Digital Video Workbench (DVW) - Ein Hilfsmittel zur Online Bildverarbeitung

J. Hektor, J. Jansen, F. Broicher, R. Grebe

Institut für Physiologie
RWTH Aachen, Pauwelsstr. 30, 52057 Aachen
jens@Physiology.RWTH-Aachen.DE

In der digitalen Bildverarbeitung gewinnt die Verarbeitung von Bildsequenzen zunehmend an Bedeutung. Mit der zunehmenden Leistungsfähigkeit kostengünstiger Workstations und PC's rückt die Fähigkeit zur Onlineauswertung in den Bereich der Möglichkeiten. Es wird eine Software vorgestellt, die Digitalisierung von Bildsequenzen mit Onlineauswertungen kombiniert und sich um anwenderspezifische Module erweitern läßt.

Keywords: Sequenzen, Digitalisierung, Online, Auswertung

1 Einleitung

Wegen der üblicherweise anfallenden großen Datenmengen bei der Verarbeitung von Bildsequenzen ist es wünschenswert, nicht die gesamte Information digitalisierter Filme zu speichern, sondern die Auswertungen direkt als Online Prozedur mit der Digitalisierfunktion zu kombinieren, so daß die zu speichernden Datenmengen deutlich reduziert werden und der zeit- und resourcenintensive Zugriff auf die Daten zum erneuten Laden in die Auswerteprozedur minimiert wird. Hierzu wird derzeit am Institut für Physiologie ein digitaler Video Arbeitsplatz entwickelt, der neben den Funktionen eines Videorekorders die Möglichkeit bereitstellt, Auswertemodule hinzuzuladen. Dazu wurde eine strikte Trennung der graphischen Benutzeroberfläche (GUI) von den funktionalen Teilen der Videodigitaliserung (DV) und der benutzerdefinierten Auswerteprozeduren (UP) vorgenommen.

2 Erfahrungen und Ziele

2.1 Erfahrungen mit älteren Systemen

Am Institut für Physiologie werden seit mehreren Jahren Auswertungen von digitalisierten Bildsequenzen aus fluoreszenzperfusografischen Aufnahmen vorgenommen [1]. Eingesetzt wurde dazu ein Parallelrechner der Firma Parsytec mit 32 Transputern und einer monochromen Transputerframegrabberkarte. Dieses System bot die Möglichkeit, bis zu 300 Grauwertbilder halber Auflösung (384×272 Pixel) mit einer Rate von vier Bildern in der Sekunde zu digitalisieren, was für diesen Anwendungszweck ausreichend war. Aufgrund der schlechten Ein-/Ausgaberaten des Systems zur Festplatte des Hostcomputers und des unbefriedigenden Speicherausbaus der Knoten, blieb der Bedarf nach einer leistungsfähigeren Hard- und Software bestehen.

Ein auf PC's unter Windows arbeitendes System (Promotion, Digital Devices Development, München) speichert JPEG-komprimierte Sequenzen, was bei einer Meßdatenanalyse aufgrund der nicht verlustfreien Speicherung der Daten zu unerwünschten Artefakten führen kann. Für Auswertungen, bei denen die Intensitäten bzw. die Echtheit der Farbwerte eine untergeordnete Rolle spielen, stellt dieses System eine recht komfortable Möglichkeit zur Digitalisierung von Sequenzen auch größerer Längen dar.

Das von der Firma Silicon Graphics angebotene Workstationmodell Indy wird mit einem in das System integrierten Framegrabber ausgeliefert. Dieser ist in der Lage, Farb- und Schwarzweiss-Signale sowohl von VHS wie auch von S-VHS Quellen zu digitalisieren. Leider sind die mitgelieferten Softwarewerkzeuge auf dieser Workstation hinsichtlich der Transferraten nicht leistungsfähig genug, eine befriedigende Ausnutzung der Hardware zu ermöglichen. Deshalb wurde zunächst im Rahmen eines Semesterpraktikums eine Applikation entwickelt, mit der es möglich war, auf diesen Workstations Echtzeitdigitalisierung von Bildsequenzen in den Hauptspeicher vorzunehmen. Hierbei wurde das GUI unter Motif/X-Windows entwickelt. Die Software bot die Funktionalität eines Videorekorders (Digital Video Recorder, DVR) [2], wobei die Möglichkeiten zur Erweiterung des Programms unbefriedigend blieben .

2.2 Ein idealer Arbeitsplatz

Aufgrund der oben geschilderten Erfahrungen wurden für eine Neuentwicklung folgende Erwartungen an einen Arbeitsplatz für digitales Video formuliert, sowohl in softwaretechnischer als auch in funktionaler Hinsicht:

- Portabilität: es sollte durch Modularisierung eine Trennung der Funktionalität von GUI und Hardware erreicht werden, so daß eine Portierung auf eine andere Hardwareplattform leicht möglich wird.

- GUI: die Programmierung grafischer Benutzeroberflächen direkt mit X-Windows (oder auch Motif) Bibliotheken erwies sich als umständlich und zu komplex, um in kurzer Zeit bewältigt werden zu können. Weiterhin ist damit keine Sourcecodekompatibilität zum DOS/Windows Betriebssystemraum gegeben. Idealerweise sollte eine Applikation auch ein intuitives "look & feel" besitzen. Hier sollten moderne Werkzeuge eine Erleichterung bei der Programmierung bieten und Portabilität sicherstellen.

- Erweiterungsmöglichkeiten: da Digitalisierung nur den ersten Schritt der Sequenzverarbeitung darstellt, sollte die Möglichkeit geboten sein, anwenderspezifische Auswertungen ohne Neukompilation des Programmes integrieren zu können (Plugins). Damit einher geht die Formulierung einer Programmierrichtlinie (API), die es den Entwicklern ermöglicht, auf definierte Weise auf die Daten und Resourcen des Programms zugreifen zu können.

- Reduktion der Daten: da Videoaufnahmen oftmals neben der interessierenden Region of Interest (ROI) weitere weniger wichtige Daten enthalten, sollte eine direkte Reduktionsmöglichkeit auf den interessierenden Bereich gegeben sein. Weiterhin

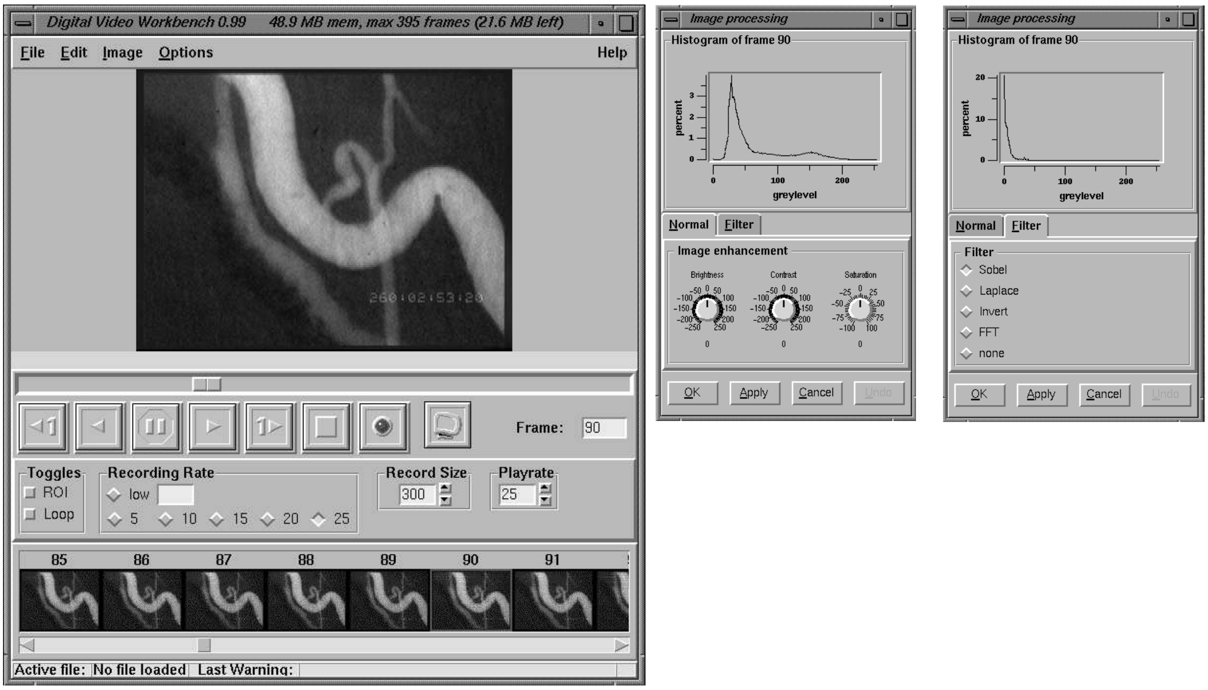

Abbildung 1: Die Oberfläche der Digital Video Workbench.
Links: DVW Hauptfenster, zentral das digitalisierte Bild, in der Mitte die Videorekorderfunktionen, unten die Einzelbilder zur Auswahl.
Rechts: Hilfsfenster mit Bildverarbeitungsfunktionen und Histogramm.

sollte eine Auswahlmöglichkeit für die interessierenden Frames mittels bekannten Editingprimitiva ("cut & paste") geboten werden.

- Stabilität: der Umgang mit größeren Datenmengen unter Echtzeitbedingungen stellt auch für Workstations unter Unix immer noch eine Herausforderung dar, so daß selbstverständlich Stabilität der Anwendung ein übergeordnetes Ziel sein muß.

Auf Basis dieser Vorgaben wurde im Rahmen einer Diplomarbeit ein Prototyp erstellt [3] und anschließend weiterentwickelt (s. Abb. 1).

3 Realisation

3.1 Entwicklungssprachen

Zur Programmierung der systemnahen Routinen und der Grundfunktionalitäten wurde die Programmiersprache "C" eingesetzt, für das GUI wurde das Paket "Tcl/Tk" gewählt. Für die Bildverarbeitungsroutinen wurde eine Hierachie von Klassen in der Sprache "C++" entwickelt. Zur schnellen Ausgabe der Bilder wurde die "Graphics Language" Bibliothek (GL) verwendet.

Tcl/Tk ist eine Scriptsprache (Interpreter), die sich hervorragend zur Entwicklung grafischer Benutzeroberflächen eignet. Der Entwicklungsaufwand liegt deutlich niedriger als bei Verwendung vergleichbarer Motif/X-Routinen, da man auf einen großen Pool fertig implementierter Widgets zurückgreifen kann. So war es möglich, einen Prototyp der Oberfläche zu entwickeln, ohne die konkreten Routinen implementiert zu haben. Funktionen in anderen Programmiersprachen lassen sich als neue Befehle implementieren, Variablen in Tcl/Tk und "C" können direkt miteinander verknüpft werden. Tcl/Tk ist sowohl für Unix- als auch für Windows- und Macintoshplattformen erhältlich.

3.2 Architektur

Durch die Verwendung verschiedener Programmiersprachen für verschiedene Ebenen ergab sich zwangslaufig eine Modularisierung in GUI, Funktionalität und hardwareabhängige Funktionalitäten. Portabilität auf andere Plattformen sollte durch Austausch des hardwareabhängigen Teils schnell zu bewerkstelligen sein.

Für den Anwendungsprogrammierer wird eine Schnittstelle angeboten, die den Zugriff auf die digitalisierten Daten sowie das Hauptfenster ermöglicht. Eigene Auswerteroutinen lassen sich als "Plugin" (dynamic libraries, DLL) zur Laufzeit einbinden, ohne daß ein Neukompilieren der Applikation oder Verändern des Interpretertextes notwendig ist. Damit soll es möglich sein, DVW individuell an eigene Bedürfnisse anzupassen.

Um kürzere Entwicklungszeiten für neue Bildverarbeitungsroutinen zu erreichen, wurde eine "C++" Klassenbibliothek geschaffen, die Datentypen abstrahiert und effiziente Methoden zum Zugriff und zur Manipulation der Daten bietet [4].

3.3 Datenformate

Als ladbares Datenformat unterstützt DVW z. Zt. das weitverbreitete "Khoros XVImage" Format. Zum Sichern von Daten werden XVImage, "Portable Bitmap" (Serien von Einzelbildern, konvertierbar in fast alle anderen Bildformate, so auch MPEG) und Silicon Graphics Movie unterstützt.

4 Anwendungen

4.1 Digitalisierung

Es hat sich gezeigt, daß sich besonders Aufnahmen schneller Vorgänge mit DVW wesentlich angenehmer betrachten lassen, als direkt an einem (analogen) Videorekorder. Hierbei unterstützt DVW das getrennte Betrachten beider Halbbilder des Videosignals.

4.2 Einfache Bildverarbeitung

Zunächst wurden in DVW einfache Bildverarbeitungsfilter (Sobel, Laplace, etc.) sowie Funktionen zur interaktiven Manipulation der Grauwerte (Helligkeit, Kontrast) integriert. Eine Erweiterung dieser Bibliothek wird ständig durchgeführt. Es wird dadurch möglich, die Wirkung von Filteroperationen quasi online zu überwachen und schnell gefilterte Bilddaten zu erzeugen.

4.3 Perfusografie

Ein Verfahren zur Darstellung gestörter Durchblutungszustände ist die Perfusografie mit Fluoreszenzfarbstoffen [1, 5]. Hierbei werden als Parameter initiale Erscheinzeit sowie die Auswaschzeitkonstante des Farbstoffes ermittelt. Beide Algorithmen wurden zur online Analyse als Plugins in DVW integriert. Es lassen sich mit geringem Aufwand dynamische Vorgänge simultan mit der gewünschten Auswertung darstellen und analysieren.

5 Zusammenfassung

Angesichts des steigenden Bedarfs an Auswertungen von Bildsequenzen wurde es nötig, zunächst für einen weit verbreiteten Workstationtyp eine Basissoftware zu erstellen, die den Anwender möglichst gut bei den notwendigen Arbeiten unterstützt. Zur Steigerung der Effizienz wird dem Anwender ermöglicht, Digitalisierung und Auswertung als einen Schritt vorzunehmen. Dabei kann auf Speicherung digitalisierter Daten, sofern bereits analog gespeichert, verzichtet werden. Um ein breites Anwendungsspektrum abzudecken, wurde ein Mechanismus vorgesehen, der es ermöglicht, die Software ohne Änderung der Basisfunktionalität auf Quellcodeebene um benutzerspezifische Auswertefunktionen zu erweitern.

Literatur

[1] J. Hektor, M. Spellerberg, R. Krein, R. Grebe, H. Schmid-Schönbein: Perfusografie zur Online Visualisierung gestörter Perfusionszustände in der Mikrozirkulation, Biomedizinische Technik, 41, Erg. Band 1, 1996.

[2] http://WWW.Physiology.RWTH-Aachen.DE/bs/image/acquisition.english.html.

[3] Paul Ritzen: Ontwikkeling van een Applicatie voor Digitale Video Bewerking. Diplomarbeit, Hogeschool Limburg / RWTH Aachen, 1996.

[4] Frank Broicher: Extraktion morphologischer und physikalischer Parameter aus fluoreszenzangiografischen Bildserien, Diplomarbeit (in statu nascendi), RWTH Aachen, 1996.

[5] A. Scheffler, Fluoreszeinperfusographische Erfassung kutaner Mikrozirkulationsstörungen bei arterieller Verschlußkrankheit, Habilitationsschrift Klinische Physiologie, RWTH Aachen, 1993.