

La Radiologia Medica - Radiol Med 108: 542-548, 2004
Edizioni Minerva Medica - Torino

Sistema di teleradiologia consultabile mediante un comune browser internet

Giacomo LUCCICHENTI - Nhan NGO DINH*,
Filippo CADEMARTIRI**, Giulio EVANGELISTI*
Andrea PAOLILLO***, Stefano BASTIANELLO****

Scopo. Valutare un sistema di teleradiologia consultabile mediante un comune browser Internet.

Materiale e metodi. Un sistema dedicato è collegato a una o più apparecchiature radiologiche (RX, Ecografia, TC, RM) con standard DICOM e protocollo TCP/IP. La consultazione remota degli esami può essere effettuata collegandosi al sito internet con un personal computer (PC) utilizzando un comune browser. Le immagini vengono compresse e visualizzate su una pagina web fornita di una barra degli strumenti che permette di effettuare operazioni sulle immagini (luminosità-contrasto, ingrandimento, misurazioni, ROI) e di comunicare con il centro radiologico.

Risultati. L'interfaccia è di facile impiego e non richiede particolari conoscenze tecniche se non quelle di base per l'utilizzazione di un PC e per la navigazione su internet. Il collegamento al sistema attraverso un PC permette di visualizzare un studio TC o RM in tempi brevi.

Conclusioni. Il sistema presentato supera le limitazioni dei sistemi di teleradiologia convenzionali in quanto consente la consultazione di un esame radiologico da qualsiasi luogo ove sia disponibile un PC e una connessione internet senza la necessità di connessioni dedicate o di software particolari.

PAROLE CHIAVE: Teleradiologia - Teleconsulenza - Internet

Teleradiology system accessible through a common web browser

Purpose. To describe a teleradiology system accessible via a PC and a common web browser.

Materials and methods. A dedicated system is connected to several radiological imagers (DR, US, CT, MR) with DICOM standard and TCP/IP protocol. The images are visualised in a common web browser on a remote PC by connecting to the dedicated web-site. Compressed images are visualised on a web page. Special toolbars allow specific operations to be performed on the images (brightness-contrast, zoom, distance measurement and ROI defining) and the communication with the radiological centre.

Results. The graphic interface is user-friendly and does not require any special knowledge, except for basic PC and internet surfing. Image compression can be set to preserve image quality, and image transfer is fast.

Conclusions. The system presented overcomes the limitations of conventional teleradiology systems since it requires no special network or dedicated software, allowing for visualisation of a radiological examination on a PC and a common web browser.

KEY WORDS: Teleradiology - Teleconsulting - Internet

Introduzione

L'espansione delle reti informatiche e la natura digitale delle immagini hanno reso possibile lo sviluppo della teleradiologia, che consiste nella trasmissione a distanza delle immagini radiologiche. Tra le applicazioni della teleradiologia vi sono la diagnosi a distanza, l'ottimizzazione delle risorse sul territorio con la richiesta delle prestazioni radiologiche, l'integrazione delle unità radiologiche, la consulenza radiologica specialistica con istituzioni esterne, la migliore comunicazione tra radiologo e clinico, la didattica e la ricerca scientifica [1, 2]. L'impiego su larga scala dei sistemi di teleradiologia è tuttavia limitato da due fattori.

Il primo fattore è rappresentato dai sistemi di comunicazione. La maggior parte dei sistemi di teleradiologia si basano su reti dedicate, al fine di garantire prestazioni elevate. I costi elevati di queste reti ne limitano l'estensione territoriale, circoscritta in genere al singolo ospedale o, al massimo, a strutture vicine.

Il secondo fattore è rappresentato dalla natura dell'informazione trasmessa, sotto l'aspetto quantitativo e qualitativo. Le prestazioni di un sistema di teleradiologia dipen-

Introduction

The expansion of computer networks and the digital nature of radiological images allowed the development of teleradiology, which is the remote transmission of radiological images. The applications of teleradiology include the remote diagnosis, the optimisation of resources with radiological services, the integration of radiology centres, a specialised radiological consultations with external institutions, a better communication between radiologists and clinicians, teaching and research [1, 2].

Wide-scale use of teleradiology systems is, however, limited by two factors. The first factor is represented by the communication systems. Most teleradiology systems are based on performant dedicated networks. The high costs of these networks limit their use to single hospitals or nearby institutions. The second factor is represented by the nature of the information transmitted, in terms of quantity and quality. The performance of a teleradiology system essentially depends on the ratio between amount of data and the speed at which these data are transmitted. The information to be transmitted and the amount of data needed to represent it are inter-

Fondazione Biomedica Europea, onlus, Roma - *Dilogix s.r.l. - Italia - **Università di Rotterdam, Erasmus Medical Centre, Department of Radiology - Olanda - ***Università di Roma "La Sapienza", Roma - ****Università di Pavia, UC Neuroradiologia, Istituto Neurologico IRCCS C. Mondino, Pavia.

Pervenuto alla Redazione il 29.9.2003; revisionato il 27.11.2003; restituito corretto il 5.4.2004; accettato per la pubblicazione il 15.2.2004.

Indirizzo per la richiesta di estratti: Dott. G. Luccichenti - Via V. Veneto, 146 - 00187 Roma RM - Fax: 06 85800461. E-mail: g.luccichenti@libero.it

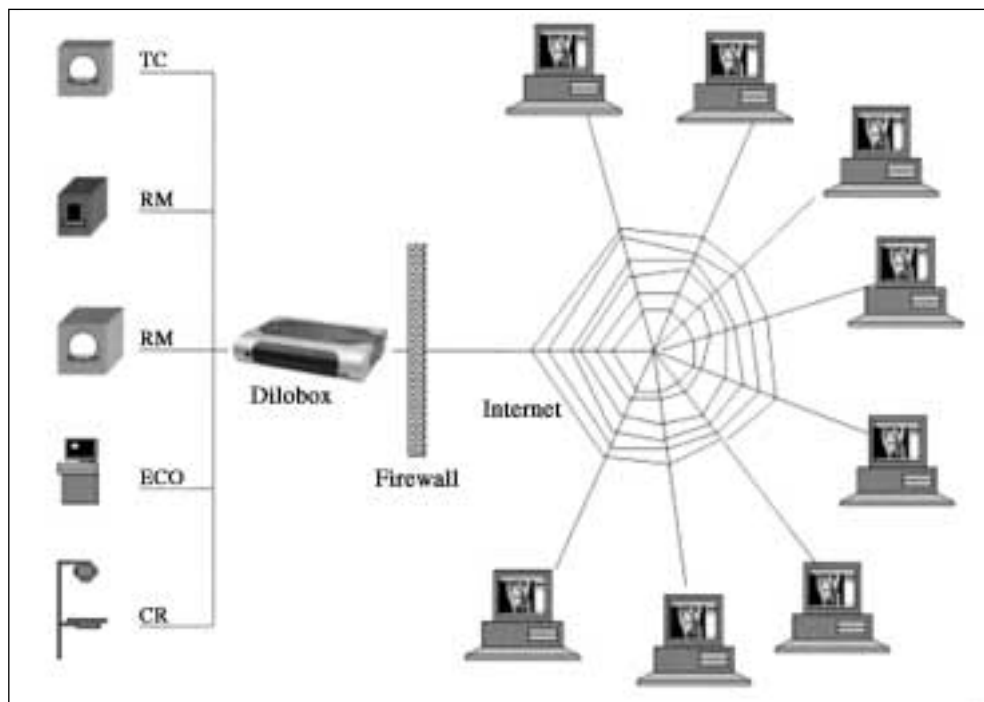


Fig. 1. — Il D-box viene collegato direttamente oppure attraverso una rete Ethernet all'apparecchiatura TC o RM provviste di standard di comunicazione DICOM. La connessione tra il D-box e internet avviene tramite ADSL. Un firewall impedisce l'accesso indesiderato al D-box e alle apparecchiature radiologiche.

The D-box is connected directly or through an Ethernet network to the CT or MR scanners equipped with a Dicom Standard communication protocol. Internet connection is performed through ADSL. A firewall avoids the undesired access to the D-box and the scanners.

dono in gran parte dal rapporto tra la quantità di dati e la velocità con la quale questi vengono trasmessi. Vi è una relazione tra informazione e quantità di dati impiegati per rappresentarla. Sistemi in grado di ottimizzare "comprimendo" la quantità di dati, comportano spesso una perdita di informazione.

Lo scopo del presente lavoro è di valutare un sistema di teleradiologia consultabile mediante connessione ad internet da qualsiasi luogo in tempo reale.

Materiale e metodi

Un sistema dedicato (D-box, Dilogix®, Italia), è collegato direttamente oppure attraverso una rete Ethernet ad una o a più apparecchiature radiologiche quali quelle di tomografia computerizzata (TC), risonanza magnetica (RM), ecografia e radiologia digitale convenzionale (CR) (fig. 1). La comunicazione tra le apparecchiature e il D-box avviene con standard DICOM su protocollo TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). Nel caso in cui l'apparecchiatura radiologica non fosse provvista di porta con standard DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), è possibile trasferire gli esami al D-box da disco ottico. È necessaria una connessione internet con una banda non inferiore a quella di una connessione ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) base (256kbit/s di banda in ingresso, 128kbit/s di banda in uscita) o satellitare bidirezionale, qualora non fosse disponibile la prima. Quest'ultima comporta costi di installazione maggiori, ma il canone mensile è paragonabile a quello per l'ADSL.

Dalla consolle dell'apparato radiologico, le immagini possono essere selezionate ed inviate al D-box con un'operazione simile a quella effettuata per l'archiviazione delle

related. Systems optimising the amount of data by "compressing" them often involve a loss of information.

The aim of this study was to assess a tele-radiology system that can be accessed in real-time from any location via an internet connection.

Materials and methods

A dedicated system (D-box, Dilogix, Italy) is connected directly or via an Ethernet network to one or more radiological imagers, such as computed tomography (CT), magnetic resonance (MR), ultrasound and conventional digital radiology (DR) (fig. 1). The communication between the imagers and the D-box is based on the DICOM standard and on TCP/IP protocol (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). The images can be transferred to the D-box from an optical disc. The internet connection should have at least a bandwidth of a basic ADSL connection (256-kbit/s downstream, 128kbit/s upstream) or be a bidirectional satellite connection, if ADSL is unavailable. A bidirectional satellite connection is more expensive to install but the monthly fees are comparable to those charged for ADSL.

The images can be selected from the radiological console and sent to the D-box with a procedure similar to that required for saving images on an optical disc. The images and the patient information are stored in the D-box in non-compressed format. The D-box has a memory of 60 Gb allowing storage of about 1000 MRI exams.

The exams sent to the D-box can be displayed on a conventional personal computer (PC) connected to the internet or intranet with a conventional browser (Internet Explorer 5 or Netscape 6 or above). Once connected to the remote user visualises the patients list on a web page. The

immagini su disco ottico. Le immagini e le informazioni del paziente vengono archiviate nel D-box in formato non compresso. La capacità di memoria del D-box è di 60 Gb e permette di archiviare circa 1000 esami di RM.

La consultazione degli esami inviati sul D-box viene effettuata tramite un comune personal computer (PC), collegato ad internet o alla rete interna. Il software necessario è un comune browser per Internet (Internet Explorer 5 o Netscape 6 o superiori). Il consulente, una volta collegatosi al D-box visualizza, in una pagina web la lista dei pazienti consultabili. Questa lista può essere limitata ai pazienti ai quali il consulente ha accesso. È possibile consentire l'accesso per "second opinions" e visualizzare i referti di esami precedenti. Selezionato il paziente compaiono la lista di acquisizioni effettuate, ciascuno dei quali è costituito dalle immagini. In altre parole l'esame di un paziente (studio) è costituito da una o più serie a loro volta composte da immagini. Nell'accedere alla visualizzazione di uno studio, il D-box produce una copia compressa delle immagini richieste. La compressione permette di ridurre la dimensione delle immagini in termini di memoria, rendendo possibile una consultazione veloce anche attraverso una connessione internet con una linea telefonica comune (con una velocità di ricezione inferiore ai 56kbit/s). Il fattore di compressione è impostabile come qualità dell'immagine nella pagina web nella quale sono selezionabili gli studi da visualizzare. Le immagini vengono trasferite con i valori di finestra impostati in fase di invio dalla consolle della TC, della RM, dell'ecografo o dell'apparecchiatura di radiologia digitale al D-box. Nel caso il radiologo necessiti di valori di finestra differenti (ad esempio di una finestra adatta alla visualizzazione del parenchima polmonare), un apposito menu permette di applicare tali valori alle immagini DICOM archiviate nel D-box. Le immagini della serie selezionata vengono visualizzate su una pagina web (fig. 2). È possibile effettuare uno zoom della singola immagine, modificare luminosità e contrasto o effettuare misurazioni (fig. 3).

Sulla destra della pagina web, una barra di comando consente di impostare interattivamente l'incolonnamento delle immagini (da 1 a 8 immagini per riga). In una apposita finestra è possibile visualizzare un riassunto anamnestico inserito al momento dell'esame. Un'altra casella di testo permette di inviare al centro radiologico la consulenza. E' anche possibile inviare e stampare direttamente su una stampante predefinita la consulenza.

Il D-box permette anche l'invio automatico o su richiesta delle immagini ad un server DICOM TCP/IP, un server FTP (File Transfer Protocol) (FTP, SFTP o FTP over SSH) o una cartella condivisa all'interno della rete interna attraverso un'interfaccia html accessibile allo stesso modo della pagina web per la consultazione. L'accesso al sistema è consentito esclusivamente con nome utente e password.

L'effetto del rapporto di compressione sulla qualità dell'immagine è stato illustrato impiegando immagini RM. È stata utilizzata una RM T1 pesata dell'encefalo per illustrare gli effetti della compressione sulla qualità dell'immagine.

Per la valutazione dell'efficienza del sistema teleradiologico, sono stati ottenuti i tempi necessari alla visualizzazione di serie di immagini TC e RM. Una serie di 60 immagini TC e una serie di 20 immagini RM sono rappresentative del



Fig. 2. — Pagina web ove vengono visualizzate le immagini. L'incolonnamento delle immagini può essere selezionato attraverso la finestra sulla barra degli strumenti alla destra della pagina ove sono inoltre presenti: un menu per la selezione delle serie di immagini che compongono lo studio, una finestra con dei dati anagrafici e un riassunto anamnestico essenziali, una casella di testo per inserire la consulenza, un menu nel quale è possibile selezionare delle consulenze da modello.

Web page in which the images are displayed in columns. The display format can be set in the toolbar in the right of the web page. Image series can also be set through a menu. A window for essential patient's data and clinical history, and a text box for sending the consult with a menu for pre-set consult are also present.

list can be limited to given patients for each user. Access can be enabled for second opinions and to visualise the reports of previous exams. Once the patient has been selected, a list of the exam acquisitions is shown, each acquisition being composed by several images. In other words, a patient's examination (study) is made up of one or more series of images. When a study is accessed, the D-box produces a compressed copy of the requested images. Compression reduces the images' memory requirements, thereby enabling quick visualisation even using a normal dial-up connection (with a speed under 56 kbit/s). The compression factor can be set as image quality on the web page where the studies are listed. The images are transferred with the window values specified when transferring the images from the CT, MRI, US or DR console to the D-box. If different window values are required (for example, a window suitable for visualisation of lung parenchyma), a special menu allows these values to be applied to the DICOM images stored in the D-box. The images of the selected series are displayed on a web page (fig. 2). Each image can be magnified, brightness and contrast can be adjusted and measurements made (fig. 3).

On the right of the web page, a toolbar allows the user to

numero di immagini che abitualmente compongono una scansione TC addominale o una sequenza RM.

Risultati

Come mostrato nelle immagini ottenute con differenti fattori di compressione, all'aumentare della compressione, gli artefatti sono più evidenti in corrispondenza delle strutture a decorso lineare e sono più evidenti al crescere del fattore di compressione impiegato (figg. 4, 5).

Il tempo necessario alla visualizzazione della pagina web per la consultazione di una serie di immagini varia a seconda dal numero di immagini che compongono lo studio, la loro natura (immagini TC o RM), il rapporto di compressione e il tipo di connessione utilizzata dal PC dal quale viene effettuata la consultazione.

Il collegamento al sistema D-box attraverso un PC con connessione ADSL base permette di visualizzare impostando la compressione JPEG con qualità dell'immagine al 75%:

- una serie di 60 immagini TC in circa 160 secondi;
- una serie di 20 immagini RM in circa 65 secondi;
- una serie di 10 immagini ecografiche in circa 15 secondi;
- un'immagine CR in circa 7 secondi.

La visualizzazione degli stessi studi attraverso un PC con connessione 56 kbit/s permette di visualizzare:

- una serie di 60 immagini TC in circa 5 minuti;
- una serie di 20 immagini RM in circa 240 secondi;
- una serie di 10 immagini ecografiche in circa 120 secondi;
- un'immagine CR in circa 45 secondi.

L'interfaccia è di facile impiego e non richiede particolari conoscenze tecniche se non quelle base per utilizzare un PC e navigare su internet. Schermi comuni o LCD permettono una visualizzazione ottimale delle immagini TC, RM ed ecografiche. Per la visualizzazione delle immagini CR la qualità di visualizzazione è conservata impiegando monitor ad alta risoluzione.

Discussione

Il sistema di teleradiologia descritto rappresenta una risposta alle limitazioni di una rete di comunicazione dedicata e della natura dell'informazione trasmessa. Esso impiega infatti la rete internet già esistente e un comune algoritmo di compressione.

Gli algoritmi di compressione possono essere distinti in due categorie in relazione alla loro capacità di preservare l'informazione dell'immagine. Algoritmi "lossless" conservano le informazioni attraverso una compressione reversibile, ma non permettono rapporti superiori a 2/1 o 3/1. Al contrario, algoritmi "lossy" comportano una alterazione irreversibile dell'immagine, ma consentono rapporti di compressione maggiori [3]. Con gli algoritmi lossy, al di sotto di una determinata soglia di compressione, la comparsa di alterazioni sulle immagini radiologiche può non avere un effetto sulle informazioni utili alla diagnosi. La soglia del rapporto di compressione oltre la quale sono visibili artefatti dipende dal tipo di immagine e dall'algoritmo di compressione [4]. Nelle immagini di CR è possibile impiegare rapporti di compressione fino a 40/1 preservando l'informazione



Fig. 3. — Pagina web ove vengono visualizzate le immagini. L'immagine evidenziata nella figura 3 è stata ingrandita con algoritmo di interpolazione bicubica. Come esempio è stata ottenuta la distanza della linea gialla. *Web page in which the images are displayed in columns. The picture highlighted in figure 3 has been magnified using a bicubic interpolation algorithm. The distance of the yellow line has been obtained.*

select the display format (from 1 to 8 images per row). A special window calls up the patient history inserted at the time of the examination. Another text box allows the report to be sent to the radiological centre. The report can also be printed out on a predefined printer.

The D-box also allows automatic or on-demand forwarding of the images to a DICOM TCP/IP, or FTP (FTP, SFTP or FTP over SSH) server or to a shared intranet folder through an html interface accessible in the same manner as the web page where the images are displayed. The access to the system is allowed with a system username and password.

The effect of the compression ratio on image quality has been illustrated using MR images; a T1-weighted MR image of the brain has been used to show the effects of compression on image quality.

To evaluate the efficiency of the teleradiological system, we measured the time needed to visualise series of CT and MR images. One series of 60 CT images and one of 20 MR images are representative of the number of images of an abdominal CT scan or an MRI sequence.

Results

As shown by the images obtained with different compression factors, the higher the compression factor, the more evident the artefacts nearby the linear structures (figs. 4, 5).

The time required to visualise the web page displaying a series of images depends on the number of images included

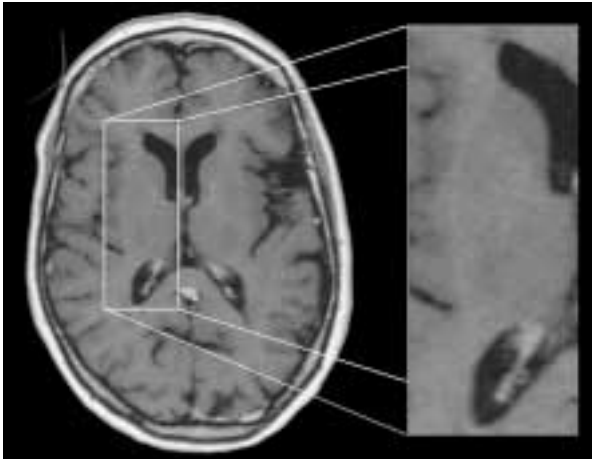


Fig. 4. — RM T1 pesata dell'encefalo sul piano assiale a livello dei nuclei della base. Una regione dell'immagine originale è ingrandimento di una regione di interesse (ROI).

T1-weighted MR image of the brain at the level of the basal ganglia. Native image and a magnified region of interest (ROI) (yellow rectangle).

diagnostica pur in presenza di artefatti [5]. Per le immagini TC e RM, studi condotti su fantoccio elettronico e su casistiche clinico-radiologiche hanno evidenziato che, impiegando rapporti di compressione non superiori a 10/1, è possibile preservare l'immagine in termini di risoluzione spaziale e risoluzione di contrasto evitando artefatti in grado di compromettere la diagnosi [6-10]. Nel sistema descritto il fattore di compressione può essere impostato dal consulente in fase di selezione dello studio. Nella pagina web in questione un breve testo ricorda al consulente gli effetti della compressione sull'immagine.

Nelle comuni postazioni di visualizzazione delle immagini radiologiche, al fine di rendere maggiormente distinguibili

in the study, their nature (CT or MR images), the compression factors and the type of internet connection used.

Connection to the D-box via a PC with a basic ADSL connection allows visualization of by setting the JPEG compression at 75% image quality:

- one series of 60 CT images in approx. 160 seconds;
- one series of 20 MR images in approx. 65 seconds;
- one series of 10 sonograms in approx. 15 seconds;
- one DR image in approx. 7 seconds.

Connection via a PC with a 56 kbit/s connection allows visualisation of:

- one series of 60 CT images in approx. 5 minutes;
- one series of 20 MR images in approx. 240 seconds;
- one series of 10 sonograms in approx. 120 seconds;
- one DR image in approx. 45 seconds.

The interface is user-friendly and does not require any special knowledge other than basic PC and internet surfing skills. Common or LDC monitors enable optimal visualisation of CT, MR and ultrasound images. For DR images, quality of visualisation is preserved using high-resolution monitors.

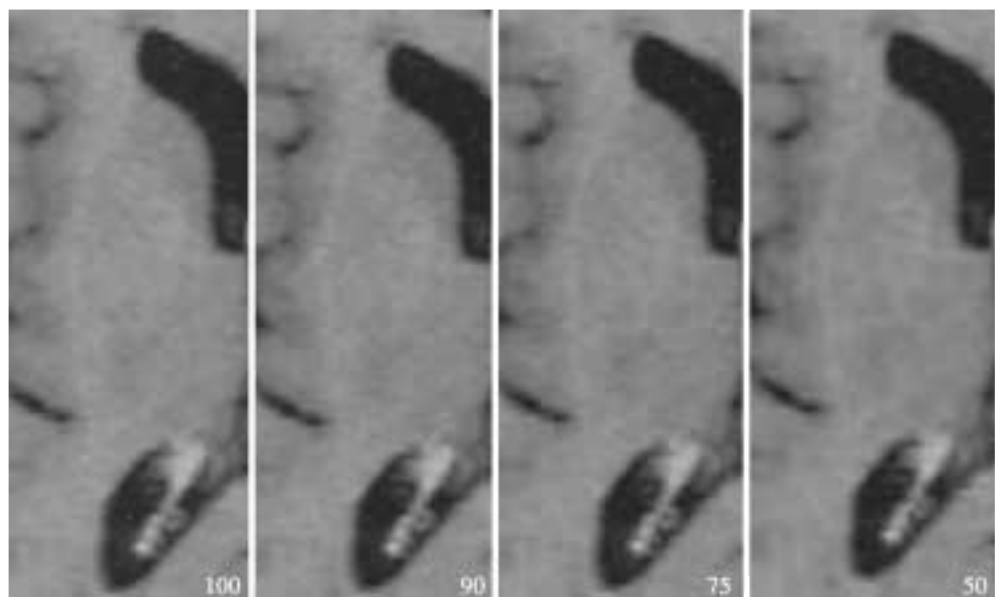
Discussion

This teleradiology system overcomes the limitations inherent to the dedicated communications network and the nature of the information transmitted, as it uses the existing internet and a common compression algorithm.

Compression algorithms may be distinguished into two groups depending on the capability to preserve image information. "Lossless" algorithms preserve the information through reversible compression, but only allow ratios up to 2/1 or 3/1. Conversely "lossy" algorithms irreversibly alter the image allowing higher compression ratios [3]. With lossy algorithms, below a given compression threshold the artifacts on the radiological images may not affect diagnostic infor-

Fig. 5. — RM T1 pesata dell'encefalo sul piano assiale a livello dei nuclei della base. Le immagini ottenute applicando 4 rapporti di compressione differenti (5/1, 10/1, 15/1, 20/1) alla ROI dell'immagine originale indicata nella figura 4 mostrano gli artefatti dovuti all'impiego di compressione JPEG.

T1-weighted MR image of the brain at the level of the basal ganglia. The pictures obtained with 4 compression ratios (5/1, 10/1, 15/1, 20/1) applied to the ROI of native image of figure 4 show the JPEG artifacts.



dettagli dell'immagine, l'operatore può assegnare una scala di grigi ad un determinato intervallo di valori di densità o di segnale. Ciò corrisponde alla "finestra" di visualizzazione impiegata in radiologia. Con il sistema descritto, le immagini sono visualizzate sul browser internet con la stessa finestra con la quale sono state fotografate o visualizzate sulla consolle dell'apparecchiatura radiologica. Le funzioni di regolazione della luminosità e del contrasto dell'immagine rappresentano uno strumento surrogato, ma efficace per migliorare la visualizzazione. Tuttavia le informazioni non presenti nell'immagine compressa, non possono essere visualizzate con questo semplice strumento. Ad esempio, in un'immagine di un torace fotografato con finestra per il mediastino non è possibile visualizzare i setti interlobulari del parenchima polmonare semplicemente modificando i valori di luminosità e di contrasto dell'immagine. Nel caso il radiologo desideri visualizzare le immagini con valori di finestra differente, è possibile selezionare questi i valori attraverso un apposito menù. Il D-box assegna tali valori alle immagini DICOM, le quali sono, una volta compresse, inviate e rappresentate sul browser internet. Questo sistema offre il vantaggio di poter modificare i valori di finestra senza la necessità di un software dedicato poiché tale modifica viene effettuata direttamente dal D-box. Inoltre, v'è in ogni caso vantaggio rispetto alla refertazione su pellicola daché, in questa, la finestra di visualizzazione non può essere modificata. La possibilità di selezionare l'incolonnamento e l'ingrandimento delle immagini permette al consulente di ottimizzare la visualizzazione allo schermo impiegato e alle esigenze diagnostiche desiderate [11].

Rispetto alle connessioni dedicate, i costi sono inferiori sia per la tecnologia impiegata, sia per il cablaggio decisamente più semplice: è necessario solamente collegare un D-box alle apparecchiature e disporre di una connessione ad internet a larga banda (minimo ADSL). Il D-box è di piccole dimensioni e non richiede particolari alloggiamenti.

Un ulteriore vantaggio consiste nella possibilità di effettuare la consultazione mediante l'impiego di un comune browser internet senza la necessità di programmi dedicati. L'interfaccia è di semplice utilizzo e tutte le funzioni base utili alla visualizzazione delle immagini sono integrate nella pagina web. Il radiologo non necessita di particolare addestramento in quanto la consultazione avviene nella stessa maniera in cui vengono visualizzate le immagini sulle più diffuse stazioni di lavoro.

Il D-box è un sistema di archiviazione delle immagini (picture archiving and communication system (PACS) nella letteratura anglosassone). Esso può essere quindi impiegato per la visualizzazione degli esami radiologici precedenti dei pazienti o per studi scientifici multicentrici per la centralizzazione dell'analisi delle immagini o per la consulenza di un secondo radiologo. L'architettura sulla quale è stato concepito il D-box permette una grande plasticità del sistema e una sua adattabilità alle esigenze del centro radiologico.

Per ciò che concerne la sicurezza e la tutela dei dati personali, il sistema è fornito di accesso e di sistemi firewall. Per accedere alla visualizzazione degli esami è necessario inserire un nome utente e una password. Per inviare le consulenze è necessario inserire una seconda password di sicurezza. Prima di essere inviata, ogni consulenza viene contrassegnata con firma digitale per attestarne la validità. Il

maximum compression ratio beyond which artefacts become visible depends on the kind of image and the compression algorithm [4]. With DR images, compression ratios up to 40/1 can be used without any loss of diagnostic information despite the presence of artefacts [5]. For CT and MR images, the studies performed on electronic phantoms and clinical radiological case series have shown that the use of compression ratios up to 10/1 allows the preservation of spatial resolution and contrast resolution without producing artefacts which may affect diagnostic quality [6, 7, 8, 9, 10]. With the D-box system, the compression ratio can be set by the user on selecting the study; a short text window appears on the web page to remind the user of the effects of compression on the image.

On the conventional radiology workstations, the operator can assign a grey scale to a given range of density and intensity values to improve visibility of details. This corresponds to the visualisation "window" used in radiology. With the D-box system, the images are visualised in the web browser using the same window as that used on the equipment console. The image brightness and contrast tools are an effective way to improve visualisation. However, the information not contained in the compressed image cannot be visualised using these simple tools. For example, in an image of a chest obtained with a mediastinum window, simply adjusting image brightness and contrast will not enable visualisation of the interlobular septa. Should the radiologist require different window values, he can select these values in a specific menu. The D-box assigns these values to the DICOM images, which are then compressed and sent to the web browser for visualisation. This operation has the advantage of allowing changes to be made to the window values without needing dedicated software since the changes are made by the D-box itself. This is also an advantage over film-based reporting, where the window values cannot be changed. The possibility of selecting the display format and magnification of the images allows the user to optimise visualisation for the monitor and for specific diagnostic needs [11].

Compared to dedicated networks, the connection costs are cheaper as a result of the technology and the simpler wiring: all that is needed is to connect the D-box to the radiological imager and to a broadband internet connection (at least ADSL). The D-box is small and does not require special housing.

A further advantage is the possibility of viewing the images in a common web browser without the need for dedicated software. The interface is user friendly and all the basic functions for image visualisation are integrated in the web page. The user does not require any specific training as the images are viewed as on any workstation.

The D-box is a picture archiving and communication system (PACS) and can therefore be used to visualise the patients' previous radiological examinations, to centralise image analysis in multicentric studies or to obtain a second opinion. The architecture on which the D-box relies allows for great flexibility and adaptability to the needs of radiological centres.

As regards the security and data protection, the system has restricted access (username and password) and is equipped with a firewall. To be able to visualise the images the user must enter his username and password and to be able to send reports he must provide a second password; before

firewall protegge gli scanner collegati impedendo ogni accesso dall'esterno non autorizzato [12].

Nel presente lavoro è stato descritto un sistema di teleradiologia che permette la consultazione di un esame radiologico, da qualsiasi luogo, con un PC connesso ad internet con un browser di uso comune. Gli aspetti relativi al corretto utilizzo dei sistemi di trasmissione e di distribuzione delle immagini non sono oggetto del presente articolo. Queste aspetti, che sono importanti quanto quelli tecnici, sono stati analizzati e illustrati, al fine di preservare la qualità del servizio radiologico, il paziente e il medico radiologo, nei documenti della Società Italiana di Radiologia Medica ai quali si rimanda [13, 14]. L'applicazione delle tecnologie avanzate di comunicazione alla radiologia, assieme alla definizione di opportune linee guida, potrà in futuro modificare l'approccio alla valutazione degli esami radiologici e alla gestione delle risorse sul territorio.

being sent, each report is marked with a digital signature to certify validity. The firewall protects the imaging equipment from unauthorised external access [12].

This paper has presented a teleradiology system enabling remote viewing of radiological examinations in a plain web browser on a PC connected to the internet. The issues related to the use of the image transmission and distribution systems are not within the aim of this paper. These issues, which are important as the technical ones have been examined and illustrated in order to preserve the quality of the radiological service, the patient and the radiologist, in the documents of the Italian Medical Radiological Society (Società Italiana di Radiologia Medica - SIRM) [13, 14]. The application of advanced communication technologies to radiology with adequate guidelines may change the approach to reporting and the management of resources.

Bibliografia/References

- 1) Caramella D: Teleradiology: state of the art in clinical environment. *Eur J Radiol* 22: 197-204, 1996.
- 2) Caramella D, Reponen J, Fabbrini F, Bartolozzi C: Teleradiology in Europe. *Eur J Radiol* 33: 2-7, 2000.
- 3) Erickson BJ, Manduca A, Palisson P *et al*: Wavelet compression of medical images. *Radiology* 206: 599-607, 1998.
- 4) Slone RM, Muka E, Pilgram TK: Irreversible JPEG compression of digital chest radiographs for primary interpretation: assessment of visually lossless threshold. *Radiology* 228: 425-429, 2003.
- 5) Savchenko V, Erickson BJ, Palisson PM *et al*: Detection of subtle abnormalities on chest radiographs after irreversible compression. *Radiology* 206: 609-616, 1998.
- 6) Cosman PC, Davidson HC, Bergin CJ *et al*: Thoracic CT images: effect of lossy image compression on diagnostic accuracy. *Radiology* 190: 517-524, 1994.
- 7) Kalyanpur A, Neklesa VP, Taylor CR *et al*: Evaluation of JPEG and wavelet compression of body CT images for direct digital teleradiologic transmission. *Radiology* 217: 772-779, 2000.
- 8) Goldberg MA, Gazelle GS, Boland GW *et al*: Focal hepatic lesions: effect of three-dimensional wavelet compression on detection at CT. *Radiology* 202: 159-165, 1997.
- 9) Ko JP, Rusinek H, Naidich DP *et al*: Wavelet compression of low-dose chest CT data: effect on lung nodule detection. *Radiology* 228: 70-75, 2003.
- 10) Ohgiya Y, Gokan T, Nobusawa H *et al*: Acute cerebral infarction: effect of JPEG compression on detection at CT. *Radiology* 227: 124-127, 2003.
- 11) Seltzer SE, Judy PF, Feldman U *et al*: Influence of CT image size and format on accuracy of lung nodule detection. *Radiology* 206: 617-622, 1998.
- 12) Eng J: Computer network security for the radiology enterprise. *Radiology* 220: 303-309, 2001.

*Dott. G. Luccichenti
Via V. Veneto, 146
00187 Roma RM
Fax: 06/85800461
E-mail: g.luccichenti@libero.it*