Kapitel 2

Visualisierung graphentheoretischer Algorithmen

CATBox (**C**ombinatorial **A**lgorithm **T**ool**Box**) ist ein in sich abgeschlossenes Lernsystem zur Einführung in die algorithmische Kombinatorik, das ein Lehrbuch und die am ZPR/ZAIK entwickelte Visualisierungs-Software *Gato* (**G**raph **A**nimation **To**olbox) kombiniert. Im Buch werden kombinatorische Probleme anhand praktischer Anwendungen motiviert. Zugrundeliegende mathematische Ideen und Hilfsmittel werden ausführlich dargelegt, und es wird auf die Modellierung und auf Lösungsansätze eingegangen. Gato visualisiert die Algorithmen und erleichtert so einerseits das Verständnis und erlaubt andererseits eine Vertiefung des Wissens durch Experimente mit Graphen und Algorithmen. CATBox wurde im Rahmen zweier Vorlesungen unserer Arbeitsgruppe bzw. in den begleitenden Übungen erfolgreich eingesetzt. CATBox wird im Frühjahr 2000 im Springer-Verlag erscheinen.

Konzeption

Das Ziel von CATBox ist die Vermittlung kombinatorischer Ideen anhand ausgewählter Problemstellungen. Die Erfahrungen mit dem seit 1987 bestehenden Vorgängersystem und vorhandenen Lehrbüchern haben gezeigt, daß weder ein Programm noch ein Lehrbuch alleine einen optimalen Zugang bieten können. Die Software ermöglicht es, die Dynamik eines Algorithmus darzustellen. Ein Buch ist ein geeigneteres Medium für die Vermittlung der mathematischen Grundlagen und Analysen von Algorithmen.

Darüber hinaus macht die Kombination aus Lehrbuch und Software visuell unterstütztes Lernen durch Interaktion mit dem Programm möglich. Der Benutzer wird so zum Betrachten, Experimentieren und Mitmachen eingeladen. Zielgruppe sind dabei die Hörer von Hochschulvorlesungen und Kursteilnehmer in Mathematik und Informatik in der gymnasialen Oberstufe.

Aufbau des Buches

In jedem Kapitel wird eine Problemklasse durch ein Beispielproblem vorgestellt. Die Praxisrelevanz der Problemklasse wird durch eine Reihe von Anwendungen motiviert. Im Anschluß werden Überlegungen vorgestellt, die zur Lösung des Problems geeignet scheinen und deren Erfolg bzw. Mißerfolg anhand der vorgestellten Probleme erläutert und begründet. Erfolgreiche Ideen werden in Algorithmen umgesetzt. Die Funktionsweise und Komplexität der Algorithmen wird im Programm verdeutlicht und dient als Motivation für den Beweis der Operationalität und die Diskussion der Komplexität im Buch.

Das Buch ist in fünf Kapitel gegliedert: Im ersten Kapitel wird das Problem, minimale aufspannende Bäume in Graphen zu finden, und seine erfolgreiche Lösung vorgestellt. Kapitel 2, 3 und 4 widmen sich dem Kürzeste-Wege-Problem, dem Maximaler-Fluß-Problem und dem Kardinalitätsmatching. Das letzte Kapitel behandelt primal-duale Algorithmen zur Lösung gewichteter Matching-Probleme.

Beschreibung des Programms

Gato benutzt eine graphische Benutzeroberfläche und läuft unter Linux, Unix, Microsoft Windows 95/98/NT und unter Macintosh OS. Um die Einarbeitungszeit zu minimieren, entsprechen die Elemente der Benutzungsoberfläche dem jeweiligen Systemstandard (native look-and-feel). Außerdem ist die Bedienung an bekannte Konzepte („Debugger“, Zeichenprogramm) angelehnt.

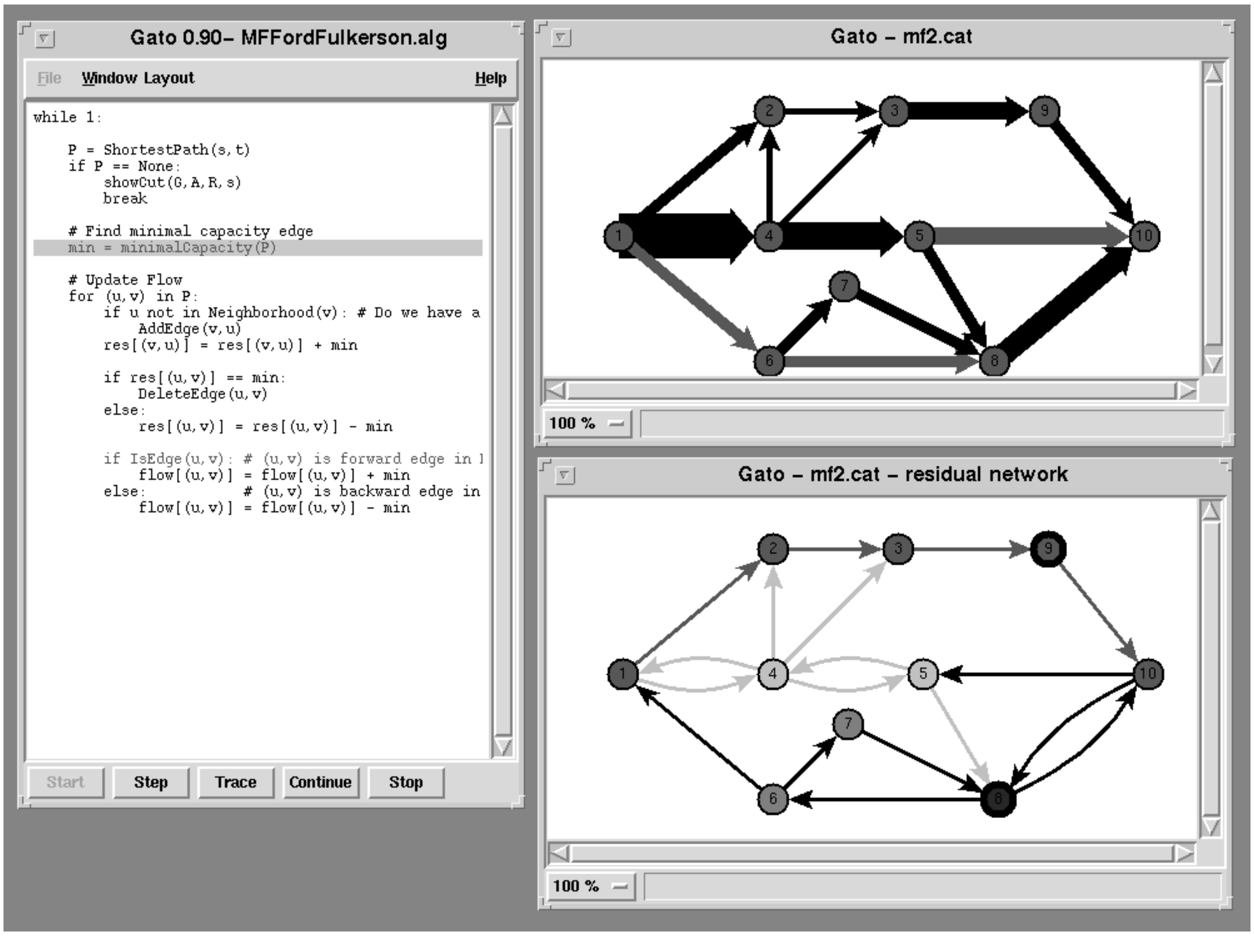

Abbildung 2.1: *Berechnung maximaler Flüsse in CATBox: Das Ford-Fulkerson Verfahren visualisiert in Gato*

Die Darstellung der Algorithmen ist zweigeteilt: Die Anweisungen werden im *Algorithmusfenster* in der Programmiersprache Python, die dem aus anderen Lehrbüchern bekannten Pseudocode ähnelt, angezeigt. Im *Graphfenster* wird die Probleminstanz, also der Graph, auf dem der Algorithmus abläuft, und die Arbeitsweise des Algorithmus detailliert visualisiert.

Der Ablauf kann vom Benutzer mittels der von „Debuggern" bekannten Eingriffsmöglichkeiten gesteuert werden. Ein Algorithmus kann vollständig oder zeilenweise ablaufen. Die Ausführung kann an sogenannten, vom Benutzer zu definierenden „Breakpoints" unterbrochen werden. Darüber hinaus bietet Gato dem Benutzer weitere Möglichkeiten, aktiv in den Ablauf einzugreifen.

Die Auswirkungen der Anweisungen in jeder Zeile auf den Graphen werden durch Änderungen von Kanten- und Knoten-Farben, Blinken und weitere optische Signale im Graphfenster unmittelbar verdeutlicht. Hierdurch lassen sich die Zusammenhänge zwischen den Vorschriften des Algorithmus und den Auswirkungen auf die jeweilige Probleminstanz direkt und schnell erfassen.

Für die im Lehrbuch vorgestellten Algorithmen liegt eine Bibliothek von Beispielgraphen vor. Die Algorithmen zeigen auf den jeweiligen Beispielgraphen sowohl ihr typisches, aber auch ihr „pathologisches" Verhalten. Außerdem ist ein einfacher Grapheditor zur interaktiven Erstellung und Veränderung von Graphen Teil von CATBox. Dieser erlaubt es dem Benutzer z. B. zu beobachten, inwieweit sich Änderungen der Beispielgraphen auf das Verhalten der Algorithmen auswirken.

Die verwendete Technologie und das Konzept der – weitgehend „automatischen" – Visualisierung durch animierte Datenstrukturen erlauben es, bestehende Algorithmen unter Beibehaltung der Visualisierung zu ändern bzw. neue Algorithmen mit geringem Aufwand visualisiert zu implementieren.