

Henger eltávolítása 3D szkennelt kavicsról

Ludmány Balázs

2018. december 6.

Kavicsok alakfejlődése

- ▶ A sziklák általában síkok mentén hasadnak
- ▶ Ahogy a víz szállítja őket folyamatosan „lekerekednek”
- ▶ Matematikai modell az alakfejlődés leírására: egyensúlyi pontok száma[6, 2]
 - ▶ kezdetben poliéder: sok egyensúlyi pont
 - ▶ ellipszoid felé tart: kevés egyensúlyi pont
- ▶ Felhasználható például marsi kavicsok múltjának feltárására[5]



Alakjellemzők gépi mérése

- ▶ Az eddigi eredmények kézi méréseken alapulnak
- ▶ Kidolgoztunk egy módszert az egyensúlyi pontok gépi mérésére[4]
 - ▶ 3D szkennelt kavicsok
 - ▶ a kézi mérés pontosságát (pontatlanságát) reprodukálja

Feladat leírás

- ▶ 3D szkennelt kavicsok a Pisa melletti tengerpartról
- ▶ A mozgásukat vizsgálták RFID-vel[1]
- ▶ Az RFID-tag kiáll belőlük, elrontva az egyensúlyi pontok számítását
- ▶ Feladat: a „henger alakú” RFID-tag eltávolítása a szkennelt hálóból



1. próbálkozás: tartománynövesztés I

▶ Tartománynövesztés:

1. magpontok generálása
2. hipotézis felállítása a magpont kis környezetében
3. hízlalás, amíg a pontok a tolerancián belül maradnak

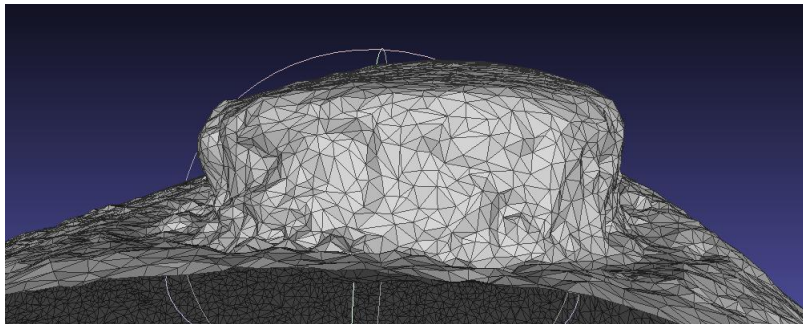
▶ Hipotézis alapja:

1. egység normálvektorok leképezése Gauss gömbre
2. dimenzió szűrés: ha a pontok a főkörön vannak, akkor henger
 - ▶ két koncentrikus gömb ρ és 2ρ sugárral
 - ▶ k_ρ és $k_{2\rho}$: pontok száma a gömbökön belül

$$D = \log_2 \frac{k_{2\rho}}{k_\rho}$$

1. próbálkozás: tartománynövesztés II

- ▶ Szabályos hengeren:
 - ▶ $D \sim 0$: pontcsomó a Gauss gömbön $\rightarrow$ alap
 - ▶ $D \sim 1$: kör a Gauss gömbön $\rightarrow$ palást
- ▶ Probléma: a henger nem teljesen szabályos és a szkennelés sem pontos



2. próbálkozás: felosztás görbület alapján

- ▶ A kavicsok általában konvexek
- ▶ A henger körül viszont konkáv a háló, ezt használjuk ki

1. becsüljük meg a Gauss görbületet minden p csúcsban

- ▶ α_i : i -edik szomszédos lap szöge p csúcsnál
- ▶ A_i : i -edik szomszédos lap területe

$$\delta(p) = 2\pi - \sum_i \alpha_i, \quad A(p) = \sum_i A_i, \quad G(p) = \frac{3\delta(p)}{A(p)}$$

2. rendezzük a csúcsokat görbületük szerint növekvő sorrendbe

3. töröljük a legkisebb görbületű csúcsot a hálóból

4. 4.1 ha az összefüggő komponensek száma 1, akkor goto 3

4.2 különben a 2. legnagyobb összefüggő komponenst tekintjük a hengernek

- ▶ Proof-of-concept, nem optimális

Simítás és szűrés

- ▶ A görbületet is befolyásolja, hogy zajos a háló
- ▶ A háló Laplace-féle simítása:
 - ▶ p pontra és $q_j, j \in [1 : n]$ szomszédjára legyen:

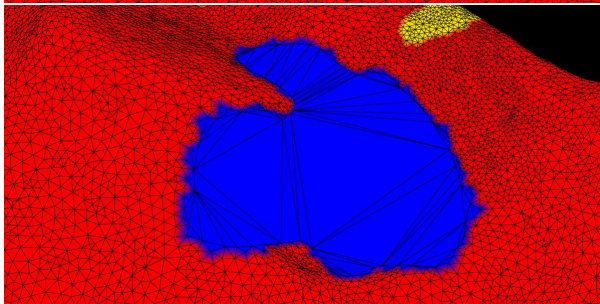
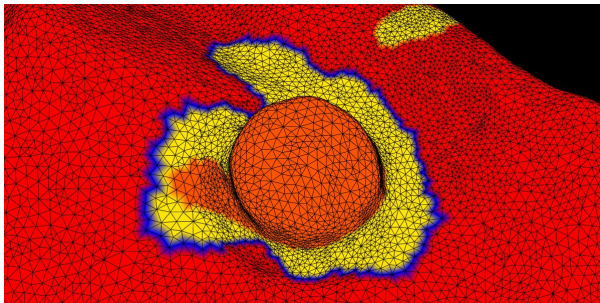
$$U(p) = \sum_j w_j (q_j - p), \quad w_j = 1/n$$

- ▶ λ simítási mértékkel

$$p_{\text{új}} = p_{\text{régi}} + \lambda U(p_{\text{régi}})$$

- ▶ A görbület szűrése: minden csúcsban a szomszédok átlaga vagy mediánja
- ▶ Eléggé ad-hoc λ választása, és hogy ezeket hányszor kell alkalmazni

Példa



Lyuk befoltozása

- ▶ Liepa algoritmus: minimális súlyú háromszögelés[3]
- ▶ Dinamikus programozás:

$$W_{i,k} \leftarrow \min_{i < m < k} [W_{i,m} + W_{m,k} + \Omega(v_i, v_m, v_k)]$$

$$W_{i,i+1} \leftarrow 0$$

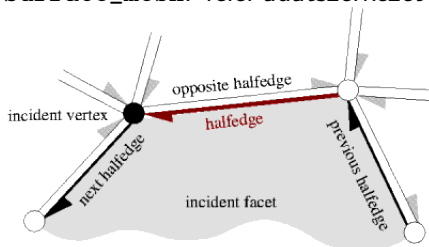
$$W_{i,i+2} \leftarrow \Omega(i, i+1, i+2)$$

$$\Omega(v_i, v_m, v_k) = v_i, v_m, v_k \text{ háromszög területe}$$

- ▶ $W_{0,n-1}$: minimális súlyú háromszögelés
- ▶ $\lambda_{i,k}$ = a minimumhoz tartozó m index $W_{i,k}$ számításánál
- ▶ $\lambda_{0,n-1}$ -től indulva rekurzívan visszaállítjuk a háromszögelést

Implementáció

- ▶ Computational Geometry Algorithms Library (CGAL)
- ▶ Surface_mesh: félél adatszerkezet



- ▶ A Boost Graph Library-vel gráfként is használható
- ▶ Lyuk a hálóban: `null_face`
- ▶ `Surface_mesh::remove_face`: csak a lapot törli, szomszédos féléleket nem állítja be
- ▶ `CGAL::Euler::remove_face`: törlés után be is állít mindent

Hivatkozások

-  Duccio Bertoni, Giovanni Sarti, Giuliano Benelli, Alessandro Pozzebon, and Gianluca Raguseo.
Radio frequency identification (RFID) technology applied to the definition of underwater and subaerial coarse sediment movement.
Sedimentary Geology, 228(3):140 – 150, 2010.
-  Gábor Domokos, András Sipos, Tímea Szabó, and Péter Várkonyi.
Pebbles, shapes, and equilibria.
Mathematical Geosciences, 42(1):29, Oct 2009.
-  Peter Liepa.
Filling holes in meshes.
In *Proceedings of the 2003 Eurographics/ACM SIGGRAPH Symposium on Geometry Processing*, SGP '03, pages 200–205, Aire-la-Ville, Switzerland, Switzerland, 2003.
Eurographics Association.
-  Balázs Ludmány and Gábor Domokos.
Identification of primary shape descriptors on 3D scanned particles.
Periodica Polytechnica Electrical Engineering and Computer Science, 62(2):59–64, 2018.
-  Tímea Szabó, Gábor Domokos, John P. Grotzinger, and Douglas J. Jerolmack.
Reconstructing the transport history of pebbles on mars.
Nature Communications, 6:8366 EP –, Oct 2015.
Article.
-  P.L. Varkonyi and G. Domokos.
Static equilibria of rigid bodies: Dice, pebbles, and the poincare-hopf theorem.
Journal of Nonlinear Science, 16(3):255–281, Jun 2006.