

DicomMEK: Program za arhiviranje medicinskih snimaka i integraciju u Elektronski zdravstveni karton pacijenata

Ivan Stojiljković, Dragan Janković

Sadržaj — U radu je opisano jedno rešenje sistema za rad sa medicinskim slikama predstavljenim u DICOM formatu. Rešenje je realizovano kao klijent/server aplikacija za više grupa korisnika sa posebnim privilegijama. Realizovani program predstavlja deo PACS informacionog sistema koji vodi evidenciju o korisnicima, pacijentima, dijagnozama i DICOM snimcima pacijenata i omogućava jednostavno arhiviranje i efikasno pretraživanje DICOM snimaka pacijenata na osnovu zadatih kriterijuma. Rešenje se može koristiti kao nezavistan sistem ili kao deo nekog složenog medicinskog informacionog sistema.

Ključne reči — arhiviranje, ažuriranje, DICOM, Elektronski zdravstveni karton pacijenta, dijagnoza, pacijent, PACS, pretraživanje.

I. UVOD

SVRHA PACS (*Picture Archiving and Communication Systems*) sistema je da poveže različite sisteme za akviziciju, obradu, arhiviranje i prezentaciju medicinskih slika najčešće predstavljenih u DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) formatu u jedinstveni medicinski informacioni sistem [1]. U takvom informacionom sistemu je svaka digitalna medicinska slika jedinstveno identifikovana i povezana sa odgovarajućim pacijentom i lekarskim pregledom tokom kojeg se inicira akvizicija medicinske slike, kao i lekom koji vrši akviziciju i/ili nadgledanje, ali i uređajem na koji se ta akvizicija obavlja. PACS je jedna celina koja se sastoji od nekoliko podsistema čiji broj i namena može da varira u zavisnosti od realnih potreba, tehničkih i materijalnih mogućnosti i drugih faktora koji se tiču medicinske ustanove, sredine kao i pojedinaca koji učestvuju u sistemu. Osnovni podsistemi su: podsistem za akviziciju i obradu snimaka, podsistem za arhiviranje snimaka i podsistem radnih stanica (računara) raspoređenih po doktorskim ordinacijama ili na raznim punktovima. PACS sistemi su zamišljeni kao centralizovana baza medicinskih podataka na nivou nekog regiona ili cele jedne države. Međutim, da bi se realizovala cela ta zamisao moraju da se obezbede adekvatne tehničke, materijalne, kao i obrazovne mogućnosti učesnika u sistemu, pa zato u velikom broju

zemalja u svetu PACS sistemi nailaze na probleme i veoma se teško realizuju, što je slučaj i sa našom zemljom. Naravno, postoji i dobar broj zemalja u kojima se ovi sistemi uveliko koriste. Kako realizacija PACS sistema zahteva ogromna sredstva, ulažu se naponi u realizaciji jeftinijih rešenja u skladu sa konkretnim primenama. Naše rešenje predstavlja upravo takvo jedno rešenje zasnovano na DICOM formatu.

DICOM fajl predstavlja digitalnu medicinsku sliku iz koje se čitaju informacije neophodne za utvrđivanje dijagnoze bolesti, određivanje i planiranje adekvatne terapije, ali i praćenje bolesti.

Program *dicomMEK* je deo PACS sistema koji se razvija kao deo medicinskog informacionog sistema u okviru projekta TR13015 „Inovacija, integracija i kolabroacija medicinskih informacionih sistema“ [2] i kao takav predstavlja potpuno finkcionalnu komponentu ovog sistema. Može se reći da je *dicomMEK*, na trenutnom stupnju razvoja, mini PACS sistem. Ovaj program je realizovan kao klijent/server aplikacija, pored toga, korisnicima programa su dodeljene različite dozvole pristupu i obradi podataka, što je postignuto kreiranjem 3 grupa korisnika. Prema dozvolama pristupa, u programu se mogu identifikovati administratori, korisnici i pacijenti. Praktična implementacija programa se prilagođava potrebama *Doma zdravlja u Nišu*, koji je jedan od participanata projekta.

Funkcionalnosti koje program poseduje su: kreiranje, pregled, pretraživanje i ažuriranje korisničkih naloga, kao i podataka o pacijentima i dijagnozama, povezivanje DICOM snimaka sa pacijentima, njihovo arhiviranje na fajl sistem, ali i mogućnost modifikovanja informacija (*tagova*) iz DICOM snimka i snimanje istih u bazu radi lakšeg pretraživanja, pretraživanje arhive DICOM snimaka prema određenim kriterijumima, osnovna obrada slike iz DICOM snimka i na kraju, definisanje dijagnoze i pisanje zaključka koji doktor izvodi na osnovu zapažanja prilikom pregleda pacijenta i DICOM snimka.

Pod osnovnom obradom slike iz DICOM snimka podrazumeva se da korisnik može da uveliča sliku, koristi lenjir i meri rastojanja na slici u milimetrima, menja kontrast, osvetljenje i zasićenje boja na slici, sve izmene koje nastanu na snimku tokom obrade se ne pamte u bazi, već samo služe trenutno operateru – doktoru da lakše izvede zaključke i formira dijagnozu.

Program ne sadrži interfejs za povezivanje sa uređajem

Ivan Stojiljković, Elektronski fakultet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija; (e-mail: ivan@elfak.rs).

Dragan Janković, Elektronski fakultet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija; (e-mail: gaga@elfak.ni.ac.rs).

za akviziciju DICOM snimaka i pribavljanje istih, kao ni mogućnost štampanja izveštaja ni snimaka, jer je ovaj program, kao što je već pomenuto, deo PACS sistema koji je u razvoju.

Iako je osnovni deo PACS sistema, program *dicomMEK* je potpuno upotrebljiv i kao samostalna aplikacija za korišćenje u manjim bolničkim ustanovama i klinikama koje imaju potrebe za ovakvim kompaktnim jeftinijim rešenjem.

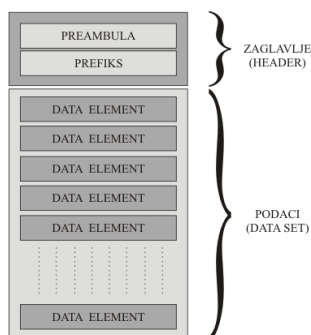
II. DICOM STANDARD I DICOM FORMAT FAJLA

Sa razvojem medicinske opreme za generisanje različitih vrsta snimaka i povećanjem broj proizvođača iste, došlo je do velikog pomaka u korišćenju medicinskih slika prilikom dijagnostikovanja bolesti. To je dovelo do stvaranja osnove za upotrebu računara za obradu i analizu digitalnih medicinskih snimaka. Kako je ovaj trend bio u ekspanziji, javljala se neusaglašenost među podacima i uređajima, kao i metodama za skladištenje i prenos slika, što je pravilo velike probleme korisnicima, pa su 1983. godine, organizacije ACR (*American College of Radiology*) [3] i NEMA (*National Electrical Manufacturers Association*) [4] započele realizaciju standarda kojim bi bila rešena neusaglašenost između ulaznih uređaja za akviziciju medicinskih slika, sa jedne strane, i uređaja za obradu, pregled, arhiviranje i ostalih funkcionalnosti koje su korisnicima bile potrebne, sa druge strane. Rezultat napornog rada i istraživanja ovih dveju organizacije je bio DICOM standard.

DICOM standard je prolazio kroz nekoliko etapa tokom svog razvoja koje su pratile različite verzije, ali je, konačno, 1995. godine, ovaj standard završen sa poslednjom aktuelnom verzijom 3.0. Međutim, od tada do danas, standard je dopunjavan u skladu sa novim mogućnostima i zahtevima moderne medicine i informacionih tehnologija, tako da je pretrpeo mnoge izmene i unapređenja, ali je i dalje verzija 3.0.

III. STRUKTURA DICOM FAJLA

Što se tiče strukture DICOM fajla, može se reći da on, poput ostalih formata slika koji danas postoje, pamti slike u fajlove koji se sastoje iz 2 dela, to su *zaglavlje* i *podaci*.



Sl. 1. Prikaz strukture DICOM fajla

A. Zaglavlje DICOM fajla

Zaglavlje DICOM fajla je specifično, jer je količina i raznovrsnost podataka, koji se u njemu mogu pamtit, mnogo veća nego kod drugih formata slika (BMP, JPEG,

GIF). U njemu se pamte tehnički podaci o slici (broj vrsta i kolona, broj boja, broj bitova po pikselu), podaci o modalitetu slike (CT, MRI, ultrazvuk...), o mestu i načinu snimanja (vremenu i datumu, mestu snimanja, položaju pacijenta, položaju aparata kojim je dobijena slika...), postavljena dijagnoza i drugi. Da bi se mogao skladištiti ovako veliki broj različitih podataka, u okviru standarda je za svaki podatak, koji se može javiti u zaglavlju, tačno definisan tip podataka, pozicija u zaglavlju, moguće vrednosti, a takođe je dat i detaljan opis [5], [6].

S obzirom da je količina različitih podataka koji se mogu predstavljati velika i da se ne može unapred znati koje od njih slika sadrži a koje ne, neophodno je jedinstveno ih identifikovati.

Zbog toga su svi podaci podeljeni po srodnosti u *grupe*, a unutar svake grupe se može nalaziti jedan ili više elemenata. Identifikacija podataka se vrši na osnovu njihove oznake (*taga*) koja se sastoji od broja grupe i broja elemenata u okviru grupe, u formatu *grupa.element*, pa je tako na primer ime pacijenta smešteno u segmentu 0010,0010 što se može videti iz tabele 2.

Detaljan spisak svih informacija koje nosi zaglavlje može se naći u opisu DICOM standarda [7].

B. Podaci u DICOM fajlu

Drugi deo DICOM fajla čine podaci o samoj slici (*pixel data*). Podaci u ovom delu se interpretiraju na osnovu odgovarajućih podataka u zaglavlju. Pod slikom se u ovom slučaju podrazumevaju 2D, 3D slike, niz frejmova (kao na primer snimak rada srca). Pikseli mogu biti zapamćeni u originalnom formatu nekompresovano ili kompresovano. Vrsta kompresije je takođe navedena u hederu DICOM fajla. Podaci su podeljeni u niz sekvenci *Data Elemenata*, čije je značenje potrebno razumeti da bi se pravilno dekodirale informacije koje se nalaze na snimku. Svaka grupa nosi neki tip informacija. Neke od najvažnijih grupa date su u tabeli 1:

TABELA 1: NEKE OD GRUPA DICOM TAGOVA.

Grupa	Sadržaj
Grupa 2H	informacije o samom fajlu
Grupa 8H	generalne informacije o tipu slike, instituciji, operaterima, modalitetu
Grupa 10H	informacije o pacijentu
Grupa 28H	informacije o samoj slici
Grupa 7FE0H	sadrži piksele kojima je predstavljena slika u snimku

Ostale grupe nose informacije vezane za način snimanja slike, za preparate i opremu koja je korišćena, za detaljan opis procedure lečenja, o delu tela koji je prikazan na slici, itd. Koja se od tih grupa i koji njeni elementi javljaju zavisi od tipa slike i proizvođača uređaja za akviziciju DICOM snimka, kao i od mnogih drugih faktora. Sa razvojem standarda i usavršavanjem uređaja za akviziciju stalno se proširuje spisak grupa i elemenata koji se koriste za opisivanje sadržaja DICOM fajla. U tabeli 2. prikazani su neki od elemenata iz grupe 10H, koja se odnosi na pacijenta za koji je DICOM snimak kreiran.

TABELA 2: PRIMER DATA ELEMENATA GRUPE 10H.

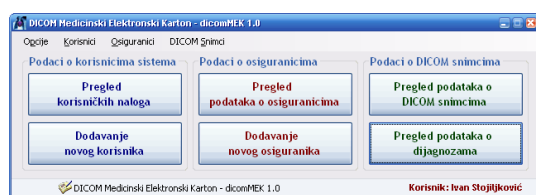
Tag	Ime
(0010,0010)	Patient's Name
(0010,0020)	Patient ID
(0010,1010)	Patient's Age
(0010,0030)	Patient's Birth Date
(0010,0040)	Patient's Sex
(0010,4000)	Patient Comments

IV. PROGRAM DICOMMEK

Glavna funkcija programa *dicomMEK* je brzo i lako pretraživanje po arhivi DICOM snimaka pacijenata na osnovu nekih kriterijuma (*tagova*) koje DICOM fajl nosi u sebi, a po kojima se najčešće vrši pretraživanje. Poznato je da pretraživanje informacija po fajlovima predstavlja dosta spor i zahtevan proces za obradu, pa zbog toga program koristi bazu podataka za snimanje potrebnih informacija, među kojima su i određeni DICOM tagovi, pa se na taj način vrši pretraživanje podataka iz baze, a ne iz DICOM fajla, što je mnogo brže i efikasnije u pogledu performansi. Pored toga, u programu su implementirane funkcije za upravljanje korisničkim nalogima korisnika sistema, podela korisnika prema dozvolama pristupa, kao i osnovne operacije za obradu slike iz DICOM fajla kako bi se operaterima olakšalo proučavanje i dijagnostikovanje bolesti. Nad svim entitetima koji se u programu javljaju (korisnici, pacijenti tj. osiguranici, dijagnoze, DICOM tagovi) moguće je vršiti operacije izmene, dodavanja i brisanja, naravno u zavisnosti od dozvola pristupa korisnika programa.

A. Izgled i funkcije *dicomMEK* programa

Kako bi korisnik mogao da koristi program, on se prvo mora prijaviti na sistem svojim identifikacionim podacima (korisničkim imenom i lozinkom). Nakon uspešnog prijavljivanja, pred korisnikom se otvara osnovni prozor za rad sa aplikacijom, taj prozor je prikazan na Sl. 2.

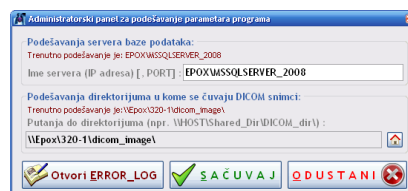


Sl. 2. Izgled osnovnog prozora *dicomMEK* programa

Kao što se može videti sa Sl. 2. operacijama u programu može se pristupiti na 2 načina, korišćenjem glavnog menija i korišćenjem funkcijskih tastera koji su grupisani prema tome na koje se operacije odnose. Pored ova dva pristupa, nekim operacijama moguće je pristupiti i prečicama sa tastature, kao i kroz kontekstni meni. Sve ovo implementirano je u cilju olakšanja rada korisnicima, jer postoje korisnici koji češće koriste tastaturu, dok ima i onih koji za pristup operacijama uglavnom koriste miša.

Prilikom prvog pokretanja programa potrebno je konfigurisati određene parametre da bi program mogao da se koristi.

Forma za podešavanje parametara prikazana je na Sl. 3.



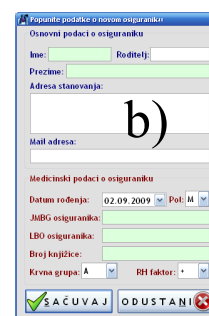
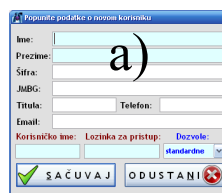
Sl. 3. Podešavanja parametara programa

Neophodno je konfigurisati server za bazu podataka i lokaciju na kojoj će da se čuvaju DICOM fajlovi, to je neki mrežni direktorijum na fajl sistemu servera. Nakon načinjenih izmena, neophodno je ponovo pokrenuti program. Takođe je moguće pratiti greške koje nastaju tokom korišćenja programa. Opcijama za promenu parametara programa ima pristup samo administrator programa.



Sl. 4. Izgled prozora za obradu korisničkih naloga

Na Sl. 4. može se videti kako izgleda prozor gde je moguće vršiti pregled, pretragu, dodavanje, izmenu i brisanje korisničkih naloga. U bazi se od korisničkih podataka pamte sledeći: ime, prezime, JMBG, šifra (koja predstavlja šifru doktora), kontakt telefon, email adresa, titula, dozvole pristupa, korisničko ime i lozinka. Pretragu među podacima je moguće vršiti prema imenu i prezimenu, JMBG-u i šifri. Prilikom dodavanja odnosno izmene korisničkih podataka, potrebno je popuniti polja u formi prikazanoj na Sl. 5. a).



Sl. 5. Podaci o novom a) korisniku i b) pacijentu

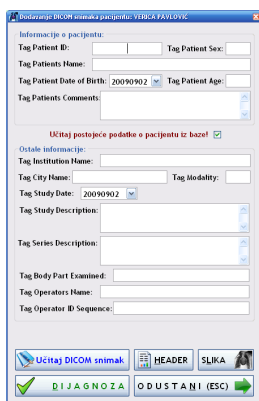
Operacije za obradu podataka o pacijentima odnosno osiguranicima slične su onima sa korisničkim nalogima, što se može videti sa Sl. 6.



Sl. 6. Izgled prozora za obradu podataka o pacijentima

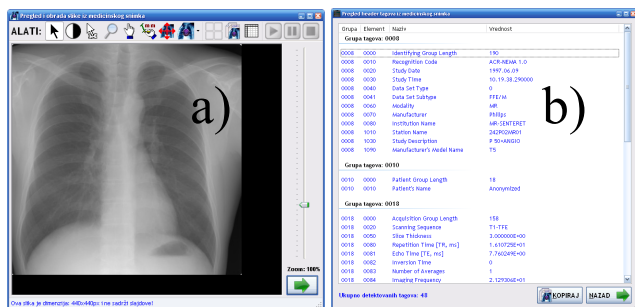
Prilikom dodavanja podataka o novom odnosno izmenu podataka o postojećem pacijentu, korisnik je dužan da popuni podatke prikazane na formi sa Sl. 5. b).

Procedura za dodavanje DICOM snimaka nekom pacijentu je sledeća, prvo se iz liste pacijenata izabere željeni pacijent, zatim se izabere operacija *Dodavanje novog DICOM snimka* (to se može učiniti preko izbora odgovarajuće stavke iz glavnog menija ili prečicom sa tastature – F5). Nakon toga, korisniku se prikazuje prozor sa Sl. 7. u kome su prikazani podaci koji se dobijaju iz DICOM fajla koji korisnik učitava sa fajl sistema računara ili uređaja za akviziciju DICOM snimaka. Tu se automatski popunjavaju svi neophodni podaci iz izabranog DICOM fajla implementiranim procedurama za obradu slike i grupa tagova. Ukoliko korisnik želi da promeni neke podatke, on to može učiniti direktno sa ove forme, sve izmene koje nastanu, snimaju se u bazu, dok se DICOM snimak čuva u mrežnom direktorijumu određenom prilikom podešavanja opcija programa sa Sl. 3.



Sl. 7. Izgled forme za dodavanje DICOM snimka pacijentu

Kada operater učitava DICOM fajl, on može pogledati sliku koja je u fajlu, kao i sve tagove koje fajl nosi u sebi. Poslednji korak u ovoj proceduri je pisanje dijagnoze koju lekar piše na osnovu zapažanja formiranih prilikom analize snimka. Kada se sve to završi, fajl je pridružen u elektronski zdravstveni karton pacijenta. U svakom trenutku operater može pogledati sliku, prikazano na Sl. 8. a) i sve tagove iz header-a DICOM snimka, prikazano na Sl. 8. b).



Sl. 8. Pregled a) slike i b) header tagova iz DICOM snimka

Radi lakšeg dijagnostikovanja bolesti prilikom gledanja slike iz DICOM snimka, operater može koristiti alate iz Toolbar-a za obradu slike prikazane na Sl. 8. a).

Ukoliko se fajl sastoji iz niza snimaka (slika), moguće je pregledati ih u vidu animacije kao što je to npr. slučaj sa nekim ultrazvukom ili snimkom rada srca.



Sl. 9. Pretraga DICOM snimaka na osnovu kriterijuma

Za pretragu DICOM snimaka koristi se forma prikazana na Sl. 9. Korisnik je dužan da označi i popuni određene kriterijume za pretragu na osnovu kojih se filtrira arhiva snimaka klikom na dugme *PRETRAŽI*. Ova operacija je vrlo kompleksna, ali u isto vreme veoma brza, tako da korisnik u trenutku dobija tražene podatke, bez čekanja.

V. ALATI KORIŠĆENI ZA RAZVOJ PROGRAMA

Za razvoj programa dicomMEK korišćeno je razvojno okruženje Microsoft Visual Studio 2008 i programski jezik VisualBasic.NET. Što se tiče baze podataka upotrebljen je Microsoft SQL Server 2008, a za pregled DICOM fajlova korišćena je besplatna biblioteka ezDICOM [8].

REFERENCE

- [1] Janković D., Rajković P., "Medicinski informacioni sistemi – značaj i struktura", XXXI Simpozijum o operacionim istraživanjima, Iriški venac, Fruška Gora, 14-17.09.2004., 173-176.
- [2] Rajković, P., Janković, D., Tošić, V., „A Software Solution for Ambulatory Health Facilities in the Republic of Serbia“, prihvaćeno za saopštenje na HEALTHCOM 2009 - 11th International Conference on e-Health Networking, Application and Services, Sydney, Australia 2009.
- [3] American College of Radiology, <http://www.acr.org>
- [4] National Electrical Manufacturers Association, <http://www.nema.org>
- [5] Herman Oosterwijk, *DICOM Reference Guide*, Otech Inc. – Training and Consulting, <http://www.otechimg.com/productDetails.cfm?id=B-117>
- [6] Herman Oosterwijk, *DICOM Basics, Third Edition - Electronic Version*, Otech Inc. – Training and Consulting, <http://www.otechimg.com/productDetails.cfm?id=B-105ebk>
- [7] DICOM Official Website, <http://dicom.nema.org>
- [8] ezDICOM project: <http://sourceforge.net/projects/ezdicom>

ABSTRACT

The paper describes one solution system for processing medical images presented in DICOM format. The solution is realized as a client/server application for multiple user groups with special privileges. Completed program is part of the PACS information system that keeps track of users, patients, diagnosis and DICOM recordings of patients and allows easy storage and efficient searching DICOM recordings of patients on the basis of criteria. The solution can be used as an independent system or as part of a complex medical information system.

DicomMEK: PROGRAM FOR ARCHIVING MEDICAL IMAGES AND INTEGRATION INTO ELECTRONIC HEALTH RECORD OF PATIENTS

Ivan Stojilković, Dragan Janković