

Bau einer Laserharfe

Joseph Hönnerscheid¹ and Achim Sieg¹

Informatik IV, Universität Bonn, Germany
hoenner@cs.uni-bonn.de, sieg@cs.uni-bonn.de

Abstract

Laserharfen sind moderne, elektronische Instrumente. Sie projizieren einen Fächer aus Laserstrahlen, die bei Unterbrechung eines Strahls einen Ton erklingen lassen. Darüber hinaus zeichnen sie sich meist durch die Verwendung standardisierte Schnittstellen aus, sodass verschiedene Laserprojektoren für die Projektion der Strahlen und verschiedene Synthesizer zur Erzeugung der Töne genutzt werden können. Im folgenden Beitrag werden Aufbau und Funktionsweise einer solchen Laserharfe, die im Rahmen einer Projektgruppe im Wintersemester 2013/14 entstanden ist, beschrieben.

1 Einführung

Laserharfen sind Musikinstrumente, die einen Fächer aus Laserstrahlen projizieren. Bei Unterbrechung eines der Strahlen lassen sie einen Ton erklingen. Seit einigen Jahren gibt es zahlreiche kommerzielle Harfen, welche oft nur aus einem Controller bestehen, welcher über Standardschnittstellen an einen Laserprojektor und einen MIDI-Synthesizer angeschlossen werden.

Zielsetzung der Projektgruppe, in der die Laserharfe entstanden ist, war es eine solche zu entwickeln, die sich am Funktionsumfang kommerzieller Lösungen orientiert. Als Beispiel einer solchen kommerziellen Lösung wurde uns der ProLight Laserharfen - Controller, welche aus einem optischen Sensor und einem Steuersystem besteht, vorgestellt.¹

¹PROLIGHTHARP:1.

2 Aufbau

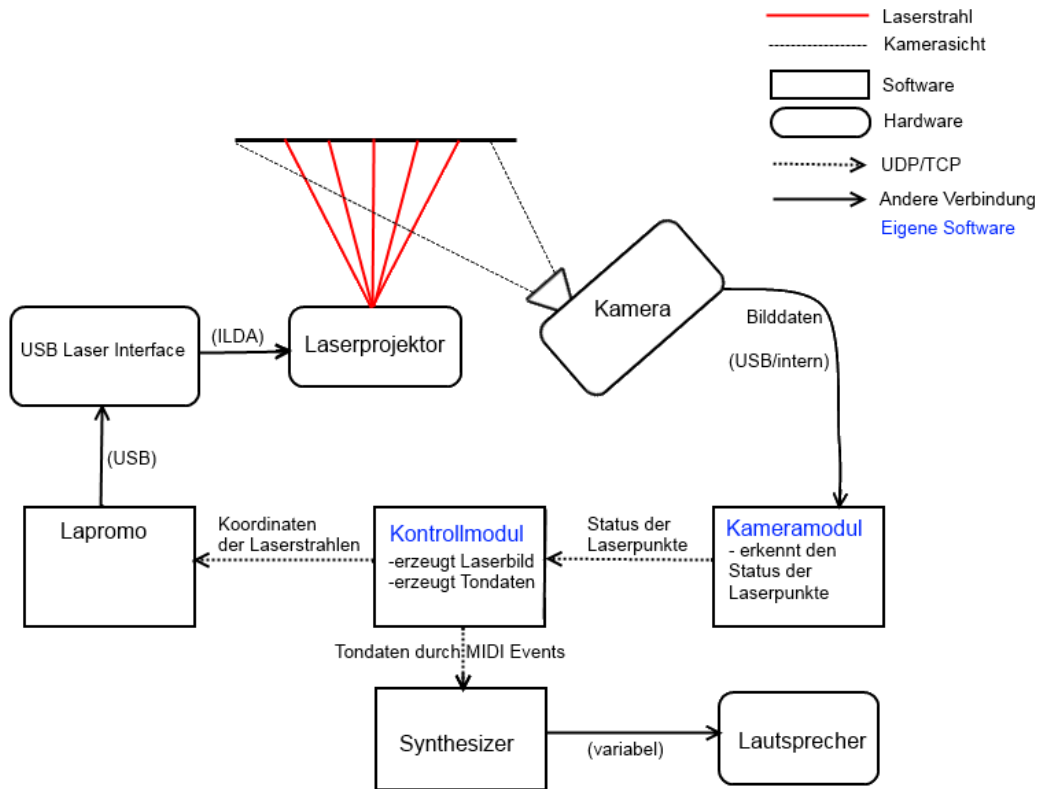


Figure 1: Aufbau der Laserharfe

Der Kern der Laserharfe besteht aus 2 Modulen. Ein Kameramodul ermittelt anhand eines Kamerabildes, welche Laserstrahlen unterbrochen werden und überträgt diese Information an ein Kontrollmodul. Anhand dieser Daten werden entsprechende MIDI-Events projiziert, die von einem Synthesizer verwendet werden, um Töne zu erzeugen. Außerdem berechnet das Kontrollmodul den aufzuspannenden Laserfächer und übergibt die Positionen der Laserpunkte, an das Laser Projektions Modul (LaProMo), welches für die Projektion verantwortlich ist. Beide Module wurden auf Ubuntu Linux 13.10 entwickelt. Da die Module und LaProMo über UDP miteinander kommunizieren, besteht die Möglichkeit diese auf verschiedenen oder zusammen auf einem einzigen System auszuführen. Als Kamera wurden diverse externe und interne Webcams verwendet, als Softwaresynthesizer wurde `fluidsynth`² benutzt.

3 Grundlagen

Zum Bau der Laserharfe wurden auf existierende Technologien zurückgegriffen, diese wird hier kurz vorgestellt.

LaProMo (Laser Projektions Modul) ist die in C++ geschriebene Software zur Steuerung der Laserprojektoren im *Laser & Light Lab* von Abteilung IV. LaProMo ist eine

²*FluidSynth*. URL: <http://fluidsynth.sourceforge.net> (visited on 05/10/2014).

Server-Software, welche Bildinformationen per UDP oder TCP entgegen nimmt, diese aufbereitet und dann über eine per USB angebundene easylase-Box auf einem Laserprojektor ausgibt.

Zur weiteren Konfiguration besitzt LaProMo darüber hinaus ein GUI, über die sich u.A. die Skalierung des ausgegebenen Bildes sowie die Tönung der Farben und einige weitere Parameter zur Laufzeit verändern lassen.

MIDI (Musical Instrument Digital Interface) ist ein Standard, welcher sowohl Protokolle als auch entsprechende Hardware umfasst. Mit MIDI ist es möglich Synthesizer und deren Bedienelemente modular zu halten und zu trennen. Laserharfen nutzen diesen Standard oft um Synthesizer anzusprechen.³

OpenCV ist eine Programmbibliothek mit Fokus auf Computervision und Bildbearbeitung. Ihr Funktionsspektrum reicht von einzelnen Pixelmanipulationen bis hin zu Gesichts- und Objekterkennung. Außerdem überzeugt sie durch die große Geschwindigkeit ihrer Algorithmen.⁴

GTK+2.0⁵ und **Qt**⁶ wurden verwendet um die Grafischen Benutzeroberflächen für die Module zu erstellen. Als GUI-Toolkits sind beide dazu geeignet die Entwicklung von grafischen Oberflächen stark zu beschleunigen.

4 Kontrollmodul

Die Hauptaufgabe des Kontrollmodules ist es, die Laserstrahlen zu projizieren und anhand der Daten die vom Kameramodul empfangen werden Töne erklingen zu lassen. Zur Projektion der Laserstrahlen wird auf LaProMo zurückgegriffen, wodurch die Ansteuerung des Lasers stark abstrahiert wird und über UDP-Pakete geschieht. Zur Generierung von Töne werden MIDI-Events erzeugt, wodurch der eigentliche Ton erst in einem zweiten Schritt und durch einen (austauschbaren) Synthesizer erzeugt wird.

Die Zweite wichtige Aufgabe des Kontrollmodules ist es, diesen gesamten Prozess möglichst konfigurierbar zu gestalten. Zu diesem Zweck lassen sich die Zuordnung von Instrumenten und Noten zu den Laserstrahlen im laufenden Betrieb über eine TCP-Verbindung konfigurieren, um diesen Prozess zu vereinfachen existiert eine plattformunabhängige, grafische Client-Anwendung.

5 Kameramodul

Die Aufgabe des Kameramoduls ist es, die Position einzelner Laserstrahlen auf einem Kamerabild zu finden und im Folgenden den Status dieser einzelnen Laserstrahlen an das Kontrollmodul weiterzuleiten. Für die Konfiguration der Kamera sowie das Speichern und Bearbeiten der Bilddaten wird die Programmbibliothek OpenCV verwendet.

Bei Start des Kameramoduls, muss der Nutzer die IP-Adresse des Kontrollmoduls sowie die Anzahl der abgestrahlten Laserpunkte angeben. Danach kann der Nutzer die Farbwerte der Laserpunkte angeben. Alternativ kann auch eine Konfigurationsdatei mit der erweiterten Parametern, wie die Auflösung der Kamera oder die Zuordnung an Rechenzeit für die GUI und Videofunktionen, übergeben werden.

Anschließend werden die Farbwerte der einzelnen Pixel iterativ mit den Nutzereingaben verglichen. Sollte ein noch nicht verglichener Bildpunkt, eine den Nutzereingaben ähnliche Farbe haben, werden rekursiv alle benachbarten Bildpunkte ebenfalls mit den Nutzereingaben

³MIDI Manufacturers Association. URL: <http://www.midi.org> (visited on 05/10/2014).

⁴OPENCV (Open Source Computer Vision). URL: <http://opencv.org> (visited on 05/10/2014).

⁵The GTK+ Project. URL: <http://www.gtk.org> (visited on 05/10/2014).

⁶QT Digia. QT Project. URL: <http://qt-project.org> (visited on 05/10/2014).

verglichen. Die größten dieser so gefundenen Bildpunktcluster werden als ein Laserpunkt interpretiert(Fig.2). Anschließend müssen die Laserpunkte nach ihrer Position auf dem Bild sortiert werden. Alternativ kann der Nutzer auch durch die GUI die Position einzelner Laserpunkte angeben oder ein Bild des Hintergrundes machen, welches vom Modul mit der aktuell aufgenommenen Kamerabild verglichen wird.

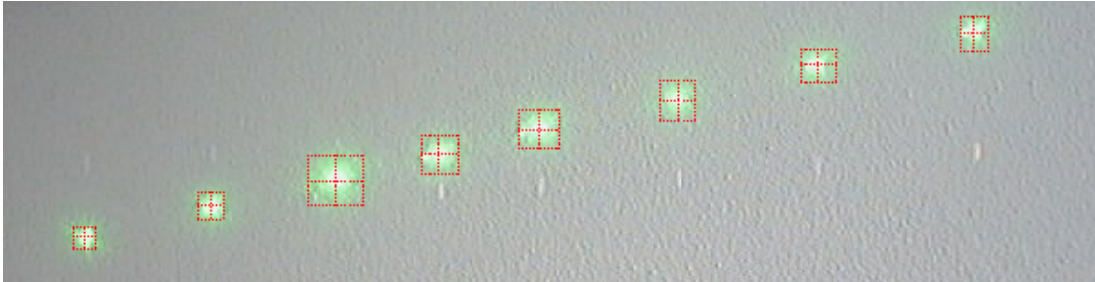


Figure 2: Ermittelte Laserpunkte

Im Folgenden Programmverlauf werden auf jedem neuen Bildframe, den das Modul von der Kamera erhält, die Farbwerte an den zuvor ermittelten Positionen der einzelnen Laserpunkte ermittelt. Wenn diese Farbwerte weiterhin den Nutzereingaben ähnlich sind, so zählt der ihnen zugeordnete Strahl als nicht unterbrochen. Alternativ zählt ein Strahl dann als unterbrochen, wenn die ermittelten Farbwerte der Farbe des Hintergrundes ähnlich sind. Dies erlaubt es die Farben der Strahlen im weiteren Verlauf zu ändern. Der Status der einzelnen Laserstrahlen wird für jeden Kameraframe, mittels UDP, in einem 32 Bit großen Datenpaket an das Kontrollmodul übertragen. Dabei wird jedem Laserstrahl ein Bit zugewiesen, welches 1 ist, wenn der dazugehörige Strahl unterbrochen ist

6 Fazit

Die Qualität der entstandenen Laserharfe, gemessen an der Verzögerung zwischen dem Unterbrechen des Laserstrahls und dem erzeugen des Tons, ist abhängig von der verwendeten Kamera und den Parametern mit denen das Kameramodul gestartet wird. Die gemessenen Verzögerungen, bei guten Lichtverhältnissen, auf dem selben Laptop, bei 8 Laserpunkten, lagen zwischen 200 und 30 Millisekunden, wobei unterschiedliche Auflösungen und Kameras verwendet wurden. Der Großteil der Verzögerung folgt aus der Zeit zwischen Anfrage eines Frames an die Kamera und der Übertragung dieses Frames in den Speicher und ist abhängig von der verwendeten Auflösung, sowie der Bildrate der verwendeten Kamera. Die Verzögerung zwischen dem Übertragen eines Bildframes und dem Senden der daraus ermittelten Daten an das Kontrollmodul liegt bei 2ms.

Wenn die Umgebung allerdings zu hell ist, sinkt die Belichtungszeit der Kameras normalerweise so stark, dass nicht mehr alle Laserstrahlen auf einem Bild aufgefangen werden. Das liegt daran, das Laserprojektoren normalerweise mit einem Laserstrahl arbeiten der das darzustellende Muster, sehr schnell abfährt. In diesem Fall, verwendet das Kameramodul Bilddaten aus mehreren hintereinander aufgenommenen Frames, wodurch sich aber auch die Verzögerung stark erhöht.

Kommerzielle Lösungen besitzen aufgrund der spezialisierten Sensormodule meist keine wahrnehmbare Verzögerung. Allerdings ist die hier vorgestellte Lösung, dennoch eine gute Alternative, da die zusätzlich zu einem Computer benötigte Hardware, also eine Webcam, im

Vergleich sehr viel billiger und nicht so spezialisiert ist. Des weiteren erlaubt sie eine Darstellung von 0 bis 32 Strahlen, die kommerzielle Variante ist allerdings auf 8 - 12 Strahlen beschränkt.

References

Digia, QT. *QT Project*. URL: <http://qt-project.org> (visited on 05/10/2014).

FluidSynth. URL: <http://fluidsynth.sourceforge.net> (visited on 05/10/2014).

MIDI Manufacturers Association. URL: <http://www.midi.org> (visited on 05/10/2014).

OPENCV (Open Source Computer Vision). URL: <http://opencv.org> (visited on 05/10/2014).

The GTK+ Project. URL: <http://www.gtk.org> (visited on 05/10/2014).