

Evaluation des CHILI-Teleradiologienetzwerks nach drei Jahren im klinischen Einsatz

U. Engelmann, C. Ellsäßer, M. Schwab, C. Söllig, A. Schröter, H.-P. Meinzer
 Deutsches Krebsforschungszentrum, Abt. Medizinische und Biologische Informatik / H0100
 Im Neuenheimer Feld 280, 69120 Heidelberg
 E-Mail: U.Engelmann@DKFZ-Heidelberg.de, URL: <http://mbi.dkfz-heidelberg.de>
 in Zusammenarbeit mit Steinbeis-Transferzentrum Medizinische Informatik, Heidelberg

Das CHILI-Teleradiologienetzwerk besteht aus mehr als 50 installierten Systemen in Deutschland und den USA. Radiologische Bilder und kardiologische Multiframe-Bilder werden mit Hilfe des CHILI (Tele-) Radiologiesystems im klinischen Routinebetrieb ausgetauscht. In diesem Artikel wird untersucht, wie das System im klinischen Betrieb eingesetzt wird. Dies geschieht auf der Basis von Logfiles, die durch das System generiert werden. In diesen Dateien werden die verwendeten Funktionen und Protokolle, die Menge der importierten Daten, durchgeführte Übertragungen und weitere wichtige Informationen gespeichert. Untersucht werden Zeitpunkt und Anzahl der Bildimporte für die einzelnen Modalitäten sowie die zur Datenübertragung verwendeten Methoden und Protokolle. Es werden unterschiedliche Aspekte der Telekonferenz betrachtet und schließlich medizinische Anwendungsszenarien in den verschiedenen Einsatzumgebungen ermittelt. Eines der Ergebnisse ist, dass das System nicht nur als Notfallsystem dient. Statt dessen wird es im täglichen Gebrauch als allgemeine multifunktionale Workstation mit Teleradiologiefunktion eingesetzt.

1 EINFÜHRUNG

Das CHILI-Teleradiologienetzwerk besteht aus mehr als 50 Installationen in Deutschland und weiteren sieben Installationen in den USA. Mit Hilfe des CHILI (Tele-)Radiologiesystems, das eine radiologische Mehrzweckworkstation darstellt, werden medizinische Bilder aus der Radiologie und Kardiologie im klinischen Routinebetrieb ausgetauscht. Das CHILI-System basiert auf den Ergebnissen des vorangegangenen MEDICUS-Projekts im Deutschen Krebsforschungszentrum, Heidelberg, das von der DeTeBerkom, einer Tochter der Deutschen Telekom, finanziert wurde. Der kommerzielle Nachfolger CHILI wurde vom Steinbeis-Transferzentrum Medizinische Informatik in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Krebsforschungszentrum erstellt. Relevante Forschungsergebnisse wurden in das System integriert.

Das System ist zum Befunden [1] geeignet und kann außerdem mit Hilfe einer PlugIn-Schnittstelle [2] um zusätzliche Module erweitert werden. Es hat ein ausgeprägtes Si-

cherheitskonzept, das auf den deutschen und europäischen Datenschutz- und Datensicherheitsbestimmungen beruht [3]. Verschiedene Übertragungsprotokolle und Bildformate können benutzt werden, um den Datenaustausch zwischen Geräten verschiedener Hersteller zu gewährleisten. Die Bildübertragung kann durch die Anwender explizit oder automatisch durch einen Autorouter erfolgen.

2 MATERIAL UND METHODEN

Jedes CHILI-System schreibt Accountingdaten in ein Logfile auf der lokalen Platte. Diese Dateien enthalten keine Benutzer- oder Patientendaten, sondern das Datum und die Uhrzeit, zu denen eine Systemfunktion aufgerufen wurde. Diese können z. B. aus einer Benutzeraktivität resultieren oder aus einer automatischen Funktion einer CHILI-Komponente. Die Accountingdateien sammelt das CHILI-Servicezentrum normalerweise jede Nacht über ISDN von allen Partnern ein. Ausnahmen sind die Installationen in den USA und die OEM-Installationen. Die Dateien aus den USA werden täglich über das

Internet gesammelt. Da das CHILI-Servicezentrum nicht zu allen OEM-Partnern Zugriff hat, sorgen diese für die Datenübertragung. Ein Problem beim Sammeln der Daten war, dass ein OEM-Partner nicht alle Accountingdateien seiner fünf Systeme weitergab. Besonders die Daten der letzten sechs Monate waren unvollständig.

Die untersuchten Accountingdaten stammen aus dem Zeitraum von März 1997 bis April 2000.

3 ERGEBNISSE

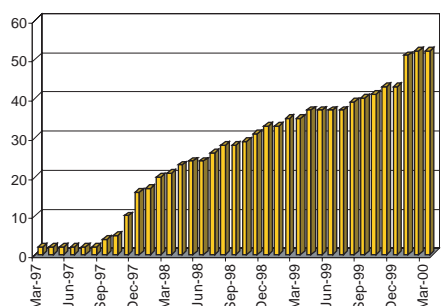
3.1 Anzahl der Installationen

Nur zwei Systeme waren im März 1997, kurz nach Erscheinen der ersten CHILI-Version, installiert. Im März 2000, zum Ende des Auswertungszeitraums, waren 52 Systeme installiert. Abb. 1 zeigt, wie sich die Anzahl der installierten Systeme entwickelt hat.

3.2 Import von Daten

Das Importieren von Daten in das CHILI-System kann aus verschiedenen Quellen, in verschiedenen Formaten und mit Hilfe verschiedener Protokolle geschehen. Mögliche Importquellen sind DICOM, das CHILI-Protokoll, CD-ROM, FTP, RCP, SCP,

Abbildung 1
Anzahl der Installationen



Produktevaluation und Integration

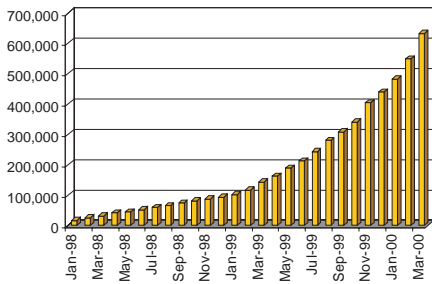


Abbildung 2
In CHILI importierte Bilder (kumuliert; alle Partner)

NFS, Video und E-Mail. Die Datenformate können DICOM, ARC-Nema 1.0 und 2.0 sowie andere medizinische und nicht medizinische Bildformate sein. Die wichtigsten Protokolle für den Datenimport sind DICOM und Video.

3.3 Import von Bildern

Mehr als 85 % der importierten Bilder sind digitale CTs, gefolgt von digitalem MR, Ultraschall, digitalen Angiographien und Filmbildern aus analogen Videoquellen.

Abb. 2 zeigt die Entwicklung der importierten Bilder im betrachteten Zeitraum. Die Zahl der importierten Bilder wächst exponentiell. Mehr als 600.000 Bilder wurden insgesamt von allen Partnern importiert. Multiframe-Datensätze (Angiographie, Ultraschall) wurden als Einzelbilder gewertet.

Während der letzten vier Monate importierten alle Partner zusammen 40.000 bis 60.000 Bilder pro Monat. Wie Abb. 3 zeigt, lagen die Mittelwerte für die Anzahl der importierten Bilder in den letzten drei Jahren im Bereich von 100 bis 1.600 pro Monat. Der Mittelwert der importierten Bilder pro Partner stieg in den letzten drei Monaten des Auswertungszeitraums von 800 über 1.200 bis auf 1.600.

Abbildung 3
Über die Partner gemittelte Anzahl der importierten Bilder (pro Monat)

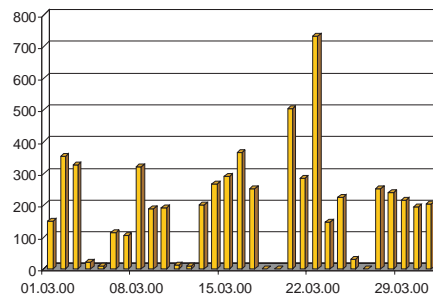
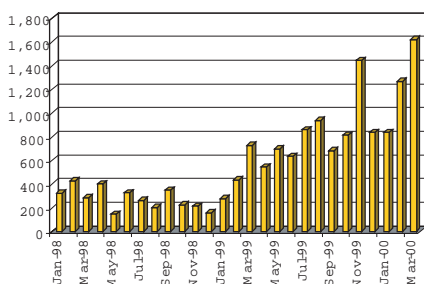
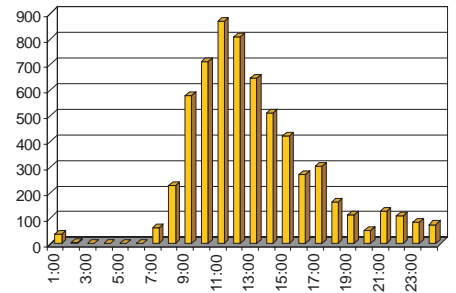
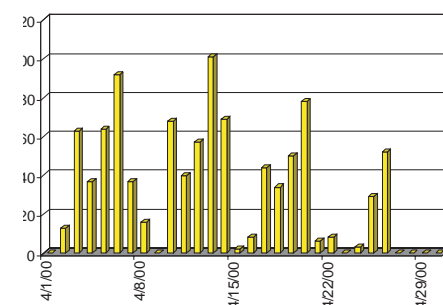


Abbildung 4
Importe aller Partner (März 2000) – links Monatsprofil, rechts Tagesprofil

Eine Analyse der Verteilung des täglichen Bildimports für die Monate Januar 2000 bis März 2000 (vgl. Abb. 4) zeigt, dass an normalen Arbeitstagen von Montag bis Freitag 200 bis 700 Bilder täglich importiert werden. Die typische Zahl an Wochenenden liegt bei unter 50 am Tag. Die Spitzenwerte sind Mittwochs und Donnerstags zu finden. Die Verteilung der Bildimporte über den Tag wurde für den Monat März 2000 analysiert. Die kumulierte Zahl der importierten Bilder pro Stunde zeigt, dass die Importe um 7:00 Uhr morgens beginnen (mit etwa 50 Bildern), der Spitzenwert wird gegen 11:00 Uhr erreicht (ca. 850 Bilder), anschließend nimmt die Zahl bis 20:00 Uhr (etwa gleiche Anzahl wie um 7:00 Uhr) langsam ab. Weitere Bilder werden importiert bis 1:00 Uhr morgens, mit Zahlen zwischen 50 und 100. Die Anzahl der monatlich importierten Bilder pro Partner steigt im Laufe der Zeit an. Die meisten Bilder werden an normalen Arbeitstagen während der üblichen Arbeitszeit importiert, wobei am späten Vormittag besonders hohe Werte auftreten.

Abbildung 5
CHILI-Aufrufe im April 2000 - links Monatsprofil (1. April = Samstag), rechts Tagesprofil



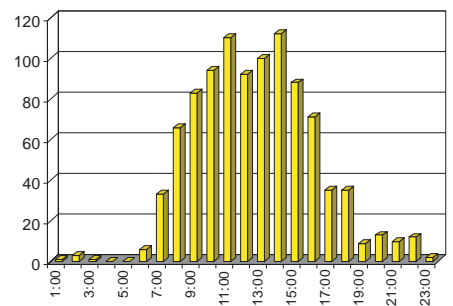
3.4 Analyse der Systemaufrufe

Das CHILI-System wird derzeit mehr als tausendmal pro Monat aufgerufen. Eine Analyse der Daten von April 2000 (dargestellt in Abb. 5) zeigt, dass die Befundungskomponente vierzig- bis sechzigmal im gesamten Netzwerk aufgerufen wird. Sie wird auch am Wochenende verwendet, jedoch nicht mehr als fünf- bis zehnmal pro Tag (von 52 Benutzern). Das stündliche Profil zeigt, dass die Benutzer morgens um 7:00 Uhr anfangen, aktiv mit dem System zu arbeiten, bis gegen 18:00 Uhr. Es gibt zwei Spitzenwerte um 11:00 Uhr und um 14:00 Uhr. Die Benutzer arbeiten mit dem System bis 22:00 Uhr, danach wird es nur noch gelegentlich genutzt.

3.5 Bildübertragung

Im Zeitraum von Januar 1998 bis Februar 1999 übertrugen alle Partner zusammen zwischen 3000 und 5000 Bilder pro Monat. Seit März 1999 lag die Zahl verschickter Bilder zwischen 10.000 und 60.000 im Monat (mit einem Spitzenwert von 54.000 Bildern im März 2000). Der monatliche Mittelwert lag bei etwa 20.000 Bildern pro Monat. Der Mittelwert übertragener Bilder pro Partner und Monat lag zwischen 300 und 650 Bildern monatlich. Im März 2000 wurde mit mehr als 1000 Bildern ein Spitzenwert erreicht.

Das CHILI-System erlaubt den Benutzern, Datentransfer explizit vorzunehmen oder ihn mit Hilfe einer automatischen Auto-routingfunktion vornehmen zu lassen. Die



Analyse der Accountingdaten zeigt, dass Autorouting in 50,3 % und die manuelle Übertragung in 49,7 % der Fälle verwendet wurde. Für die Datenübertragung können verschiedene Protokolle ausgewählt werden. Die bedeutendsten sind das CHILI-Protokoll (58,8 %), das eine Anzahl von Sicherheitsmaßnahmen beinhaltet, und das DICOM-Protokoll (49,2 %), das verwendet wird, um mit Geräten anderer Hersteller zu kommunizieren.

Etwa 60 % der importierten Bilder werden an andere Stellen (im selben Netzwerk oder extern) weitergegeben. Es werden verschiedene Übertragungsprotokolle verwendet, doch CHILI und DICOM sind die bedeutendsten. Beide werden mit annähernd der gleichen Häufigkeit genutzt. Die Vorteile des CHILI-Protokolls sind die integrierten Sicherheitsvorkehrungen sowie seine Performance. Das DICOM-Protokoll wird genutzt, um mit Geräten anderer Hersteller zu kommunizieren. Der Vorteil hierbei liegt in der Standardisierung, allerdings mit fehlender Sicherheit und reduzierter Performance. Etwa 50 % der Bilder werden vom Autorouter ohne Benutzerinteraktion übertragen. Diese Methode wird für die Installationen verwendet, bei denen alle Bilder (mit einem bestimmten Wert in einem DICOM-Feld) in einer täglichen Routine übertragen werden. Es kann beobachtet werden, dass die Zahl der Übertragungen mit Autorouting (d. h. täglichen Routineübertragungen) zunimmt.

3.6 Telekonferenz

Die CHILI-Benutzer können Telekonferenzen mit Daten durchführen, die entweder auf beiden Seiten vorliegen oder während der Telekonferenz übertragen werden. Alle Funktionen und Daten werden während der Telekonferenz synchronisiert. Beide Partner können Datensätze ändern oder Funktionen auf die Daten anwenden. Es findet keine Rederechtverwaltung statt [2].

Eine Analyse der Konferenzzeiten zeigt, dass mehr als 50 % der Telekonferenzen zwischen 14:00 Uhr und 15:00 Uhr stattfinden. Konferenzen in der Nacht kommen vor, doch die Mehrzahl findet zwischen 8:00 Uhr und 22:00 Uhr statt.

3.7 Anwendungsszenarien

Eine Analyse der verschiedenen Anwendungsszenarien kann nicht auf der Basis von Accountingdateien erstellt werden. Es

werden das Wissen über medizinische Einrichtungen und ihre Teleradiologie sowie die Antworten auf entsprechende Umfragen benötigt.

Das System wird für die Befundung an anderen Orten, für den Bereitschaftsdienst zu Hause, für die Zentralarchivierung verteilter radiologischer Praxen sowie für Urlaubsvertretung verwendet.

Eine besondere Bedeutung hat die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Radiologen und Klinikern. Bilder werden statt auf Film in digitaler Form an den zuweisenden Arzt übermittelt. Die Radiologen präsentieren die Bilder und Befunde in interdisziplinären Telekonferenzen, statt den zuweisenden Arzt persönlich aufzusuchen. Im Vergleich zur Briefform kann der Informationsaustausch deutlich gesteigert werden. Das verbessert die Qualität und den Umfang der radiologischen Dienstleistung, da ein direkteres und effizienteres Arbeiten möglich ist und der Austausch von Informationen häufiger stattfindet. Die Kosten können sogar gesenkt werden, sofern die Übertragung von Bildern digital statt unter Verwendung von teurem Filmmaterial erfolgt. Weiterhin wirkt sich Teleradiologie auch auf das Image einer Institution aus.

Teleradiologie wird auch von Kompetenzzentren genutzt. Bilder werden an andere Orte übertragen, zum Beispiel für Bestrahlungsplanung, Gamma-Knife- oder Herzzentren erhalten Bilder für die Planung therapeutischer Maßnahmen und für die Diskussion der Fälle mit dem zuweisenden Arzt.

Ein weiteres wichtiges Anwendungsszenario ist der Datenaustausch und die Zusammenarbeit in wissenschaftlichen Arbeitsgruppen. Entwickler können neue Bildverarbeitungsanwendungen als CHILI-PlugIns erschaffen. So können die Prototypen einfacher in die klinische Evaluierung gebracht werden. Das beschleunigt den Entwicklungsprozess und schafft viele Vorteile für Benutzer und Entwickler.

Unserer Erfahrung nach ist es absolut unerlässlich, eine Teleradiologieworkstation in existierende PACS-Lösungen zu integrieren. Das CHILI-System wird in diesem Zusammenhang als regulärer PACS-Arbeitsplatz zur Diagnose und Bildbetrachtung verwendet. Die Fähigkeiten zur einfachen und sicheren Bildübertragung an andere Stellen sowie zur Durchführung von Telekonferenzen machen dieses System sehr attraktiv. Der CHILI-Webserver erlaubt den Zugriff auf

Bilddaten mit Standardbrowsern. Er ist unabhängig von Hardware, Betriebssystem und herstellerspezifischen Eigenschaften.

4 ZUSAMMENFASSUNG

Die Analyse der Accountingdaten zeigt, dass das CHILI (Tele-)Radiologiesystem nicht nur ein Notfallwerkzeug für den Bereitschaftsdienst oder zum Einholen von Expertenmeinungen ist. Statt dessen ist es vollständig in die Rechner-Infrastruktur einer radiologischen Abteilung integriert. Das System wird im täglichen Betrieb als reguläre radiologische Workstation verwendet, die zusätzliche Funktionen für Telemedizin anbietet. Es hat eine hohe klinische Akzeptanz und verbessert den Informationsfluss bezüglich Qualität und Geschwindigkeit. Viele verschiedene Anwendungsszenarien wurden von den Anwendern umgesetzt. Modularität, Flexibilität und Skalierbarkeit sind notwendige Eigenschaften eines Systems, das in einem derart weiten Bereich verwendet werden kann.

5 DANKSAGUNG

Wir möchten allen medizinischen Partnern für ihre Zusammenarbeit, ihre Geduld und ihre Unterstützung danken.

6 LITERATUR

- [1] Engelmann U, Schröter A, Schwab M, Eisenmann U, Meinzer HP. Openness and Flexibility: From Teleradiology to PACS. In: Lemke HU, Vannier MW, Inamura K, Farman AG (Eds). CARS'99. Amsterdam: Elsevier (1999) 534-538.
- [2] Engelmann U, Schröter A, Baur U, Schwab M, Werner O, Makabe MH, Meinzer HP. Openness in (Tele-) Radiology Workstations: The CHILI PlugIn Concept. In: Lemke HU, Vannier MW, Inamura K, Farman A (Eds). CARS'98 - Computer Assisted Radiology and Surgery. Amsterdam: Elsevier (1998) 437-442.
- [3] Baur HJ, Engelmann U, Saurbier F, Schröter A, Baur U, Meinzer HP. How to deal with Security and Privacy Issues in Teleradiology. Computer Methods and Programs in Biomedicine, 53, 1 (1997) 1-8.