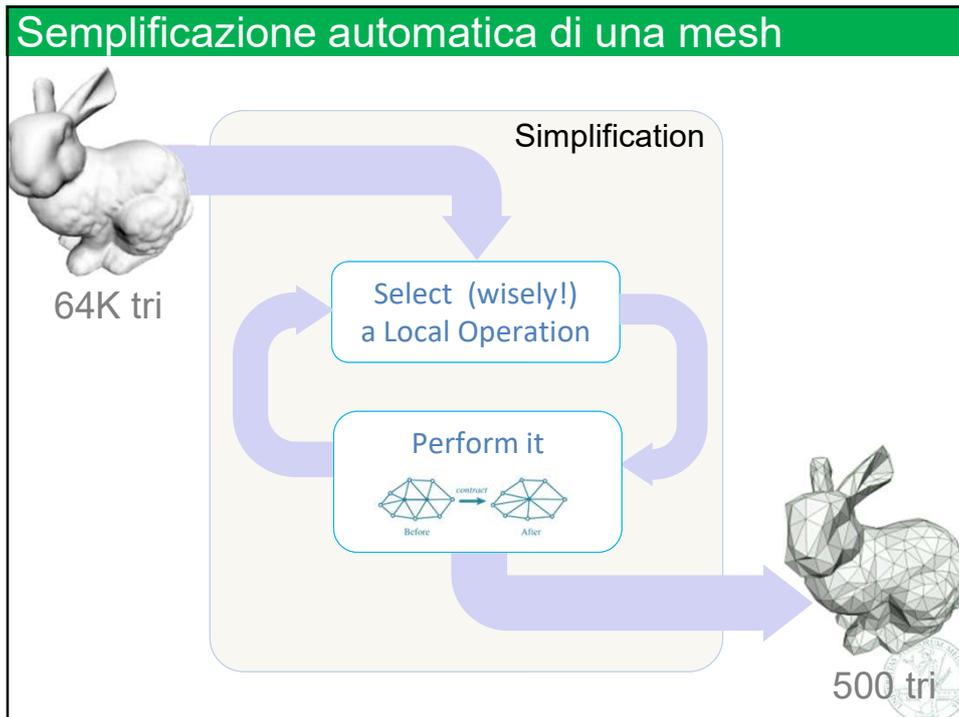
Semplificazione automatica di una mesh

✓ Strategia a *operazioni locali* iterate

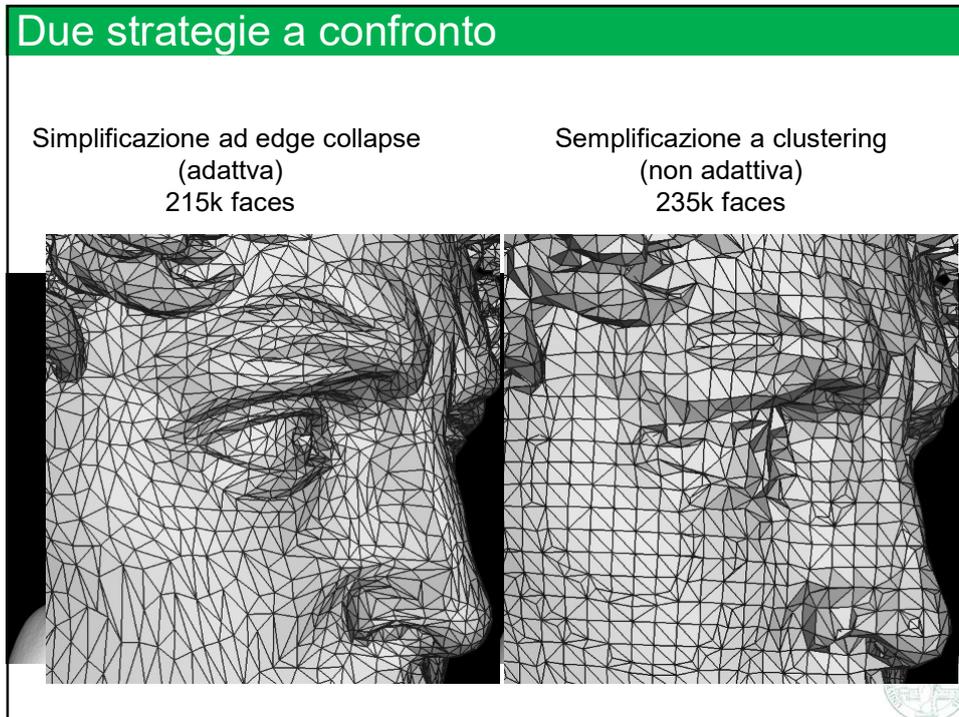
- ⇒repeat
 - scegli un operazione locale (secondo un criterio)
 - esegui operazione locale
- ⇒until obiettivo raggiunto
 - es: risoluzione target raggiunga
 - es: errore massimo superato



148



149



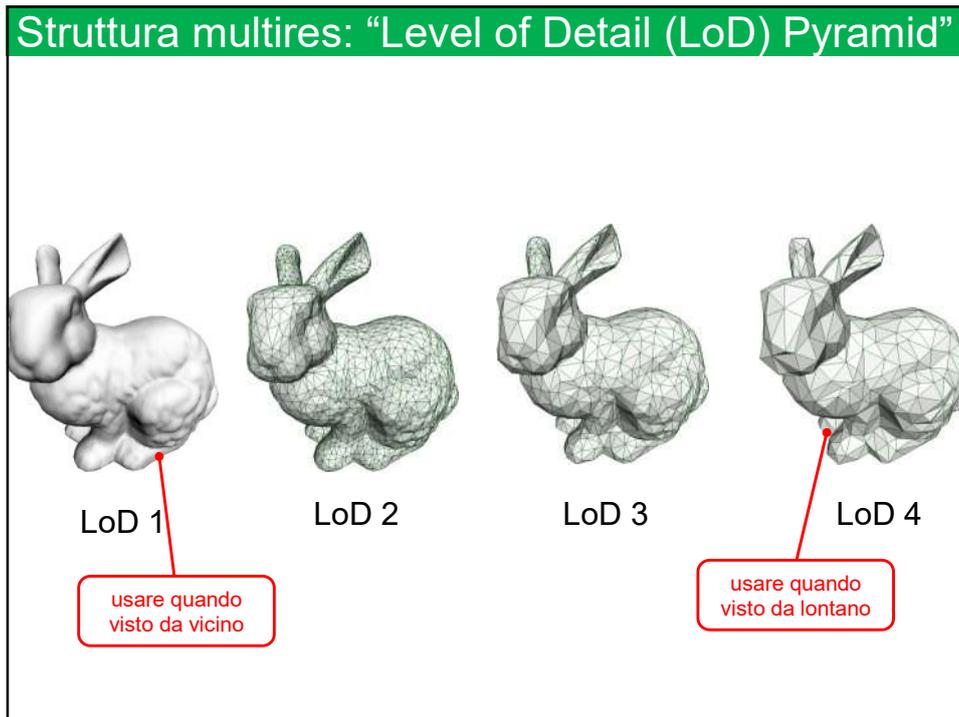
150

Due strategie a confronto	
Semplificazione ad operaz locali	Semplificazione a clustering
✓ adattiva	✓ non adattiva
✓ continua	✓ discreta
✓ possibile mirare a triangoli di forma buona	✓ mira a facce di dimensione simile
✓ possibile specificare errore massimo	✓ possibile solo specificare dimensione griglia (solo indirettamente, errore o numero di facce)
✓ possibile specificare numero di facce target	✓ non mantiene caratteristiche mesh
✓ può mantenere caratteristiche mesh ⇒ two-manifoldness, chiusura, classe topologia	✓ veloce, semplice da implementare, robusta (funziona su qualsiasi mesh)
✓ spesso <i>richiede</i> mesh two-manifold in partenza	

151

Semplificazione automatica di una mesh
✓ Paragona le strategia in azione!
✓ Apri MeshLab:
✓ Scarica una mesh di esempio (vedi sito)
✓ Applica: filtro «quadric edge collapse decimation» filtro «clustering decimation»

152



153

Mesh processing

Geometry processing eseguito su mesh poligonali

<https://sgp2019.di.unimi.it/>

Una conferenza internazionale su Geometry Processing che si è svolta nel nostro ateneo:

Graduate school: lezioni introduttive ad argomenti avanzati di geometry processing (i video sono disponibili!)

Symposium on Geometry Processing 2019
Milan 8-10 July 2019

Home

Program

Keynotes

Graduate School

Venue & Accommodation

Social Event

Registration

Committees

Awards

Sponsors

Call For Papers

Submission

Proceedings

Previous Editions

Home

The Eurographics Symposium on Geometry Processing (SGP) is the premier venue for disseminating new research ideas and cutting-edge results in **Geometry Processing**. In this research area concepts from mathematics, computer science, and engineering are studied and applied to offer new insights and design efficient algorithms for acquisition, modeling, analysis, manipulation, simulation and other types of processing of 3D models and shape collections.

The symposium will be held the **8-10 July** in **Milan, Italy**.
An attached **Graduate School** will be held in the weekend **6-7 July 2019**.
SGP 2019 is held in cooperation with Eurographics and ACM SIGGRAPH.

acm In-Cooperation ACM SIGGRAPH

Eurographics
EUROPEAN ASSOCIATION FOR COMPUTER GRAPHICS

Hosting institution:
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

154