

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ / ΕΞΕΤΑΣΗ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Κρητικάκης Γεώργιος

Μεταπτυχιακός Φοιτητής

Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Επόπτης Μεταπτυχιακής Εργασίας: Καθηγητής, Ι. Τόλλης

Παρασκευή, 25 Φεβρουαρίου 2022, ώρα 12:00 μ.μ.

Join Zoom Meeting

<https://zoom.us/j/98985564837>

“ Ανάλυση και Οπτικοποίηση Ιεραρχικών Γράφων”

Περίληψη

Σε αυτό το έργο εξερευνήσαμε αλγορίθμους αιχμής για διάσπαση γράφων σε μονοπάτια και κανάλια. Οι αλγόριθμοι μας είναι γραμμικοί ή σχεδόν γραμμικοί, και τα αποτελέσματά τους είναι πολύ κοντά στο βέλτιστο. Επιπρόσθετα, αναπτύξαμε ένα πλαίσιο οπτικοποίησης ιεραρχικών γραφημάτων που βασίζεται στην διάσπαση σε μονοπάτια και κανάλια και μας βοηθάει να αποκαλύψουμε κρίσιμες πτυχές των ιεραρχιών ενός γράφου.

Ακριβέστερα, θα δείξουμε πώς να δημιουργήσουμε μια υποβέλτιστη διάσπαση σε κανάλια ενός άκυκλου κατευθυνόμενου γραφήματος σε σχεδόν γραμμικό χρόνο. Ο αριθμός των καναλιών που δημιουργεί ο αλγόριθμος μας, τα οποία δεν μοιράζονται κοινούς κόμβους, είναι πολύ κοντά στο ελάχιστο. Η χρονική πολυπλοκότητα του αλγορίθμου μας είναι $O(|E|+c*I)$, όπου c είναι ο αριθμός των καναλιών και I ο αριθμός της μεγαλύτερης διαδρομής του γράφου. Θα δώσουμε αναλυτική εξήγηση στα επόμενα κεφάλαια. Αυτή η θεμελιώδης έννοια έχει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Θα επικεντρωθούμε σε μερικές από αυτές. Θα περιγράψουμε εκτενώς πώς να λύσουμε το πρόβλημα της μεταβατικής κλειστότητας και πώς να απαντάμε ερωτήματα σε σταθερό χρόνο δημιουργώντας ένα γνωστό σχήμα από δείκτες. Η

μέθοδος μας χρειάζεται $O(kc * |E_{red}|)$ χρόνο και $O(kc * |V|)$ χώρο. Ο όρος kc είναι το μέγεθος μιας υποβέλτιστης διάσπασης καναλιών, ο όρος E_{red} είναι το σύνολο των μη-μεταβατικών ακμών του γράφου, και ο όρος $|V|$ υποδηλώνει τον αριθμό των κόμβων. Επιπλέον θα δείξουμε πως το $|E_{red}|$ φράζεται, $|E_{red}| \leq width * |V|$, και θα περιγράψουμε πως μπορούμε να βρούμε ένα υποσύνολο του E_{tr} (σύνολο μεταβατικών ακμών) χωρίς να υπολογίσουμε τη μεταβατική κλειστότητα. Οι μεθοδολογίες μας συνοδεύονται από εκτενής πειράματα. Τα πειράματα μας δείχνουν ότι οι αλγόριθμοι μας δεν είναι απλώς αποδοτικοί στη θεωρία. Στη πράξη η απόδοση είναι ακόμα πιο μεγάλη.

Ακόμη, έχουμε αναπτύξει το Path-based-Framework (PBF). Το PBF είναι ένα πρόσφατο πλαίσιο οπτικοποίησης ιεραρχικών γραφημάτων που μοιάζει αλλά επίσης διαφέρει από το κλασικό πλαίσιο τεσσάρων φάσεων του Sugiyama. Το PBF βασίζεται στη ιδέα της διάσπασης του γράφου σε κανάλια και μονοπάτια. Επεκτείναμε αυτή την ιδέα. Ζωγραφίζουμε όλες τις ακμές, εφαρμόζουμε επικάλυψη ακμών, ελαχιστοποιούμε το ύψος, και μειώνουμε το πλάτος του γραφήματος εφαρμόζοντας τεχνικές όμοιες με αυτές του χρονο-προγραμματισμού εργασιών. Ως εκ τούτου, παρουσιάζουμε ένα γενικό μοντέλο οπτικοποίησης ιεραρχικών γραφημάτων. Τρέξαμε μια έρευνα χρήστη προκειμένου να μετρήσουμε την ευχρηστία και την αναγνωσιμότητα του. Βάλαμε ερωτήσεις σε γράφους που οπτικοποιήθηκαν από το δικό μας πλαίσιο, και συγκρίναμε την επίδοση των χρηστών σε σχέση με την οπτικοποίηση της βιβλιοθήκης OGDF που χρησιμοποιεί το πλαίσιο του Sugiyama. Τα αποτελέσματα μας φανέρωσαν ένα ξεκάθαρο πλεονέκτημα του PBF σε σχέση με το OGDF σε αυτά τα ερωτήματα.

Key words: Αλγόριθμοι, αλγόριθμοι γράφων, απόδοση, ιεραρχίες γράφων, διάσπαση γράφου σε κανάλια, διάσπαση γράφου σε μονοπάτια, συνένωση μονοπατιών, μεταβατική κλειστότητα, συμπιεσμένη μεταβατική κλειστότητα, μεταβατική αφαίρεση, διαχείριση ερωτημάτων, σχήμα δεικτών, ιεραρχικά γραφήματα, πειραματική εργασία, Άκυκλοι γράφοι, δομές δεδομένων.

University of Crete

Computer Science Department

M.Sc. Thesis

Georgios Kritikakis

Master's Thesis Supervisor: Professor, I. Tollis

Friday, 25 February 2022, 12:00 p.m.

Join Zoom Meeting

<https://zoom.us/j/98985564837>

“Analysis and Visualization of Hierarchical Graphs”

Abstract

In this work, we explore cutting-edge path and channel decomposition algorithms and applications. Our algorithms are linear or almost linear, and our results are very close to the optimum. Additionally, we developed a general-purpose hierarchical graph drawing framework based on path/channel decomposition that helped us reveal critical aspects of graph hierarchies.

More precisely, we will show how to create a sub-optimal channel decomposition of a DAG (directed acyclic graph) in almost linear time. The number of vertex-disjoint channels our algorithm creates is very close to the minimum. The time complexity of our algorithm is $O(|E| + c \cdot l)$, where c is the number of path concatenations and l is the longest path of the graph. We will give a detailed explanation in the following sections. This fundamental concept has a wide area of applications. We will focus on a few of them. We will extensively describe how to solve the transitive closure of graphs and answer queries in constant time by creating a known indexing scheme. Our method needs $O(kc \cdot |E_{red}|)$ time and $O(kc \cdot |V|)$ space. The factor kc is a sub-optimal number of channels, E_{red} is the set of non-transitive edges, and $|V|$ is the number of nodes. Moreover, we show that $|E_{red}|$ is bounded, $|E_{red}| \leq \text{width} \cdot |V|$, and we illustrate how to find a subset of E_{tr} (the set of transitive edges) without calculating transitive closure. We accompany our approach and algorithms with extensive experimental work. Our experiments reveal that our methods are not merely theoretically efficient since the performance is even better in practice.

Furthermore, we developed the Path-Based Framework (PBF). PBF is a recent graph drawing framework that resembles but also differs from the classical Sugiyama technique. PBF is based on the concepts of path and channel decomposition. We extended that idea. We draw all edges, apply edge bundling, minimize the height using a compaction technique, and reduce the width by applying algorithms similar to task scheduling. As a result, we present a generic framework suitable for hierarchical graph drawings. We conducted a user study to evaluate the performance and investigate its usability and readability. We put tasks on graph drawings calculated by our framework, and we compare the users' performance against the graph drawing results as computed by OGDF, which follows the Sugiyama technique. Our findings reveal a clear advantage in using the generic PBF over OGDF based on a set of tasks.

Key words: Algorithms, graph algorithms, performance, graph hierarchies, channel decomposition, path decomposition, path concatenation, transitive closure, compressed transitive closure, transitive reduction, query processing, indexing schemes, hierarchical graph drawings, experimental Study, DAG, data structures.