

ΕΚΘΕΣΗ ΠΡΟΟΔΟΥ

Υποψήφιος Διδάκτορας: Ιωάννης Κυριαζής

Το πρόβλημα

Το πρόβλημα που καλείται ο υποψήφιος διδάκτορας να επιλύσει είναι η εξαγωγή χαρακτηριστικών (feature extraction) από ένα 3D αντικείμενο, τα οποία θα είναι κατάλληλα για επεξεργασία με σχεδιαστικές εφαρμογές (CAD). Η εξαγωγή των χαρακτηριστικών γίνεται απευθείας από το νέφος σημείων που περιγράφει το 3D αντικείμενο, και το οποίο έχει παραχθεί από τη σάρωση του αντικειμένου με 3D σαρωτή laser ή κάποια παρόμοια τεχνική. Σκοπός είναι η δημιουργία ενός CAD μοντέλου το οποίο θα μπορεί να τροποποιείται ή να επανασχεδιαστεί και θα περιγράφει με ακρίβεια τη δομή και την τοπολογία του νέφους σημείων.

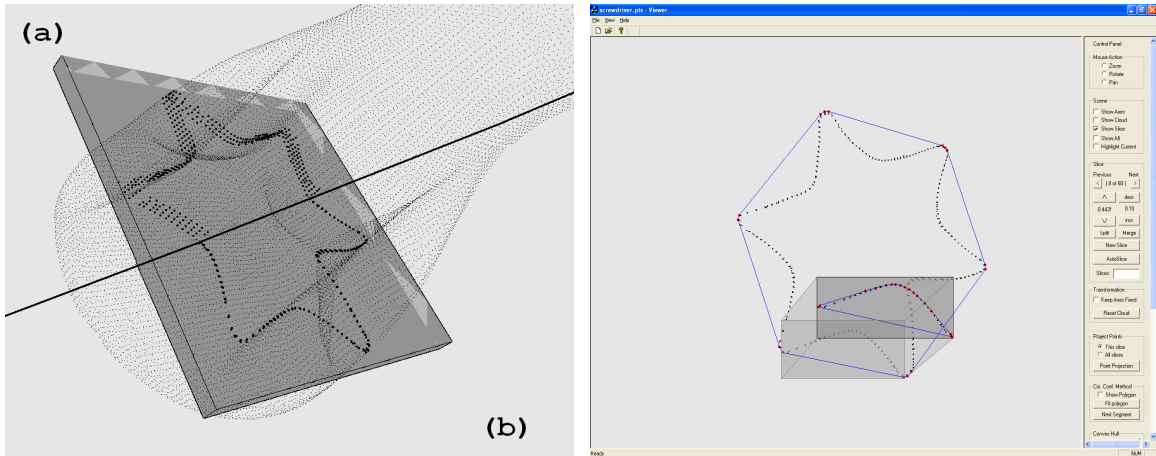
Προηγούμενες περίοδοι

Στο παρελθόν είχαν μελετηθεί μέθοδοι ανάστροφης μηχανικής (reverse engineering) που έχουν αναπτυχθεί για διάφορες εφαρμογές και τα διάφορα είδη αναπαράστασης που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση 3D μοντέλων. Πιο διεξοδικά μελετήθηκε η μέθοδος των Wu, Wong, Loh και Zhang [1], η οποία και υλοποιήθηκε. Η μέθοδος διαιρεί το νέφος σημείων σε υποσύνολα χρησιμοποιώντας εγκάρσιες τομές για να κόψει το αντικείμενο σε λεπτές φέτες, οι οποίες στη συνέχεια μπορούν να θεωρηθούν ως ξεχωριστά 2D νέφη σημείων. Τα νέφη σημείων που προκύπτουν επεξεργάζονται με χρήση τεχνικών 2D. Η μέθοδος αυτή αν και αναφέρεται για τη χρήση σε Rapid Prototyping, μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιτυχώς και σε εφαρμογές Reverse Engineering. Μεταξύ άλλων παρατηρήθηκε ότι η μέθοδος αυτή είναι αρκετά ευαίσθητη στην διάταξη των σημείων του νέφους, και τα αποτελέσματα που δίνει αποκλίνουν από τα επιθυμητά όταν το νέφος σημείων δεν είναι αρκετά πυκνό σε όλη του την επιφάνεια. Οι δοκιμές της μεθόδου έγιναν με το νέφος σημείου του κατσαβιδιού της Cyberware [2].

Τρέχουσα Εργασία

Στη συνέχεια ο υποψήφιος ανέπτυξε μια νέα μέθοδο για την εξαγωγή των χαρακτηριστικών από το νέφος σημείων, η οποία επίσης χρησιμοποιεί εγκάρσιες τομές για να χωρίσει το 3D νέφος σημείων σε λεπτές φέτες που μπορούν να θεωρηθούν ως ξεχωριστά 2D νέφη σημείων, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1α. Επειδή στην πραγματικότητα η κάθε φέτα έχει διακριτό πάχος, τα σημεία που ανήκουν σε αυτή θα είναι σημεία του 3D χώρου και δεν θα ανήκουν στο ίδιο επίπεδο. Για το λόγο αυτό προβάλλονται τα σημεία της φέτας σε ένα επίπεδο παράλληλο στη φέτα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1β.

Το σφάλμα που προκύπτει από την προβολή των σημείων στο επίπεδο εξαρτάται από τη διάταξη των σημείων στη φέτα και το πάχος της φέτας. Έτσι το πάχος της φέτας πρέπει να είναι τέτοιο που να περιγράφει το κομμάτι του 3D νέφους σημείων επαρκώς και ταυτόχρονα να μην αλλοιώνεται η πληροφορία των σημείων από την προβολή τους στο επίπεδο.



Εικόνα 1 (a) Το νέφος σημείων διαιρείται σε λεπτές φέτες που θεωρούνται ξεχωριστά 2Δ νέφη σημείων. (b) Τα σημεία που ανήκουν σε κάθε φέτα προβέλλονται σε ένα επίπεδο παράλληλο στη φέτα.

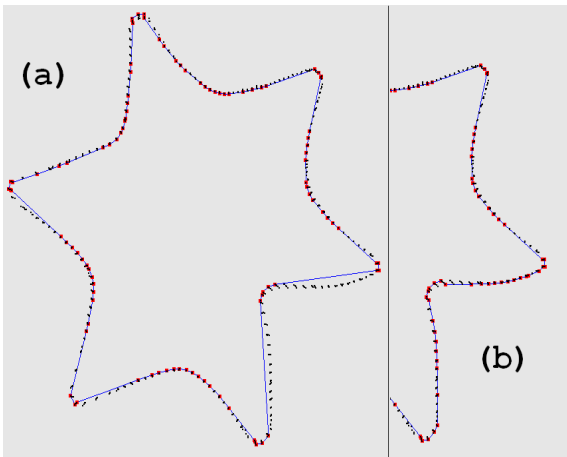
Εικόνα 2 Το κυρτό περίβλημα των σημείων μιας φέτας και μια περιοχή με το δικό της κυρτό περίβλημα.

Σημαντική επίσης είναι και η επιλογή της κατεύθυνσης που θα χρησιμοποιηθεί για τη διαίρεση του 3Δ αντικειμένου, καθώς τα χαρακτηριστικά που θα εξαχθούν εξαρτώνται από την κατεύθυνση της διαίρεσης σε φέτες. Πράγματι, αν επιλεγεί μια κατεύθυνση διαφορετική από την επιθυμητή, οι φέτες που θα προκύψουν θα περιγράφουν διαφορετικά τοπικά χαρακτηριστικά του αντικειμένου από τα αναμενόμενα.

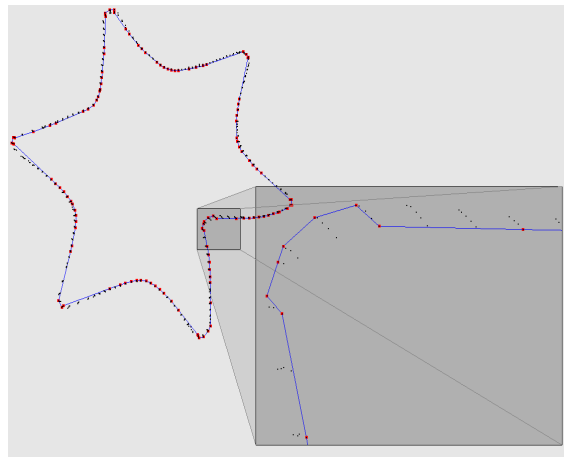
Αφού διαιρέσει το 3Δ αντικείμενο σε 2Δ φέτες, ο υποψήφιος επεξεργάζεται την κάθε φέτα ξεχωριστά. Αρχικά παίρνει το κυρτό περίβλημα (Convex Hull) [3] των σημείων της φέτας (Εικόνα 2), και για κάθε ευθύγραμμο τμήμα του κυρτού περιβλήματος ορίζει μια περιοχή στην οποία ανήκουν τα πιο κοντινά σημεία στο ευθύγραμμο τμήμα αυτό.

Στο σημείο αυτό έχουν αναπτυχθεί δυο εναλλακτικές μεθόδους για την εξαγωγή των χαρακτηριστικών σημείων (feature points) της φέτας. Ένας τρόπος είναι να πάρει για κάθε περιοχή το δικό της κυρτό περίβλημα και να συνδυάσει τα ευθύγραμμα τμήματα του αρχικού περιβλήματος με αυτά των επιμέρους περιοχών, ώστε να προκύψει ένα πολύγωνο το οποίο θα βρίσκεται κοντά στα σημεία της φέτας σε αρκετές περιοχές. Για να πλησιάσει το πολύγωνο τα σημεία σε όλες τις περιοχές επαναλαμβάνει υπολογίζοντας εκ νέου τις περιοχές για κάθε τμήμα το πολύγωνα και εφαρμόζοντας το κυρτό περίβλημα σε κάθε μια από αυτές. Το παράδειγμα της Εικόνας 2 φαίνεται ολοκληρωμένο (μετά από δυο επαναλήψεις) στην Εικόνα 3. Η μέθοδος τερματίζει όταν όλες οι περιοχές της φέτας περιγράφουν επαρκώς τα σημεία που αντιστοιχίζονται σε αυτές (Το κριτήριο τερματισμού περιγράφεται αναλυτικά από τον Said [4]).

Η προσέγγιση αυτή είναι ικανοποιητική όταν τα σημεία της φέτας παρουσιάζουν μικρή διασπορά. Σε περίπτωση που υπάρχει μεγάλη διασπορά των σημείων θα πρέπει να ακολουθηθεί μια διαφορετική προσέγγιση, αφού μπορεί να παρατηρηθεί το φαινόμενο ασυνέχειας στα σημεία όπου ενώνονται οι γειτονικές περιοχές (Εικόνα 4).

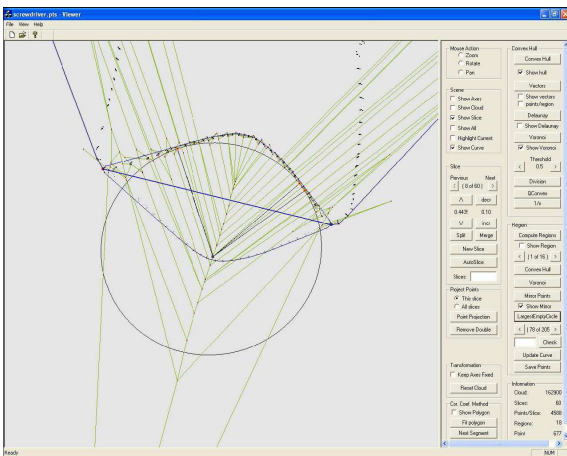


Εικόνα 3 (a) Στο πρώτο βήμα περιγράφονται επαρκώς κάποιες περιοχές. (b) Στο δεύτερο βήμα περιγράφονται επαρκώς οι περισσότερες περιοχές.

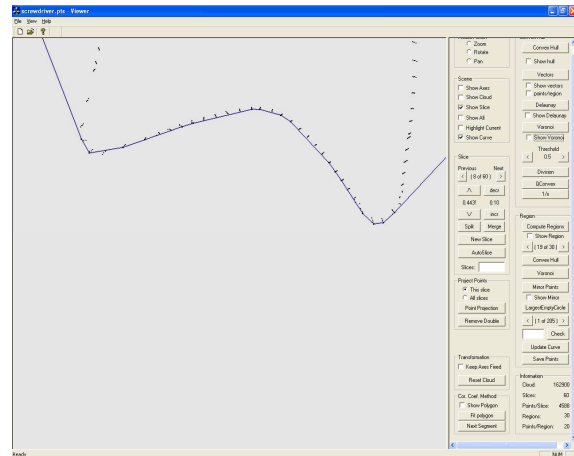


Εικόνα 4 Αν τα σημεία παρουσιάζουν μεγάλη διασπορά, ενδέχεται να παρουσιαστούν ασυνέχειες.

Ο δεύτερος τρόπος είναι να υπολογιστεί για τα σημεία της φέτας το διάγραμμα Voronoi [3], και για κάθε περιοχή να βρεθεί η πιο απομακρυσμένη κορυφή νοβοποι (ή η πιο απομακρυσμένη εντός μιας περιοχής) από το ευθύγραμμο τμήμα και στην αντίθετη πλευρά από εκείνη που βρίσκονται τα σημεία. Για την κορυφή νοβοποι που επιλέγει, ο υποψήφιος παίρνει τα τρία (ή περισσότερα) σημεία που βρίσκονται πάνω στον ‘μέγιστο κενό κύκλο’ [3] με κέντρο την κορυφή νοβοποι, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5. Τα σημεία αυτά αναγνωρίζονται ως χαρακτηριστικά σημεία και η μέθοδος συνεχίζει με κάποια πιο κοντινή νοβοποι ώστε να εντοπιστούν επιπλέον χαρακτηριστικά σημεία. Αν εντοπιστούν αρκετά χαρακτηριστικά σημεία στην περιοχή αυτή, ώστε να περιγράφονται τα σημεία της περιοχής επαρκώς, δεν απαιτούνται επιπλέον υπολογισμοί. Όταν εφαρμοστεί η μέθοδος σε όλες τις περιοχές σημείων της φέτας θα προκύψει ένα πολύγωνο που θα περιγράφει επαρκώς όλα τα σημεία της φέτας και δεν θα παρουσιάζονται οι ασυνέχειες της προηγούμενης μεθόδου αν τα σημεία της φέτας παρουσιάζουν μεγάλη διασπορά. Στην Εικόνα 6 φαίνεται το πολύγωνο όπως προσδιορίστηκε με την τελευταία μέθοδο για μια περιοχή της φέτας.



Εικόνα 5 Η πιο απομακρυσμένη κορυφή νοβοποι που δεν έχει απόσταση μεγαλύτερη από τα σημεία της περιοχής, και ο μέγιστος κενός κύκλος για την κορυφή αυτή.



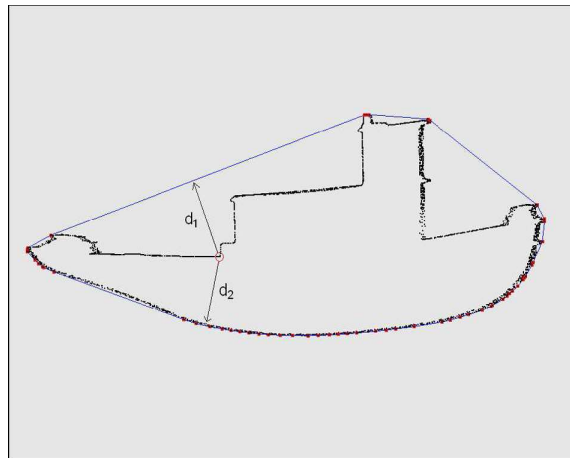
Εικόνα 6 Το πολύγωνο τώρα δεν παρουσιάζει ασυνέχειες όπως στην προηγούμενη προσέγγιση.

Υλοποίηση

Οι μέθοδοι που περιγράφηκαν έχουν υλοποιηθεί σε περιβάλλον Visual C++ με τη χρήση OpenGL για την οπτικοποίηση των δεδομένων. Στις εικόνες εμφανίζονται στιγμιότυπα της εφαρμογής και των δυνατοτήτων της. Για τον υπολογισμό του κυρτού περιβλήματος, αλλά και του διαγράμματος νοηοποι, όπου απαιτείται, χρησιμοποιήθηκε η υλοποίηση του αλγορίθμου Qhull από τους Barber, Dobkin, και Huhdanpaa [5].

Επόμενοι Στόχοι

Οι μέθοδοι βελτιώνονται συνεχώς για την πιο αποδοτική εκτέλεσή τους, και εμπλουτίζονται με νέες δυνατότητες και χαρακτηριστικά. Ένα πρόβλημα που δεν έχει επιλυθεί ακόμη εντοπίζεται στη διαίρεση των σημείων μιας 2D φέτας σε περιοχές. Προς το παρόν αντιστοιχίζουμε τα σημεία στο αντίστοιχο ευθύγραμμο τμήμα του ήδη υπολογισμένου πολυγώνου ανάλογα με την απόστασή του. Φαίνεται πως η προσέγγιση αυτή επαρκεί και είναι σωστή. Όμως έχουν εντοπιστεί περιπτώσεις στις οποίες δεν ισχύει ο ισχυρισμός αυτός, καθώς κάποια σημεία μπορεί να βρίσκονται κοντά σε ένα τμήμα του πολυγώνου, αλλά να πρέπει να αντιστοιχιστούν σε κάποιο άλλο τμήμα του πολυγώνου, που βρίσκεται στην απέναντι πλευρά της φέτας. Μια τέτοια περίπτωση εμφανίζεται στην Εικόνα 7, όπου βλέπουμε μια φέτα του νέφους σημείων μιας βάρκας, επίσης από τη Cyberware [2]. Η λύση είναι να αντιστοιχίσουμε το κάθε σημείο στο σωστό τμήμα του πολυγώνου, ανάλογα με το που έχουν αντιστοιχιστεί οι γείτονες του σημείου. Η μελέτη του προβλήματος αυτού όμως δεν έχει ολοκληρωθεί ακόμα και η αναλυτική περιγραφή του θα δοθεί σε επόμενη φάση.



Εικόνα 7 Κάποια σημεία ανήκουν σε περιοχή διαφορετική από αυτή που θα θέλαμε.

Δημοσιεύσεις

Σχετική με την εργασία είναι η δημοσίευση που έγινε στο συνέδριο GRAPP 07 με τίτλο:

I. Kyriazis, I. Fudos, and L. Palios, 'Detecting Features from Sliced Point Clouds'. 2nd International Conference on Computer Graphics Theory and Applications GRAPP, March 2007, <http://www.grapp.org/grapp2007/>.

Επίσης η τρέχουσα εργασία έχει υποβληθεί για δημοσίευση στο συνέδριο 11th IEEE International Conference on Computer Vision ICCV 07, October, 2007.

Βιβλιογραφία

- [1] Y. Wu, Y. Wong, H. Loh, and Y.F. Zhang. Modelling cloud data using an adaptive slicing approach. *Computer-Aided Design*, 36:231-240, 2004.
- [2] Cyberware. Cyberware Rapid 3D Scanners – Desktop 3D Scanner Samples. 1999. <http://www.cyberware.com/products/scanners/desktopSamples.html>.
- [3] M. e. a. De Berg. *Computational Geometry Algorithms and Applications*. Springer-Verlag, 1997.
- [4] M. A. Said. Polyline approximation of single-valued digital curves using alternating convex hulls. *Computer Graphics and Geometry*, 4:75–99, 2002.
- [5] C.B. Barber, D.P. Dobkin, and H.T. Huhdanpaa. The Quickhull Algorithm for Convex Hulls. *ACM Transactions on Mathematical Software*, 22, 4, 469-483, 1996. <http://www.qhull.org>.