



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Seminararbeit Ringvorlesung

Tobias Hutzler

Seam Carving for Context-Aware Image Resizing
- Fotoalbum für mobile Endgeräte

Tobias Hutzler

Seam Carving for Context-Aware Image Resizing -
Fotoalbum für mobile Endgeräte

Seminararbeit im Rahmen der Veranstaltung Ringvorlesung
im Studiengang Informatik (Master of Science)
am Department Informatik
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Prüfer : Prof. Dr. rer. nat. Kai von Luck

Abgegeben am 28. Februar 2009

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	4
1.1 Grundlagen und Begriffe	4
1.2 Motivation	6
1.3 Zielsetzung	6
2 Vision	7
2.1 Mögliche Anwendungsfälle für Seam-Carving	7
2.2 Erweiterte Anwendungsfälle	8
3 Vorgehen	9
3.1 Recherche und Einarbeitung	9
3.2 Konkretisierung der Vision	9
3.3 Stabilisierung des Verfahrens	9
3.4 Komplexitätsanalyse und technischer Prototyp	10
3.5 Architektorentwurf	10
4 Risiko	11
5 Resümee	13
Abbildungsverzeichnis	14
Literaturverzeichnis	15

1 Einleitung

Diese Ausarbeitung hält die Vision von einem mobilen Fotoalbum unter der Verwendung von Seam-Carving [AS07] fest. Dies stellt einen ersten Abriss der bevorstehenden Masterthesis dar. Die vorliegende Arbeit legt den Schwerpunkt auf die Ausarbeitung der eigentlichen Vision, Betrachtung entstehender Risiken und ersten Lösungsansätzen. Seam-Carving und thematisch verwandte Verfahren werden in [Hut09] vorgestellt und diskutiert.

Bevor das Thema motiviert und die Zielsetzungen der Masterthesis einleitend aufgeführt werden, werden im nächsten Abschnitt grundlegende Begrifflichkeiten geklärt.

1.1 Grundlagen und Begriffe

Dieses Kapitel stellt grundlegende Begriffe und Technologien vor, die zum Verständnis des Lesers beitragen.

Seam-Carving Seam-Carving ist eine Technologie, welche die Größe von Bildern anpasst, ohne die wichtigen Bildobjekte zu verzerren. Es wird dabei der Bildinhalt untersucht um relevante Regionen beim Verkleinern zu schützen. Beim Vergrößern werden auf Basis der Bildsinhaltuntersuchung interpolierte Pixel eingefügt. Das Verfahren ist somit gegenüber dem Skalieren inhaltssensitiv. Seam-Carving dagegen wertet über eine Energiefunktion den Bildinhalt aus und kann so „*content-aware*“ das Bild in seiner Größe verändern, in dem es über eine Energie-Funktion die Bildenergie des Bildes berechnet. Durch Berechnung des minimalen Energiepfades kann ein Seam ausgeschnitten werden, um das Bild zu verkleinern, respektive an diesem Pfad ein Seam eingefügt werden, um das Bild zu vergrößern.

Energie-Funktion Über die Energie-Funktion wird der Bildinhalt auf dessen Relevanz hin untersucht. Somit lassen sich wichtige Bildregionen und weniger wichtige Bildregionen bestimmen. Avidan und Shamir untersuchen mehrere verschiedene Energie-Funktionen. Aus zwei Energie-Funktionen, welche sich laut Avidan und Shamir gut für Seam-Carving eignen ist e_1 ¹ e_1 ist wie folgt definiert [AS07]:

¹Das zweite favorisierte Verfahren e_{HOG} wird in [Hut09] vorgestellt.

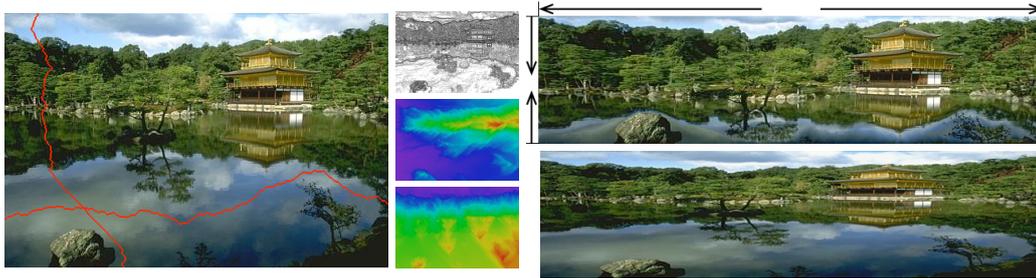


Abbildung 1.1: Links zu sehen ist das Originalbild. Rot sind dort der 1. vertikale und horizontale Seam eingezeichnet. In der Mitte ist die Gradientenkarte durch die Gradientenfunktion e_1 dargestellt. Darunter in der Mitte sind die resultierenden vertikalen und horizontalen Energie-Karten des Originalbildes zu sehen. Rechts oben ist das durch Seam-Carving skalierte Bild zu sehen. Rechts unten das durch normal skalierte Originalbild [AS07].

$$e_1(I) = \left| \frac{\delta}{\delta x} I \right| + \left| \frac{\delta}{\delta y} I \right|$$

Wobei e_1 die Gradientenfunktion ist.

Seam Ein Seam wird von Avidan und Shamir wie folgt definiert:

A seam is an optimal 8-connected path of pixels on a single image from top to bottom, or left to right, where optimality is defined by an image energy function [AS07].

Ein Seam wird durch das Verfolgen des Pfades mit der geringsten Energie von einem Bildrand zum gegenüberliegenden Bildrand gefunden und ist wie folgt definiert:

$$s^* = \min_s E(s) = \min_s \sum_{i=1}^n e(I(s_i))$$

Die Berechnungsmethode dafür ist sehr einfach: Finde das Minimum von drei Pixels in der darauffolgenden Zeile oder Reihe. Die Minimalbestimmung der drei anliegenden Pixel in der nächsten Spalte oder Zeile wird so lange wiederholt bis der gegenüberliegenden Bildrand erreicht ist. Dieser minimale „8-connected path“ ist dann einem Seam.

Die Abbildung 1.1 visualisiert die wichtigen Schritte des Verfahrens. Das Ergebnis aus Skalieren und Seam-Carving ist ebenfalls dargestellt.

1.2 Motivation

Die Attraktivität mobiler Endgeräte nimmt durch neue Formen der Interaktion, Funktion und der Größe der Displays ständig zu. Allerdings ist letzteres durch seine praktische Einsatzfähigkeit eine akzeptierbare Grenze gesetzt, die heutzutage beispielsweise bei Apples iPhone² oder dem Google-Phone G1³ nahezu erreicht ist. Es muss nach effektiveren Wegen gesucht werden um Inhalte zielgerichtet dem Benutzer zu präsentieren. Die Vision beinhaltet einen solchen Weg für die effektivere Darstellung von Bildern. Hierfür verfolgt der Autor den Einsatz des von Avidan und Shamir auf der SIGGRAPH 2007 vorgestellten Verfahrens [AS07].

1.3 Zielsetzung

Der Autor verfolgt Seam-Carving für eine mobile Fotoalbums-anwendung einzusetzen. Die Anwendung wird dabei nach Standards und Vorgehensweisen entwickelt. Bisher gefundene mögliche Anwendungsfälle, für welche Seam-Carving eingesetzt werden kann, sind die Zoom-in/Zoom-out Funktion, die Thumbnailerstellung für die Albumsübersicht und das Drehen des mobilen Endgerätes von der horizontalen in die vertikale Perspektive oder umgekehrt, wie es von Apples iPhone oder dem Google-Phone unterstützt wird.

²<http://www.apple.com/iphone/specs.html>

³<http://www.t-mobile.de/g1/technische-details> referenziert am 26.02.2009

2 Vision

Dies Kapitel beschreibt abstrakt die Vision für ein content-aware mobiles Fotoalbum unter Verwendung von Seam-Carving. Abstrakt deshalb, weil für eine konkrete Beschreibung noch wichtige Arbeitsschritte in der Masterthesis erfolgen müssen, bevor eine Aussage über das Design und die Architektur der Anwendung getroffen werden kann.

Auf den ersten Blick wird sich das Fotoalbum von einem mobilen Fotoalbum kaum unterscheiden. Die Funktionalität der zu entwickelnden Anwendung soll gleich oder größer als die bisheriger Standardfotoanwendungen auf mobilen Endgeräten sein.

Heutzutage findet man bspw. auf dem iPhone die Applikation Foto, bei der die Bilder, welche man entweder mit der eingebauten Kamera oder von iPhoto synchronisiert hat, dargestellt. Anzumerken ist, dass die Fotoapplikation auf dem iPhone eine sehr eingeschränkte Funktionalität bietet. Es werden alle Bilder, die mit der internen Kamera aufgenommen werden im Fotoalbum „Film“ angezeigt. Eine Zuordnung in andere Alben kann nur remote und durch anschließenden Synchronisation erfolgen. Es ist also nicht möglich eigene Alben anzulegen und Fotos diesen zuzuordnen. Das ausgewählte Album stellt die Bilder in einer Thumbnail-Übersicht dar. Man kann sich jetzt die Fotos im Hoch- oder Breitformat einzeln ansehen, zoomen, oder durch eine 90° Drehung zwischen Hoch- und Breitformatansicht wechseln.

Ebenso spartanisch ist die jetzige Fotoapplikation in Google Android. Allein daraus wird klar, dass ein gewisser Handlungsbedarf auch ohne den Einsatz von Seam-Carving besteht, die Fotoapplikation auf mobilen Endgeräten mit Funktionalität (Taggen oder Annotieren der Bilder nach Themen, Orten oder Personen, das Sortieren von Bildern, Zuordnung zu unterschiedlichen Alben, etc.) anzureichern.

Im folgendem werden nun die Anwendungsfälle bei denen Seam-Carving zum Einsatz kommen soll vorgestellt.

2.1 Mögliche Anwendungsfälle für Seam-Carving

Dieser Abschnitt beschreibt die Basis-Anwendungsfälle bei denen Seam-Carving eingesetzt werden soll:



Abbildung 2.1: Links ist das Original bild zu sehen. Rechts wurde durch die sehr anwenderfreundlichen Entfernen-Funktion der rosa Schuh (obere Reihe 4. Schuh von links) entfernt [AS07].

Zoom-in/Zoom-out Das Skalieren der Bilder soll durch Seam-Carving unterstützt werden. Beim iPhone benutzt der Anwender Zeigefinger und Daumen um das Bild in der Diagonalen zusammen zu schieben oder auseinander zu ziehen.

Optimieren des Bildverhältnis beim Drehen des Gerätes In Abhängigkeit von der Haltung des Gerätes wird das Foto im Hochformat oder Breitformat dargestellt. Durch schwenken um 90° kann der Anwender zwischen beiden Perspektiven wechseln. Seam-Carving soll auch in diesem Anwendungsfall eingesetzt werden um Bilder für die beiden ansichten zu optimieren.

Thumbnail-Übersicht der Alben Die Thumbnail-Übersicht der Fotoalben skalieren die Bilder nur auf die Thumbnail-Größe. Auch hier kann Seam-Carving eingesetzt werden um in der Thumbnail-Übersicht die wichtigen Bildbereiche darzustellen.

2.2 Erweiterte Anwendungsfälle

Die Technologie könnte auch viel Stoff für weitere Anwendungsfälle liefern, wie beispielsweise eine Spiel daraus zu entwickeln. Eine erste Idee ist in [AS07] zu finden. Die Abbildung 2.1 konkretisiert diese Spielidee. Man könnte sich auch ein Rätselspiel vorstellen in dem der Anwender ein geschossenes Bild verzerrt und andere Mitspieler das zugehörige Originalbild erraten müssen. Erste Anreize um diese Vision weiter zu konkretisieren liefern der in der *Communications* veröffentlichte Aritkle „*Designing games with a purpose*“ [vAD08].

3 Vorgehen

Dieses Kapitel zeigt das Vorgehen um die in Kapitel 2 vorgestellte Vision der Masterthesis umzusetzen. Im Folgenden werden die durchzuführenden Aufgaben vorgestellt, die zum Erfolg der Umsetzung beitragen. Darauf aufbauend kann zum jetzigen Zeitpunkt eine erste Risikoanalyse durchgeführt werden, welche im nächsten Kapitel zu finden ist.

3.1 Recherche und Einarbeitung

An erster Stelle ist hier die weitere Recherche und Einarbeitung in die Thematik zu nennen.

3.2 Konkretisierung der Vision

Die Vision befindet sich zu diesem Zeitpunkt in einer sehr frühen Phase. Die bereits zu erkennenden Strukturen müssen jedoch noch weiter konkretisiert und spezifiziert werden.

3.3 Stabilisierung des Verfahrens

Seam-Carving zeigt sehr gute Ergebnisse allerdings lassen sich nicht alle Bilder mit diesem Verfahren skalieren. Oft ist auch ein manueller Eingriff des Benutzers gefragt, um wichtige Bildbereiche manuell zu schützen. Schützen ist im Zusammenhang mit Seam-Carving als eine Erhöhung der Energiewerte in diese Bildregion zu verstehen. Diese *Energiehügel* in den Bildern werden dann bei der Berechnung des Seams umwandert. In [Hut09] wird diese Problematik thematisiert und es werden zwei Verfahren vorgestellt, die Seam-Carving über die jetzige Stabilität hinaus, automatisch oder semi-automatisch unterstützen können.

3.4 Komplexitätsanalyse und technischer Prototyp

Aufwendigere Bildverarbeitungsverfahren sind bekannterweise rechen- und speicherintensiv. Da die Anwendung auf einem mobilen Endgerät ausgeführt werden soll, welche heutzutage doch über eine stetig steigende Rechen- und Speicherkapazität verfügen, allerdings nicht speziell auf komplexe Rechenoperationen ausgelegt sind ist es erforderlich einerseits das Verfahren auf seine Komplexität hin zu analysieren und parallel einen entsprechenden Prototypen zu implementieren. Anhand des Prototypen können erste Erfahrungen und Eindrücke gewonnen werden. Die Rechen- und Speicherauslastung sowie die Laufzeit lassen sich durch einen solchen Prototyp subjekt einschätzen und darüber hinaus quantitativ messen. Durch diese frühzeitigen Aufgaben lassen sich dann Rückschlüsse auf die resultierende Anwendungsarchitektur, das Design, die Implementierung und die Optimierung der Algorithmen ziehen.

3.5 Architektorentwurf

Liegen die Ergebnisse der Komplexitätsanalyse und des Prototypen vor, kann eine Softwarearchitektur für die Vision entworfen werden. Eine zu diesem Zeitpunkt getroffene Aussage wäre nicht fundiert genug.

4 Risiko

Im folgenden werden die Risiken und erste Lösungsansätze oder Maßnahmen beschrieben, um diesen entgegenzuwirken. Einige Risiken sind bereits jetzt nicht mehr als solche einzustufen, und konnten in Anwendungen 2 und Ringvorlesung bewältigt werden, sind aber für eine komplette Übersicht aufgeführt.

Quereinsteiger in die Bildverarbeitung Der Autor muss sich selbst als Quereinsteiger in die Thematik sehen. Da dieses Risiko frühzeitig klar erkannt wurde, konnte der Autor die Zeit nutzen, um sich intensiv mit den für diese Vision relevanten Standardverfahren der Bildverarbeitung in der Informatik vertraut zu machen. Dies beinhaltete anfangs das Verfahren Seam-Carving und die thematisch verwandten oder unterstützenden Verfahren der Bildverarbeitung zu durchdringen. Durch die frühe Priorisierung dieses Punktes ist es dem Autor gelungen das Risiko schon zum jetzigen Zeitpunkt auf ein Minimum zu reduzieren.

Anforderungen an mobiler Anwendungen Mobile Anwendungen müssen auf Grund der geringeren Rechenleistung und Speicherkapazität mobiler Endgeräte äußerst effektiv im Umgang mit komplexen algorithmischen Berechnungen sein. Dies stuft der Autor zum jetzigen Zeitpunkt als klares Risiko ein.

Die Gegebenheiten und Randbedingungen müssen allerdings ingenieurmäßig analysiert und konkretisiert werden. Die folgenden Maßnahmen sieht der Autor als Ziel führend an. In der Masterthesis muss eine Komplexitätsanalyse des Seam-Carving Algorithmus durchgeführt werden. Unterstützend dazu ein Prototyp realisiert werden, der eine quantitative Messung der Werte ermöglicht. Anhand dieser Analyse und der Ergebnisse des Prototypes können dann entsprechende Gegenmaßnahmen erfolgen. Im Falle einer für den Anwender ungenügenden Rechenzeit kann versucht werden die Anwendung zu parallelisieren. Erste Bestrebungen Seam-Carving zu parallelisieren existieren bereits seit geraumer Zeit ¹. Eine weitere Lösungsweg könnte sein, die Anwendung zu verteilen. Sprich das, rechenintensive Operationen nicht auf dem mobilen Endgerät erfolgen, sondern auf einen oder mehrere dedizierte Server verteilt werden.

¹Mackenzie White, University of Pennsylvania, GPU BASED REAL-TIME SEAM CARVING CIS 665 PROJECT DESIGN DOCUMENT, <http://www.seas.upenn.edu/cis665/projects2008/Mack%20White%20Project%20Proposal.pdf>, referenziert am 17.2.2009

Akzeptanz der Benutzer bzgl. der Geschwindigkeit Der Erfolg einer Anwendung lässt sich an der Akzeptanz seiner Benutzer messen. Ein Maß für die Akzeptanz von Benutzern ist die Geschwindigkeit mit der sich die Bilder durch Seam-Carving skalieren lassen. Für einen Benutzer sind bei dieser Anwendung die subjektive verzögerungsfreie Reaktion beim Zoom-in und Zoom-out eine messbare Eigenschaft der Anwendung. Diesem Risiko kann durch die oben aufgeführten Gegenmaßnahmen entgegengewirkt werden.

Akzeptanz der Benutzer bzgl. der Bildqualität Ein weiterer Erfolgsindikator für diese Vision ist die resultierende Bildqualität des durch Seam-Carving gestützten Skalierens. Wie Avidan und Shamir in [AS07] gezeigt haben, gibt es bestimmte Bilder für die sich Seam-Carving nur bedingt eignet. Es müssen also Wege gefunden werden, welche das Seam-Carving dahingehend unterstützen. Ein möglicher Lösungsansatz von Avidan und Shamir ist solche Bilder dann nach dem bekannten Verfahren zu skalieren oder vorher interaktiv Bildbereiche zu schützen. Der Autor erhebt aber den Anspruch auf eine Interaktion des Benutzers weitgehend zu verzichten, diese zwar optional anzubieten aber nach Möglichkeit eine semi-automatische, im optimalen Fall jedoch ein automatisches Verfahren zu integrieren, welches wichtige Bildbereiche schützt. Erste Verfahren dazu werden in [Hut09] vorgestellt. Die Verfahren erkennen entweder semi-automatisch unter Einbezug der Augenbewegung des Benutzers oder automatisch durch Objekterkennung in Bildern die wichtigen Bereiche.

5 Resümee

Abschließend wird an dieser Stelle ein Ausblick auf das weitere Vorgehen gegeben. Der Autor wird sich im Rahmen seiner Masterarbeit anfangs auf eine weitere Recherche und Vertiefung in die Thematik konzentrieren. Die aufgezeigte Technologie soll durch eine Komplexitätsanalyse und einen technischen Prototypen weiter evaluiert werden. Die daraus resultierenden Erkenntnisse ermöglichen die Konkretisierung der vorgestellten Vision und die Festlegung der Anwendungsarchitektur.

Abbildungsverzeichnis

- 1.1 Links zu sehen ist das Originalbild. Rot sind dort der 1. vertikale und horizontale Seam eingezeichnet. In der Mitte ist die Gradientenkarte durch die Gradientenfunktion e_1 dargestellt. Darunter in der Mitte sind die resultierenden vertikalen und horizontale Energie-Karten des Originalbildes zu sehen. Rechts oben ist das durch Seam-Carving skalierte Bild zu sehen. Rechts unten das durch normal skalierte Originalbild [\[AS07\]](#). 5
- 2.1 Links ist das Original bild zu sehen. Rechts wurde durch die sehr anwenderfreundlichen Entfernen-Funktion der rosa Schuh (obere Reihe 4. Schuh von links) entfernt [\[AS07\]](#). 8

Literaturverzeichnis

- [AS07] AVIDAN, SHAI und ARIEL SHAMIR: *Seam carving for content-aware image resizing*. ACM Trans. Graph., 26(3):10, 2007.
- [Hut09] HUTZLER, TOBIAS: *Seam Carving Concurrent Work*. Anwendung2, HAW Hamburg, 2009. www.informatik.haw-hamburg.de.
- [vAD08] AHN, LUIS VON und LAURA DABBISH: *Designing games with a purpose*. Commun. ACM, 51(8):58–67, 2008.