CHILI: Eine Integrationsplattform für Medizinische Bildverarbeitungsmethoden

Uwe Engelmann, Andre Schröter, Harald Evers, Steffen Gundel,
Markus Schwab, Hans-Peter Meinzer

Deutsches Krebsforschungszentrum, Abteilung Medizinische und Biologische Informatik
Im Neuenheimer Feld 280, 69120 Heidelberg
Email: U.Engelmann@DKFZ-Heidelberg.de

Zusammenfassung. Bildverarbeiter in der Medizin stehen immer wieder vor dem Problem, daß sie sich neben der eigentlichen Bildanalyseaufgabe mit zusätzlichen Funktionen beschäftigen müssen, die nichts mit dem eigentlichen Problem zu tun haben. Die Integration der realisierten Lösung in das spätere klinische Umfeld ist ein immer wiederkehrendes Problem. CHILI ist eine erweiterungsfähige Radiologie-Workstation mit Telekonferenzfunktionen. Diese ist vollständig in das radiologische Umfeld eingebettet. Durch den CHILI PlugIn-Mechanismus kann das System nachträglich um Bildanalysemethoden erweitert werden. Entwickler profitieren durch geringeren Entwicklungsaufwand und Anwender durch geringere Kosten und einfachere Bedienung, da die neuen Methoden in bekannten Softwareumgebungen und mit gewohnter Benutzungsschnittstelle angewendet werden können. Zusätzliche Rechner oder unnötige Datentransfers können entfallen. Dieser Bericht stellt die grundlegenden Mechanismen des PlugIns vor und untersucht an realisierten PlugIn-Lösungen aus verschiedenen Bereichen die Möglichkeiten und Grenzen des Systems.

Schlüsselwörter: Radiologische Workstation, Teleradiologie, Plug-in, Softwareentwicklung

1 Einleitung

Bildverarbeiter in der Medizin stehen immer wieder vor dem Problem, daß sie grundlegende Funktionen, wie Bildkommunikation per DICOM, Datenhaltung, verschiedene Dateiformate oder die Darstellung von 12-bit Bildern re-implementieren müssen, obwohl dies bereits mehrfach gelöst wurde. Ein weiteres Problem ist die Vernetzung mit den vorhandenen Informationssystemen der Radiologie, bzw. des Krankenhauses. In der Regel ist für das neue Bildanalysesystem ein neuer Rechner zu beschaffen und die Anwender müssen sich mit einer neuen Benutzungsschnittstelle auseinandersetzen. Zusätzliche Datentransfers zum Auswertungssystem sind in der Regel notwendig.

2 Die (Tele-) Radiologie-Workstation CHILI®

CHILI ist eine radiologische Workstation mit ausgeprägten Teleradiologie-Funktionen. Die Basis des Systems ist eine Software, die per DICOM oder proprietäre

Schnittstellen digitale medizinische Bilder empfangen, bearbeiten und versenden kann. Die Viewing-Funktionen entsprechen denen einer klassischen Radiologie-Workstation. In der Telekonferenz können Bilder über ISDN-Leitungen, das Internet oder andere Netzwerke von zwei Benutzern gemeinsam dargestellt und bearbeitet werden. Dabei sind die Mauszeiger beider Kommunikationspartner sichtbar. Alle Funktionen werden synchron auf beiden Seiten auf gespiegelten Daten durchgeführt. Ein umfassendes Sicherheitskonzept berücksichtigt die nationalen und europäischen Gesetze und Empfehlungen zum Datenschutz. Das System gliedert sich nahtlos in die IT-Infrastruktur einer radiologischen Abteilung ein.

Der CHILI-Verbund besteht zur Zeit (Stand Dezember ‘98) aus über 30 Systemen. Mehr als 160.000 Bilder wurden bisher in diesem Verbund zwischen privaten Praxen, kleinen und mittleren Krankenhäusern, Universitätskliniken und Forschungseinrichtungen klinisch relevant verschickt. Das System wird in ganz unterschiedlichen Anwendungsszenarien eingesetzt und es gibt viele funktionale Erweiterungswünsche der Anwender von der 3D-Visualisierung bis zum Operationsplanungssystem.

3 Methodik: Das CHILI® PLUGIN Konzept

Das besondere an CHILI ist seine nachträgliche Erweiterungsfähigkeit durch den Anwender über einen PlugIn-Mechanismus. Dieses können existierende Anwendungen sein, die in die Benutzungsschnittstelle des Systems integriert werden oder neue Module, die Schnittstellen zu allen Komponenten des Basissystems haben. Es werden z.B. Schnittstellen zur Datenbank, zu medizinischen Bildformaten, zum Nachrichtensystem und zur Benutzungsoberfläche bereitgestellt. Der Entwickler von Zusatzmodulen erhält mit dem Software-Development-Kit ferner ein spezielles Darstellungselement (Widget) für medizinische 12-Bit-Bilder und die klassischen Bildmanipulationen zur Verfügung gestellt. PlugIns können in der Telekonferenz kooperativ von zwei räumlich entfernten Benutzern bedient werden.

Für die Integration von existierenden Anwendungen als CHILI-PlugIn werden auf einer Konfigurationskarte diverse Kenndaten und Parameter des Programms eingetragen. Diese Daten werden benutzt, um das externe Programm dynamisch in die Benutzungsoberfläche von CHILI zu integrieren. Der Aufwand für diese Art der Integration beträgt wenige Minuten.

Funktionale Zusatzmodule, PlugIns in der CHILI-Terminologie, werden ebenfalls als externe, dynamisch ladbare Objekte realisiert. Der Programmierer erhält mit einer Programm-Bibliothek viele Schnittstellen zum CHILI-Hauptsystem. Mehrere Arbeitsbereiche existieren parallel. Da immer nur die Arbeitsfläche eines Arbeitsbereiches zentral auf der Benutzungsoberfläche dargestellt wird, ermöglicht eine Schaltleiste am rechten Rand den Wechsel der Arbeitsbereiche (s. Abb. 1).

PlugIns können als neue Arbeitsbereiche realisiert werden. Sie erhalten Schnittstellen zu verschiedenen Systemkomponenten. Das PlugIn gliedert sich wie andere Arbeitsbereiche in die graphische Benutzungsschnittstelle des System ein. Es hat seine eigene Arbeitsfläche und einen Knopf zu dessen Aktivierung. Im Arbeitsbereich “Einstellen” des Hauptsystems kann es eine Konfigurationkarte zur Einstellung und Speicherung von Parametern zur Verfügung stellen. Der Lichtkasten im linken Bereich der

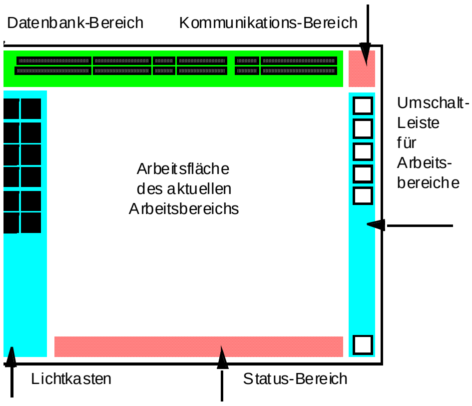

Abb.1: Komponenten der graphischen Benutzungsschnittstelle von CHILI

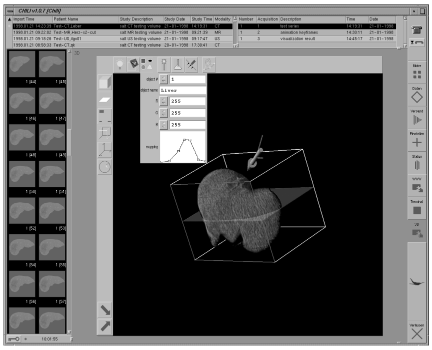

Abb.2. PlugIn zur 3D-Visualisierung (Darstellung von CT-Daten der Leber)

Oberfläche ist ebenfalls mit dem Arbeitsbereich verbunden. Das PlugIn kann neue Icons im Lichtkasten erzeugen und Benutzeraktionen auf den Icons auswerten. Für die Darstellung von medizinischen 12-bit-Bildern existiert ein Darstellungselement (PIC Widget), das über eingebaute Methoden die wichtigsten Darstellungsfunktionen bereits zur Verfügung stellt (Grauwertfensterung, Grauwertabfrage, Regionenauswertung, Messungen etc.). Die Datenbank kann vom PlugIn abgefragt, gelesen und geschrieben werden. Im Statusbereich können eigene Nachrichten, Warnungen und Fehlermeldungen zur Anzeige gebracht werden. CHILI stellt dem Programmierer auch eine Bibliothek für das eigene Bildformat (PIC) zur Verfügung, das eine Erweiterung des DICOM-Standards ist. Mit diesen Funktionen können Bilder auf der Platte, in der Datenbank, im Hauptspeicher oder im Netz gelesen und geschrieben werden. Das CHILI-System besteht aus über zehn eigenständigen Softwarekomponenten, die über ein Nachrichtensystem (Middleware) miteinander kommunizieren. PlugIns ist es erlaubt sich für bestimmte Nachrichtenklassen zu registrieren, Nachrichten zu lesen und zu erzeugen. Der CHILI Style Guide und die Dokumentationsrichtlinien, sollen dafür sorgen, daß PlugIns das gleiche “Look and Feel” wie andere Arbeitsbereiche von CHILI haben und die Software wartbar bleibt.

CHILI läuft unter dem Betriebssystem Unix. Unter Einsatz der Trägersysteme eXceed (Hummingbird Inc.), OpenNT und Interix (Softway Systems, Inc.) läuft es unter Windows NT. Das CHILI Kernsystem wurde wegen möglichst großer Portabilität in ANSI-C realisiert. Die Wahl der Programmiersprache für das PlugIn bleibt dem Entwickler überlassen. Als Fenstersystem wird das X Window System und OSF/Motif verwendet. Der PlugIn-Entwickler kann ebenfalls Interface Toolkits einsetzen.

CHILI verarbeitet sensible patientenbezogene Daten und hat konsequenterweise ein strenges Sicherheitskonzept [2]. PlugIns sind potentielle Sicherheitslücken im Sicherheitskonzept. Deshalb wurde ein Zertifikationsmechanismus entwickelt. Nach Fertigstellung eines PlugIns wird dieses nach einer eingehenden Prüfung mit einer digitalen Signatur versehen. Diese wird vor jedem Aufruf von CHILI auf Konsistenz geprüft. Das Laden von unzertifizierten PlugIns kann vom CHILI Systemadministrator per Konfiguration unterbunden werden.

4. Ergebnisse

Inzwischen haben knapp zehn Institutionen aus Forschung und Industrie sich entschieden, ihre neuen Bildverarbeitungsmethoden als CHILI-PlugIn zu realisieren, um somit die üblichen Probleme der Integration in die klinische Umgebung zu lösen und schneller mit innovativen Softwarelösungen in die klinische Routine zu kommen.

Die Erfahrungen zeigen, daß ein geübter Programmierer wenige Minuten für die Integration einer bestehenden Anwendung in CHILI benötigt. Es wurden mehrere externe Programme nachträglich in das CHILI-System integriert. Beispiele für solche Programme sind ein Radiologieinformationssystem (RADOS-M), der Netscape Navigator oder der Acrobat-Reader, der zur Online-Anzeige der Handbücher eingesetzt wird. Diverse Spiele wurden ebenfalls integriert. Auch die Integration von Tcl/Tk-Scripten ist ohne Probleme realisiert worden.

Mehrere neue funktionale Module werden zur Zeit von Grundlagenforschern in der medizinischen Bildanalyse entwickelt. Beispiele hierfür sind eine 3D-Komponente, die die 3-dimensionale Visualisierung und volumetrische Vermessung erlaubt (Abb.2, [3]). Eine Besonderheit dieses PlugIns ist die Integration von OpenGL und OpenInventor, die direkt von modernen Grafik-Workstations in Hardware unterstützt werden, aber auch in Software zur Verfügung stehen (z.B. unter Linux). Eine weitere Forschungsgruppe arbeitet an einem PlugIn für die Planung von Leberresektionen [4]. Mehrere Bildverarbeitungs-Gruppen des Sonderforschungsbereichs 414 "Computer- und Sensorgestütze Chirurgie" entwickeln ihre Bildanalysesysteme als PlugIn.

Im vergangenen Jahr wurde ein computergestütztes System zur quantitativen Analyse von Farbdopplerbildern sowohl als Standalone-Programm unter Microsoft Windows NT als auch als CHILI-PlugIn realisiert, um die Vor- und Nachteile beider Methoden zu vergleichen [5][6]. Die Kernfunktionen für die eigentliche Bildauswertung wurden nur einmal geschrieben und in beiden Systemen verwendet.

Es zeigte sich, daß der Aufwand für die Darstellung von Bildern und Bildicons, einfache Bildanalysetools von CHILI sofort verwendet werden konnten, während diese in der Standalone-Version zeitaufwendig realisiert werden mußten. Die Mechanismen zum Datenimport per DICOM-Protokoll oder File-Importschnittstelle waren weitere große Arbeitserleichterungen. Das DICOM-basierte Datenmodell von CHILI, bzw. die Datenbank, konnten direkt verwendet werden. Zusätzliche Datenfelder zur persistenten Speicherung von Auswertungsergebnissen konnten der CHILI-Datenbank hinzugefügt werden. Die Entwicklung gänzlich neuer GUI-Elemente war unter Windows schneller als unter X11, da im ersten Fall der GUI-Builder des Microsoft Developer Studios verwendet wurde und im zweiten Fall direkt in Motif ohne Verwendung eines GUI-Builders programmiert wurde. Zusammenfassend kommt Gundel zu dem Ergebnis: "...daß die Verwendung der PlugIn-Bibliothek ein hohes Maß an Zeitersparnis gegenüber der Entwicklung einer Standalone-Version mit sich bringt. Der Entwickler kann sich auf das Wesentliche konzentrieren. Allerdings bedeutet das

Angewiesensein auf die PlugIn-Bibliothek unter Umständen eine Einschränkung der Flexibilität.” [5].

Die Einschränkung der Flexibilität ist ein generelles Problem von vorgegebenen Bibliotheken. Die CHILI Entwickler versuchen diesem entgegen zu wirken, indem sie direkten Kontakt mit den PlugIn-Entwicklern halten und zusätzlich benötigte Funktionen so rasch es geht zur Verfügung stellen. Ferner wurde eine Mailinglist für PlugIn-Entwickler aufgebaut, in der Fragen, Wünsche und Verbesserungsvorschläge offen zwischen dem PlugIn-Entwicklern und dem CHILI-Team diskutiert werden.

Der oben genannte höhere Aufwand zur Erstellung von neuen GUI-Elementen kann beseitigt werden, wenn auch für die PlugIn-Entwicklung ein GUI-Builder benutzt wird. Dies ist ohne Einschränkung möglich.

5 Schlußfolgerung

Der Vorteil der realisierten PlugIn-Technologie für CHILI liegt in der integrierten und homogenen Systemumgebung für den Anwender. Dies spart nicht nur Zeit für den Anwender, sondern vereinfacht für den Entwickler die Erstellung von neuen Anwendungen, insbesondere die Integration in das klinische Umfeld, da auf existierende Realisierungen zurückgegriffen werden kann. Jeder geübte Softwareentwickler ist nun in der Lage, CHILI um eigene Funktionen zu erweitern. Dies spart nicht nur Kosten, sondern erleichtert dem Anwender den Umgang mit den neuen Methoden. Innovative Methoden der medizinischen Bildanalyse können so schneller den Weg in die Klinik finden und somit schneller dem Patienten zugute kommen.

6 Literatur

1. Engelmann, U., Schröter, A., Baur, U., Werner, O., Schwab, M., Müller, H., Bahner, M., Meinzer, H.-P.: Second Generation Teleradiology. In: Lemke, H.U., Vannier, M.W., Inamura, K. (Eds): Computer Assisted Radiology and Surgery. Amsterdam: Elsevier (1997) 632-637.
2. Baur, H.J., Engelmann, U., Saurbier, F., Schröter, A., Baur, U., Meinzer, H.-P.: How to deal with Security and Privacy Issues in Teleradiology. Computer Methods and Programs in Biomedicine, 53, 1 (1997) 1-8.
3. Evers, H., Mayer, A., Engelmann, U., Schröter, A., Baur, U., Demiris AM, Gieß Ch, Wolsiffer, K., Meinzer, H.-P.: Extending a teleradiology system by tools for visualization and volumetric analysis through a plug-in mechanism. Int. Journal of Medical Informatics, 53,2-3 (1999) 265-275.
4. Glombitza, G., Lamadé, W., Demiris, A.M., Göpfert, M.R., Richter, G., Otto, G., Lehnert, Th., Bahner, M.L., Meinzer, H.-P., Herfarth, Ch.: Computer aided planning of liver tumour resection. Caramella: 15th International EuroPACS Meeting, Pisa, 1997. Brussels: EuroPACS Association (1997) 215-218.
5. Gundel S. Ein computergestütztes System zur quantitativen Analyse von Farbdoppler- und B-Bildern. Diplomarbeit. Universität Heidelberg/Fachhochschule Heilbronn 1998.
6. Gundel S, Delorme S, Schröter A, Engelmann U, Meinzer HP, van Kaick G. Computergestütztes System zur quantitativen Analyse von Farbdopplerbildern. In: Baumgartner et al (Eds.): Ultraschall in der Medizin - Abstracts zum 22. Dreiländertreffen der DEGUM, ÖGUM und SGUM Ultraschall ’98. Stuttgart: Georg-Thieme, 1998, 107.