



CHILI/Web: Klinikweite Bildverteilung aus der elektronischen Patientenakte heraus

U. Engelmann^{a,b}, H. Münch^c, A. Schroeter^{a,c}, H. P. Meinzer^a

^a Deutsches Krebsforschungszentrum, Abteilung Medizinische und Biologische Informatik
Im Neuenheimer Feld 280, D-69120 Heidelberg, Germany

Mailto: U.Engelmann@DKFZ.de

In Kooperation mit

^b Steinbeis-Transferzentrum Medizinische Informatik, Heidelberg

^c CHILI GmbH, Heidelberg

<http://www.chili-radiology.com/>

Dieser Beitrag stellt ein web-basiertes Bildverteilungssystem vor, das es erlaubt, aus der elektronischen Patientenakte heraus radiologische Bilder mit den klinischen Daten anzuzeigen und zu bearbeiten. Hierbei muss der Anwender die normale Arbeitsumgebung seines klinischen Arbeitsplatzes nicht verlassen. Ein erneutes Authentifizieren ist nicht notwendig. Die zum Bild gehörenden Befunde werden hierbei je nach Konfiguration vom Web-Server oder unmittelbar vom RIS/KIS geholt. Neben seiner einfachen Integrierbarkeit in andere Informationssysteme unterscheidet sich CHILI/Web von anderen Web-Viewern in seinem großen Funktionsumfang und die Telekonferenzfähigkeit. Das System eignet sich auch für die Teleradiologie im Nacht- und Wochenenddienst. Entsprechende Sicherheitsmechanismen garantieren dabei Datenschutz und Datensicherheit. Realisiert wurde das System in der Programmiersprache Java und kann sowohl als Applet im Web-Browser als auch als eigenständiges Programm auf mehreren Plattformen laufen. Das System wurde erfolgreich mit mehreren KIS- bzw. RIS-Systemen integriert und ist in mehreren klinischen Installationen im täglichen Einsatz.

digkeit in der persönlichen Kommunikation. Daher ist die synchrone, gleichzeitige Bearbeitung von Bildern in der Telekonferenz ein sehr wichtiges Werkzeug für die Kommunikation zwischen Klinikern und auch die interdisziplinäre Kommunikation, z.B. zwischen Klinikern und Radiologen. Dies kann für die Konsultation oder für die Diskussion weiterer diagnostischer oder therapeutischer Maßnahmen notwendig sein.

Synchrone Telekonferenzen sollten nicht nur zwischen gleichartigen klinischen Arbeitsplätzen, sondern darüber hinaus auch plattformübergreifend mit den professionellen radiologischen Workstations möglich sein, ohne die gewohnte Arbeitsumgebung zu verlassen oder gar ein externes anderes Programm explizit aufrufen zu müssen.

Nicht nur Radiologen, sondern auch Kliniker benötigen Funktionen für die Analyse und Darstellung der Bilder, wie z.B. Messfunktionen oder Grauwertänderungen per Level/Window. Daher reicht die alleinige Darstellung der Bilder ohne fortgeschrittene Bildanalyse- und Darstellungsfunktionen nicht aus.

2 Grundlegende Konzepte

Das Steinbeis-Transferzentrum Medizinische Informatik in Heidelberg

1 Anforderungen

Radiologische Bilder werden in der Radiologie digital erzeugt und auch dort im digitalen Bildarchiv, dem sog. PACS (Picture Archiving and Communication System) gespeichert und archiviert. Die radiologischen Befunde dagegen liegen in der Regel im Radiologie-Informationssystem (RIS) oder in modernen Systemen in der sog. Elektronischen Patientenakte, die sowohl im Krankenhausinformationssystem (KIS), im RIS oder einem aus KIS und RIS integrierten System beheimatet ist.

Web-basierte Anwendungen haben den Vorteil, dass sie in der Regel nicht von bestimmten Rechnerarchitekturen oder Betriebssystemen abhängig sind. Sie sind einfach von anderen Anwendungen auf entfernten Rechnern per URL (Universal Resource Locator) aufrufbar und sogar

steuerbar. Dies ist ein großer Vorteil, wenn man eine Anwendung zum Beispiel mit einem Krankenhausinformationssystem (KIS) oder Radiologieinformationssystem (RIS) integrieren möchte. Web-basierte Anwendungen für die Darstellung und die Verarbeitung von medizinischen Bildern müssen in dieser Hinsicht so flexibel sein, dass sie zusätzlich von verschiedenen KIS und RIS auf einfachste Weise aufgerufen werden können. Auch die Benutzungsschnittstelle sollte an das führende System angepasst werden können.

Zeitersparnis ist genauso wichtig wie Verbesserung von Qualität und Geschwin-

Autoren: U. Engelmann, H. Münch, A. Schroeter, H.P. Meinzer
Titel: CHILI/Web: Klinikweite Bildverteilung aus der elektronischen Patientenakte heraus
In: Jäckel (Hrsg.) Telemedizinführer Deutschland, Ober-Mörlen, Ausgabe 2004
Seite:



Bildgestützte Diagnostik, Teleradiologie

entwickelt seit 1996 die radiologische Softwarefamilie CHILI. Dies geschieht in einer engen Zusammenarbeit mit dem Deutschen Krebsforschungszentrum in Heidelberg [1]. Nach der Phase des Technologietransfers wird die CHILI-Software seit Juli 2003 von der CHILI GmbH (Heidelberg) weiter entwickelt und vermarktet. Die Entwicklung hatte zunächst den Schwerpunkt Teleradiologie, verlagerte sich aber mehr und mehr in Richtung Befundungsworkstations und PACS mit integrierter Teleradiologie [2]. Da es bisher nicht möglich war, die medizinischen Bilder auch in klinischen Anwendungen angemessen darzustellen und zu verarbeiten, wurde schon vor etwa fünf Jahren mit der Entwicklung einer web-basierten Anwendung in der Programmiersprache Java begonnen, die unabhängig vom darunter liegenden Betriebssystem funktionieren sollte. Ein weiteres wichtiges Ziel war eine leicht zu bedienende Benutzungsschnittstelle und die Möglichkeit der Steuerung und des Aufrufs durch andere Anwendungen, wie z.B. eine elektronische Patientenakte.

Es mussten jedoch mehrere Generationen von Prototypen wieder verworfen werden, da die Rechner entweder noch nicht schnell genug für die Sprache Java waren oder weil die vorhandenen Softwareentwicklungsumgebungen noch nicht den erforderlichen Funktionsumfang und

die Leistungsfähigkeit besaßen. Dies war aber kein Nachteil, denn dabei wurden wertvolle Erfahrungen mit Java, verschiedenen Entwicklungswerkzeugen und insbesondere mit den Einschränkungen dieser Sprache gesammelt. Erst seit kurzem sind die Standardcomputer schnell genug und die Entwicklungswerkzeuge ausgereift, um Anwendungen für die Darstellung und Verarbeitung von großen DICOM-Datensätzen in klinischer Routine zu ermöglichen.

Bei der Gestaltung der Bedienungsfläche von CHILI/Web haben sich die Entwickler am „klassischen“ CHILI orientiert (s. Abbildung 2). Die graphischen Benutzungsoberflächen wurden mit Java-Swing [3] realisiert, das sich in den letzten Jahren rapide entwickelt hat und nun die relativ einfache Erstellung von intuitiven graphischen Benutzungsschnittstellen erlaubt. Die schnelle Verarbeitung von großen medizinischen Datensätzen war immer ein kritischer Aspekt bei der Verwendung von Java. Die Java Advanced Imaging Bibliothek (JAI) hat dieses Problem nun gelöst [4]. Das Bilddarstellungskonzept von JAI erlaubt die schnelle Visualisierung von großen Bildern. In eigenen Tests hat sich erwiesen, dass sich digitale Röntgenbilder (CR) mit einer Größe von 5928 x 4728 Bildpunkten (56 MB) damit noch ohne Problem angezeigt werden können. Weiterhin wurde die

CHILI/Web-Anwendung auch auf die Verarbeitung großer Datensätze mit mehr als 500 Bildern pro Serie optimiert, wie sie inzwischen von modernen mehrzeiligen Computertomographen in Routine produziert werden.

Die Software unterstützt viele verschiedene Bildformate, wie z.B. DICOM, TIFF, JPEG, JPEG 2000 und PIC [5, 6, 9]. Es ist nun relativ einfach, neue Formate hinzuzufügen.

Serverseitig basiert das System auf den vorhandenen Komponenten des CHILI-Systems. Die bereits vorhandene Infrastruktur stellt dem CHILI/Web-Client die Bilder der Datenbank zur Verfügung und die Kommunikation mit Modalitäten und PACS sicher. Auf diese Weise konnten vorhandene und erprobte Komponenten weiter verwendet und das reibungslose Zusammenarbeiten mit den klassischen CHILI-Programmen sichergestellt werden.

Der CHILI/Web-Client lädt die Daten normalerweise von der Datenbank des CHILI/Webservers. Falls das führende System (RIS/KIS) die Daten selbst speichert und bereitstellt, können aber auch diese verarbeitet werden. Auch andere Datenquellen (z.B. DICOM CD-ROMs) können benutzt werden.

CHILI/Web stellt ein (ausblendbares) Datenbank-Fenster zur Anzeige, Navigation, Suche und Sortierung der Daten in der Datenbank des Webservers bereit. Die Bilddaten selbst werden im Cache des Webservers gehalten. Die Bilder werden mit dem HTTP-Protokoll [7] oder mit dem eigenen CHILI/Web-Protokoll geladen. Optional kann der Datenstrom mit dem Secure Socket Layer Protocol (SSL3/TLS) [8] verschlüsselt werden. Ferner können die Daten verlustfrei oder verlustbehaftet per GZIP, JPEG oder JPEG2000 [9] komprimiert werden.

Dies spart wertvolle Bandbreite, insbesondere in noch vorhandenen 10 MBit/sec Netzwerken. Teleradiologie ist damit auch über ISDN- und DSL-Leitungen möglich.

Die entwickelte Anwendung stellt einfache, aber sehr mächtige Schnittstellen zur Integration mit KIS und RIS zur Verfügung. Die steuernden Systeme können dabei bestimmen, auf welche Weise CHILI/Web erscheinen soll (s. Abb. 1):



Abbildung 1: Verschiedene Stufen der Integration (v.l.n.r.): Einzelnes Bild, Bildserie, gesamte Datenbank



- mit einem einzelnen Bild,
- mit einer Bildserie und daumengroßen Verkleinerungen der Bilder
- mit einer kompletten Untersuchung aus mehreren Serien oder
- mit dem Datenbank-Fenster, in dem der Benutzer selbst die Untersuchungen auswählt, wie in Abbildung 1 vorne zu sehen ist.

Sehr wichtig ist dabei, dass das aufrufende System die Art der Präsentation einfach steuern kann, und dass sich CHILI/Web in beliebige und auch dynamisch generierte HTML-Seiten integrieren lässt, wie man in Abbildung 1 sehen kann.

Aus datenschutzrechtlichen Gründen müssen sich die Benutzer des Programms authentifizieren. Dies entfällt, wenn diese sich schon in einer gesicherten Umgebung befinden. CHILI/Web kann verschiedene, bereits vorhandene, Authentifizierungsmechanismen hierfür verwenden:

- eine eigene Authentifizierungsdatenbank,
- das Network Information System (NIS) [11] und
- das Lightweight Directory Access Protocol (LDAP) [10].

Dies hat den Vorteil, dass der Benutzer sich nicht jedes Mal neu anmelden muss,

wenn er schon in einem anderen System, z.B. im KIS, erfolgreich angemeldet ist. Das erspart dem Benutzer sehr viel Zeit und erlaubt eine einheitliche und konsistente Authentifizierungsinfrastruktur.

3 Der CHILI/Web -Viewer

Der CHILI/Web-Client ist eine Darstellungskomponente für medizinische Bilder aus verschiedenen Bildquellen und kann sowohl umfangreiche Datensätze mit vielen Bildern, als auch sehr große Bilder problemlos verarbeiten. Auf den Bildern kann ein umfangreicher Satz von Bildverarbeitungsfunktionen angewendet werden. Der Viewer ist integrierbar und konfigurierbar durch andere Systeme, wie zum Beispiel Krankenhausinformationssysteme (KIS) oder Radiologieinformationssysteme (RIS). Er kann an ein PACS angeschlossen werden und bietet außerdem die Möglichkeit der synchronen Telekonferenz.

Das Web-basierte Programm kann sowohl in Internet-Browsern (vgl. Abb. 1) oder als eigenständige Anwendung laufen (vgl. Abb. 2). Abhängigkeiten von herstellerabhängigen Voraussetzungen, wie z.B. ActiveX (Microsoft Corp.) wurden bewusst vermieden. Die einzige Voraussetzung ist die Unterstützung der Java

Laufzeitumgebung [12] und mind. 128 MB freier Hauptspeicher.

Bilder können in verschiedenen Bildformaten verarbeitet werden. Üblicherweise liegen diese in DICOM vor. Aber auch die Formate JPEG und TIFF werden unterstützt. Es können Grauwertbilder und Farbbilder angezeigt werden. Bildfolgen können als sog. Multiframe-Sequenzen verarbeitet werden, wie sie z.B. von Farbdoppler-Ultraschallgeräten erzeugt werden. Auch zusätzliche Biosignale, wie z.B. das EKG in digitalen Angiographien, werden verarbeitet und korrekt dargestellt.

In einem sog. Lichtkasten werden die vorhandenen Bilder verkleinert dargestellt (Thumbnails) dargestellt. Hiermit bekommt der Anwender eine gute Übersicht über das Bildmaterial einer Serie und vereinfacht die Navigation, da die Thumbnails direkt angeklickt werden können, um das entsprechende Bild aufzurufen. Der unter dem Lichtkasten dargestellte Scout (Topogramm, Localizer, Übersichtsaufnahme) ist ein zusätzliches Werkzeug zur Orientierung und Navigation (s. Abb. 2, unten links).

Bilder mit mehr als 256 Graustufen werden mit dem weit verbreiteten Level/Window-Konzept dargestellt. Hierbei können sowohl modalitätenspezifische Voreinstellungen, als auch interaktive Methoden zur optimalen Darstellung gewählt werden. Bilder können vergrößert, verschoben, invertiert, rotiert und gespiegelt werden. Mit der elektronischen Lupe kann der Anwender interessante Regionen (ROIs) vergrößern. Die Größe der Lupe und der Vergrößerungsfaktor sind dabei frei einstellbar. Die Grauwerte einzelner Bildpunkte können angezeigt werden. Für die Vermessung von abgebildeten Objekten stehen Längenmessung, Fläche, Mittelwert und Standardabweichung in ROIs verschiedener Gestalt (Rechteck, Kreis und Polygon) zur Verfügung. Winkel können wahlweise über 3 oder 4 Punkte definiert werden. Schließlich werden die im DICOM-Header gespeicherten Orientierungsinformationen (vorne-hinten, links-rechts, oben-unten) und eine Zentimeter-Skala im ausblendbaren Overlay des Bildes dargestellt.

Wie oben schon beschrieben, können mit CHILI/Web Telekonferenzen mit

3

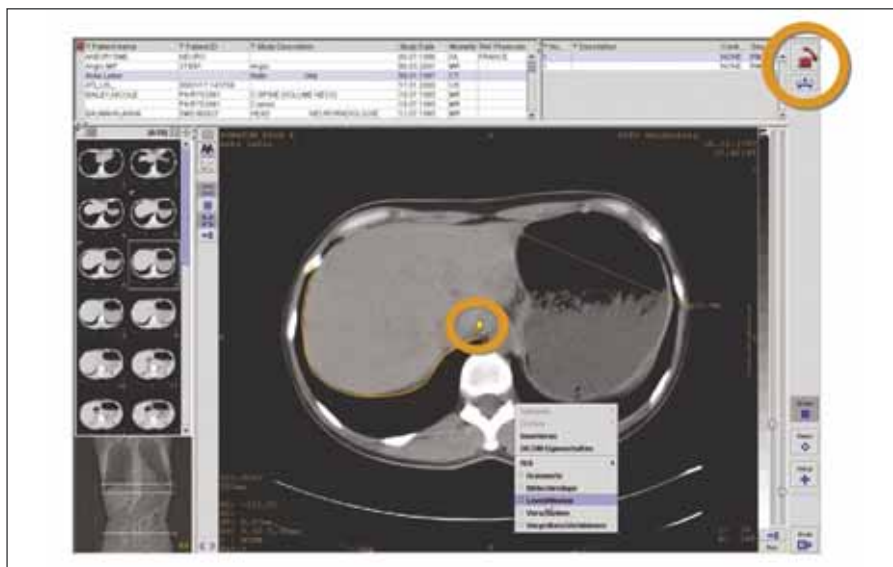


Abbildung 2: CHILI/Web mit Datenbank-Browser in der Telekonferenz (siehe Mauszeiger des Konferenzpartners und abgehobenen Telefonhörer)



Bildgestützte Diagnostik, Teleradiologie

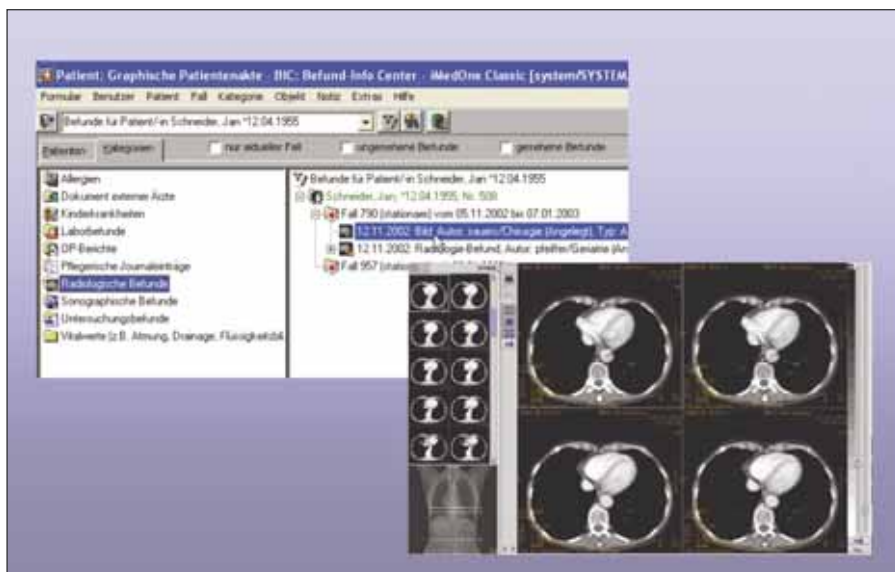


Abbildung 3: CHILI/Web integriert mit iMedOne

synchronen Bildern, Mauszeigern und Funktionen durchgeführt werden. Diese sind zwischen CHILI/Web-Systemen aber auch mit der klassischen CHILI-Befundungsworkstation in der Radiologie möglich. Dabei dürfen sich nicht nur die verwendeten Programme, sondern auch die verwendeten Computer, deren Betriebssysteme (z.B. Linux, Mac, Windows) und deren Monitorauflösungen voneinander unterscheiden. Die Telekonferenz wurde für schmalbandige Leitungen (z.B. ISDN, DSL) optimiert, so dass in der Konferenz ausschließlich kurze Synchronisationsbefehle und keine Bilddaten zwischen den beiden Systemen ausgetauscht werden. Um dies auch mit CHILI/Web zu ermöglichen, wurde die CHILI Middleware ebenfalls in Java implementiert.

CHILI/Web kann aus der elektronischen Patientenakte heraus mit verschiedenen Parametern aufgerufen und gesteuert werden. Dies geschieht über den Aufruf einer URL mit bestimmten Parametern, die z.B. die Study-ID, Patient-ID oder einen Verweis auf eine relative Bildadresse auf dem Webserver enthalten. Eine dynamisch erzeugte HTML-Seite enthält das aufgerufene Java Applet, an das die Parameter übertragen werden. Diese Seite kann schließlich in einem Webbrowser-Fenster innerhalb einer anderen Anwendung dargestellt werden. Wenn das Applet startet, wertet es die übergebenen

Parameter aus und beginnt die Bilder im Hintergrund zu laden. Das Applet wird im Hauptspeicher gehalten, um beim Aufruf mit weiteren Daten nicht erst wieder geladen zu werden. Dies beschleunigt den Wechsel zwischen verschiedenen Patientendaten.

Eine andere wichtige Funktion ist die Anzeige von Befunden, die im RIS oder KIS gespeichert sind, aber trotzdem in CHILI/Web angezeigt werden sollen. Hierfür wird das individuelle Protokoll des anderen Informationssystems benutzt, um die Befunde unmittelbar aus deren Datenbank zu holen und dann gemeinsam mit den dazugehörigen Bildern im Browser anzuzeigen. Das Standardprotokoll für diese Zwecke ist idealerweise wieder das HTTP-Protokoll, das sehr einfach und wohldefiniert ist.

Aus Sicherheitsgründen wird zusätzlich noch ein Ticket-System eingesetzt. Dies bedeutet, dass das Programm dynamisch ein sog. Ticket generiert und in der Anfrage übergibt. Dieses Ticket wird vom anderen System (z.B. RIS) auf Richtigkeit und Gültigkeit überprüft, bevor der Befund übermittelt wird. Diese Lösung wurde erfolgreich mit dem RIS der Firma Medos AG (Langenselbold) umgesetzt und läuft in Routine.

Das System wurde erfolgreich mit den folgenden kommerziellen KIS- bzw. RIS-Systemen integriert:

- IS-H*Med (GSD GmbH, Berlin)
- iMedOne (ITB AG, Köln) (s. Abb. 3)
- Medos 8.30 (Medos AG, Langenselbold)

Im täglicher Routine wird es zur Zeit (Stand August 2003) eingesetzt von:

- Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg
- Imaging Service, Großhadern
- Klinikum Großhadern,
- Universität Magdeburg,
- Gilead Kliniken, Bielefeld,
- St. Johannes-Hospital Arnsberg/Neheim

Weitere Installationen sind in Vorbereitung. Die Erfahrung hat gezeigt, dass CHILI/Web innerhalb von zwei bis fünf Stunden in ein anderes System integriert werden kann, ohne dass etwas am Programm-Code geändert werden muss.

4 Diskussion

In den vergangenen Jahren wurden einige web-basierte Systeme für die Bildverteilung realisiert [13, 14, 15, 16]. Nichtsdestotrotz können nur sehr wenige die Bilder des PACS auch in klinische Arbeitsplatzsysteme integrieren und noch weniger auch wirklich mit dem RIS/KIS koppeln [13]. Ein Vergleich zeigt, dass kein anderes System diese Art der einfachen Integrationsmöglichkeit mit klinischen Workstations erlaubt und dazu auch noch Telekonferenz fähig ist; erst recht nicht System übergreifend von der Web-Anwendung zur radiologischen Befundungs-Workstation. Von Handels- und Mitarbeitern wurde zwar ein Web-Viewer mit Telekonferenzfunktionalität für die Ausbildung in der medizinischen Bildverarbeitung entwickelt [15], dieser ist aber eher als akademischer Prototyp zu betrachten, der nicht für den Einsatz in der klinischen Routine oder gar für die Integration mit anderen Informationssystemen geeignet ist.

Die realisierte Integration mit anderen Informationssystemen (KIS/RIS) zeigt, dass dies nicht nur notwendig, sondern auch möglich ist. Mit diesem Ansatz ist es relativ einfach, Bilder von der Radiologie in andere Bereiche eines Klinikums oder auch nach Außen zu verteilen. Somit



werden sowohl die Qualität der radiologischen Leistungen als auch der klinische Workflow verbessert.

5 Zusammenfassung

Die entwickelte CHILI/Web-Anwendung erfüllt die Anforderungen an die Verteilung von medizinischen Bildern und integriert diese mit der elektronischen Patientenakte. Eine einfache Integration mit anderen Informationssystemen ermöglicht es dem Benutzer in einer konsistenten Arbeitsumgebung zu arbeiten, ohne die Anwendungen explizit (mit wiederholtem Ausloggen und wieder Einloggen) wechseln zu müssen. Statt dessen werden die Bilder direkt aus der Patientenakte aufgerufen und in dessen Umgebung unter Wahrung von datenschutzrechtlichen Aspekten angezeigt. Die integrierte Telekonferenzfähigkeit verbessert die Qualität der medizinischen Versorgung, da die Konsultation des Experten so einfach ist wie ein Telefonanruf.

Über die genannten Anwendungsszenarien hinaus kann der Radiologe das System im Bereitschaftsdienst in der Nacht oder am Wochenende von zu Hause aus benutzen, um so die Bilder von Notfällen anzusehen und wichtige Entscheidungen sehr zeitnah treffen zu können.

6 Literatur

1. Engelmann U, Schröter A, Baur U, Werner O, Schwab M, Müller H, Bahner M, Meinzer HP: Second Generation Teleradiology. In: Lemke HU (ed.), Vannier MW (ed.), Inamura K (ed.), Farman AG (ed.): *Computer Assisted Radiology and Surgery*, Elsevier, 1997 (Excerpta Medica International Congress Series 1134), S. 632–637
2. Engelmann U, Schröter A, Schwab M, Eisenmann U, Meinzer HP: Openness and Flexibility: From Teleradiology to PACS. In: Lemke HU (ed.), Vannier MW (ed.), Inamura K (ed.), Farman AG (ed.): *Computer Assisted Radiology and Surgery*. Amsterdam: Elsevier, 1999 (Excerpta Medica International Congress Series 1134), S. 534–538
3. Walrath K, Campione M: *The JFC Swing Tutorial: A Guide to Constructing GUIs*. Addison-Wesley, 2000
4. Rodrigues LH: *Building Imaging Applications with Java Technology*. Addison-Wesley, 2001
5. NEMA Standards Publication PS 3.1-15. *Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM)*. National Electrical Manufacturers Association, 2101 L Street, N.W., Washington, D.C. 20037, 2000.
6. Schröter A, Engelmann U: *ipPic Library. A portable library for the PIC image file format.* / Deutsches Krebsforschungszentrum Heidelberg, Abteilung Medizinische und Biologische Informatik. Heidelberg, 1995 (TR75)
7. Fielding R, Gettys J, Mogul J, Frystyk H, Berners-Lee T. RFC 2068: *Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1*. January 1997. <http://www.ietf.org/rfc.html>
8. Dierks T, Allen C. RFC 2246: *The TLS Protocol Version 1.0*. January 1999. <http://www.ietf.org/rfc.html>
9. ISO/IEC 15444-1:2000. *JPEG 2000 image coding system*. <http://www.iso.org/>
10. Wahl M, Howes T, Kille S. RFC 2251: *Lightweight Directory Access Protocol (v3)*. December 1997. <http://www.ietf.org/rfc.html>
11. Sun Microsystems. *The Network Information System*. <http://www.sun.com>
12. Sun Microsystems. *The Java Runtime Environment*. <http://java.sun.com/jre>
13. Feron M, Bellon E, Vanautgaerden M, Aerts W, Pierlet N, Schils E, Deurwaerder AD, Van den Bosch B: Experience with a commercial clinical viewer tightly integrated into local and remote workflow. In: Niinimäki J, Ilkko E, Reponen J: *Proceedings of the 20th EuroPACS annual meeting*. Oulu 2002. S. 201-204
14. Knoll P, Mirzaei S, Koriska K, Kohn H: Implementing a Java-based image and report distribution system in a non picture archiving and communication environment. *J Digit Imaging* 2000 May. S. 208-210
15. Handels H, Schmidt H, Knopp U: A Java Based Teleradiology System supporting Cooperative 2D and 3D Teleimaging. *European Journal of Medical Research*, 7th International Conference on the Medical Aspects of Telemedicine, 7. 2002. Suppl. 1, 32
16. Holstein J, Kleber K, Sasse C, Koenig S, Grönemeyer D: A Java based communication architecture for a clinical multi-purpose Internet/Intranet environment. *Computer Assisted Radiology and Surgery, CAR'98*, 1998, S. 490-496.