

## Arhitektura sistema za telekonzultacije v transfuzijski medicini

Marko Meža<sup>1</sup>, Marko Breskvar<sup>2</sup>, Jurij F. Tasič<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Tržaška 25, SI-1000 Ljubljana, Slovenija

<sup>2</sup> Zavod Republike Slovenije za transfuzijsko medicino, Šlajmerjeva 6, SI-1000 Ljubljana, Slovenija

E-pošta: marko.meza@fe.uni-lj.si

**Povzetek.** V prispevku je opisana nadgradnja že obstoječega informacijskega sistema za podporo transfuzijski službi s sistemom za telekonzultacijo, ki zagotavlja izmenjavo strokovnih podatkov in videokonferenco. Ker je mogoče rezultate diagnostičnih procesov fotografsko dokumentirati, je prenos teh podatkov na daljavo zelo poenostavljen. Predstavljeni sta problematika trenutne organiziranosti transfuzijske službe v Sloveniji in ideja racionalizacije z uvedbo sistema za telekonzultacije. Sistem je sestavljen iz šibko sklopljenih modulov, kar omogoča preprosto nadgrajevanje sistema in preprosto predelavo sistema za druga področja uporabe.

**Ključne besede:** transfuzija krvi, telekonzultacija, telemedicina, videokonferenca

## Architecture of a blood transfusion practice teleconsulting system

**Extended abstract.** The paper presents an upgrade of an existing information system supporting the blood transfusion service with a teleconsulting system. The proposed teleconsulting system enables users to exchange medical data regarding a particular patient case. The system enhances teleconsultation with a videoconference session. Since results of the blood transfusion diagnostic processes can be photographed, the system for exchange of diagnostic data can be implemented with ease. The basic implementation idea of the blood transfusion process teleconsulting system is presented. The fact that the system comprises loosely coupled modules renders it highly upgradeable and adaptable to other areas of usage.

**Keywords:** blood transfusion, teleconsulting, telemedicine

službe je v državi potrebnih vsaj 11 nenehno dežurnih zdravnikov specialistov transfuzijske medicine. Če pri izvajanju predtransfuzijskih testiranj pride do nejasnosti, je uporaba telefonske konzultacije trenutno edina opcija za posvet s specialistom transfuzijske medicine. V prispevku predlagamo nadgradnjo obstoječega sistema dela s sistemom za telekonzultacije v transfuzijski medicini. Predlagamo sistem, ki omogoča prenos vseh podatkov, potrebnih za izvajanje transfuzijskih storitev. Sistem omogoča prenos in shranjevanje laboratorijskih rezultatov. V primeru zahteve po takojšnji interakciji se vzpostavi videokonferenčna povezava med konzultantom in konzultirajočim uporabnikom sistema. Možnost 24-urne telekonzultacije z drugimi strokovnjaki je bistvena izboljšava kakovosti storitev transfuzijske službe. Ta je še posebno očitna v primerih, ko na transfuzijskem oddelku ni zdravnika specialista transfuzijske medicine.

### 1 Uvod

Storitve transfuzijske medicine se v Sloveniji opravljajo na desetih oddelkih za transfuzijo krvi in na Zavodu Republike Slovenije za transfuzijsko medicino (ZTM). Izda se nekaj sto enot krvi na dan, od tega pol na oddelkih za transfuzijo krvi po državi, pol pa na ZTM. Za vsako izdano enoto krvi se izvedejo predtransfuzijska testiranja. Preiskave se izvajajo z gelsko metodo, katere rezultate lahko tudi fotodokumentiramo [1]. Za dejavnost transfuzijske

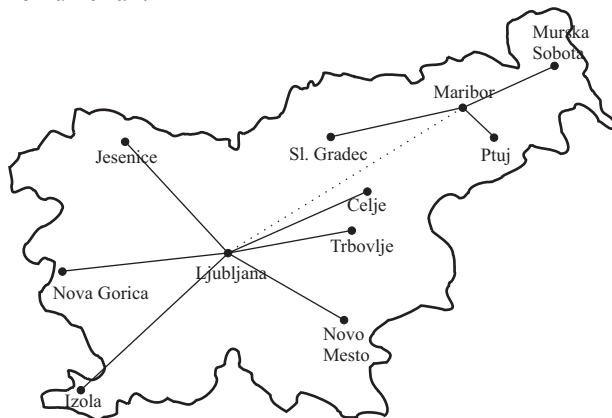
### 2 Predstavitev problema telekonzultacije

Kot smo omenili, trenutna organizacija transfuzijske službe v Sloveniji zahteva nenehno prisotnost vsaj 11 dežurnih specialistov transfuzijske medicine. Zaradi pomanjkanja kadrov in različnega števila obdelanih primerov med posameznimi ustanovami niha tudi kakovost opravljenih storitev. V mejnih primerih se zdravniki, manj izkušeni na področju transfuzijske medicine o primerih posvetujejo z izkušenejšimi na tem področju z uporabo telefonske konzultacije. Nastaja potreba po sistemu, ki bi razbremenil potrebe po velikem številu specialistov transfuzijske medicine in poenotil kakovost storitev transfuzijske medicine v vseh ustanovah. Ta sistem naj omogoča povezavo dežurnih

zdravnikov in specialistov transfuzijske medicine v vseh transfuzijskih ustanovah. Sistem naj omogoči izmenjavo podatkov, potrebnih za postavljanje diagnoz. Podatki, potrebni za postavljanje diagnoze, so pacientovi medicinski podatki, podatki, pridobljeni iz predhodnih obravnav, in rezultati preiskav. Trenutno je transfuzijska služba v Sloveniji že podprta z informacijskim sistemom DATEC, ki je bil v letu 1990 razvit na Zavodu Republike Slovenije za transfuzijsko medicino [2]. Informacijski sistem DATEC je kombinacija baze podatkov, ki vsebuje osebne in medicinske podatke pacientov, in vmesnika za dostop do teh podatkov. Predlagan sistem za telekonzultacije naj omogoča, da se v telekonzultacijsko sejo vključijo že obstoječi pacientovi matični in medicinski podatki iz sistema DATEC. Ti podatki naj bodo na voljo konzultantu, ker mu omogočajo lažje delo, saj bo lahko v mejnih primerih na podlagi pacientove zgodovine ustrežnejše ukrepal.

### 3 Organizacija transfuzijske službe v Sloveniji

Transfuzijska ustanova na podlagi transfuzijske anamneze bolnika in imunohematoloških preiskav, opravljenih iz vzorca krvi bolnika, pripravi ustrezno komponento krvi [3]. Transfuzijske ustanove v Sloveniji so ZTM v Ljubljani (centralna transfuzijska ustanova), Oddelek za transfuziologijo in imunohematologijo v Mariboru (regijska ustanova) in devet bolnišničnih oddelkov za transfuziologijo. Centra v Ljubljani in Mariboru bosta skrbela za storitve telekonzultiranja za bolnišnične oddelke. Slika 1 prikazuje organizacijo transfuzijske službe v Sloveniji. V centrih v Ljubljani in Mariboru so konzultanti, ki svetujejo konzultirajočim. V predlaganem sistemu bodo uporabniki razdeljeni v dve skupini. V prvi so konzultirajoči, v drugi pa konzultanti. Uporabniki bodo lahko med sabo poljubno komunicirali.



Slika 1: Organizacija transfuzijske službe v Sloveniji [1]  
Figure 1. Organisation of the blood transfusion service in Slovenia [1].

Konzultirajoči so: dežurni zdravnik na transfuzijskem oddelku, laboratorijski tehnik in medicinska sestra. Konzultant pa je dežurni zdravnik, specialist transfuzijske medicine [3].

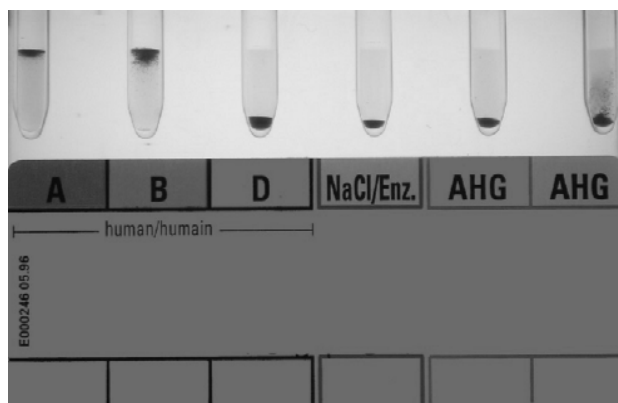
Delo dežurnega zdravnika je sestavljeno iz naslednjih korakov: izvajanje laboratorijskih preiskav, zajemanje in posredovanje laboratorijskih podatkov, oblikovanje vprašanj za konzultanta in končna opredelitev o izdaji krvi.

Delo konzultanta pa je razdeljeno v naslednje korake: nadzor sistema vprašanja/odgovori, sprejem vprašanj in podatkov, strokovna konzultacija in odgovarjanje dežurnim zdravnikom.

#### 3.1 Potek diagnosticiranja

Sklop predtransfuzijskih preiskav vsebuje naslednje laboratorijske storitve: določitev krvne skupine AB0 in RhD, indirektni Coombsov test, direktni Coombsov test in navzkrižni preiskus [3].

Določanje končnega rezultata (v nadaljevanju diagnosticiranje) se izvaja z uporabo t.i. gelskih kartic. Gelske kartice so plastične kartice velike 7 x 5.3 cm, v katere je vdelenih šest epruvet s premerom 2mm. Slika 2 prikazuje primer gelske kartice z vzorci krvi.



Slika 2: Fotografija gelske kartice z vzorci krvi  
Figure 2. Photo of a gel card with blood samples.

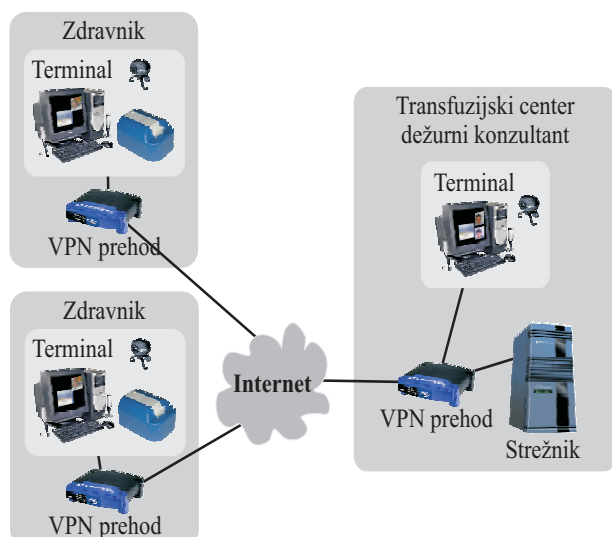
Epruvete vsebujejo gel in različne reagente. Diagnosticiranje poteka tako, da se v epruveti zmeša vzorec krvi z reagentom. Po določenem časa med vzorcem in reagentom reakcija poteče ali pa ne poteče. Če je reakcija potekla, potem se celice krvi zlepijo v mrežo – aglutinat. Če reakcija ni potekla, potem celice ostanejo nepovezane. Za ugotovitev, ali je reakcija v posameznih epruvetah potekla in v kakšni meri je potekla, se gelske kartice z vzorci centrifugirajo. Specifična gostota gela v epruvetah je manjša od specifične gostote krvnih celic. Zato med centrifugiranjem proste celice potonejo skozi gel in se naberejo na dnu epruvet. Celice, ki so povsem povezane v aglutinat, pa zaradi velikosti aglutinata gela ne penetrirajo in ostanejo na vrhu gela v epruvetah. Celice,

ki so se delno zlepile, pa se v glede na velikost strdkov porazdelijo po volumnu epruvet [4].

Postavljanje diagnoze poteka takole: specialist transfuzijske medicine najprej oceni rezultate aglutinacije v vsaki mini epruvetki (koloni) z eno od šestih stopenj; te so: negativno, dvojna celična populacija (DCP), 1+, 2+, 3+ in 4+. Slika 7 prikazuje prazno gelsko kartico s šestimi mini epruvtkami. Kategorizacija je izvedena na podlagi razporeditve celic v gelu. Kombinacija vseh mogočih rezultatov v šestih kolonah se nato interpretira po pravilnostni tabeli v diagnozo.

#### 4 Koncept sistema za telekonzultacije

Z uporabo telekonzultacijskega sistema bolnišnični zdravniki (konzultirajoči) postavljajo vprašanja o strokovnih problemih konzultantom v transfuzijskem centru. Pri dvoumni laboratorijskih rezultatih zdravnik uporabi sistem za telekonzultacije in se posvetuje z dežurnim v transfuzijskem centru (konzultant) o problematičnem primeru. Dežurni zdravnik se na podlagi urgence obravnavanega primera odloči za način telekonzultacije. Če primer ni nujen, zdravnik postavi vprašanje o primeru, ki ga sestavi iz podatkov o pacientu in diagnostičnih podatkov, pridobljenih z gelsko metodo. Sistem doda podatke o morebitnih pacientovih predhodnih rezultatih, ki jih pridobi iz sistema DATEC. Vprašanje sistem uvrsti na seznam odprtih zadev za konzultanta. Dežurni konzultant v transfuzijskem centru po vrsti obdela vsa vprašanja iz seznama, ki so prispela iz različnih ustanov.



Slika 3: Idejna zasnova sistema za telekonzultacijo  
Figure 3. Teleconsulting system architecture.

Če je obravnavani primer nujen, zdravnik zahteva telekonzultacijo z dežurnim konzultantom v živo. Sistem vzpostavi povezavo s prostim dežurnim konzultantom. Ko konzultant sprejme telekonzultacijsko

sejo, se med konzultantom in zdravnikom vzpostavi videokonferenčna zveza, ki omogoča svetovanje v realnem času. Zdravnik ima tudi v tem primeru na voljo vse potrebne informacije iz sistema. Dodatna prednost pa je, da lahko vse potrebne aktivnosti izvede sproti po navodilih konzultanta.

Slika 3 prikazuje idejno zasnovo arhitekture sistema za telekonzultacijo. V transfuzijskem centru je dežurni specialist transfuzijske medicine konzultant, ki odgovarja na vprašanja zdravnikov po institucijah. V transfuzijskem centru je tudi strežnik, ki skrbi za funkcionalnost sistema. Zdravniki na oddelkih uporabljajo za telekonzultacijo terminale s priključenimi napravami za zajem slik gelskih kartic. Slika 5 prikazuje napravo za zajem slik gelskih kartic. Vsi terminali imajo tudi opremo, ki omogoča videokonferenčno povezavo. Komunikacija med uporabniki sistema za telekonzultacijo poteka po javnem omrežju internet. Za varno povezavo posameznih elementov prek interneta skrbijo prehodni VPN (Virtual Private Network), ki vse elemente povežejo v navidežno zasebno omrežje.

#### 5 Vzpostavitev sistema za telekonzultacije

Za vzpostavitev sistema smo definirali nabor uporabniških zahtev. Ta je služil za definicijo modulov arhitekture sistema.

##### 5.1 Uporabniške zahteve

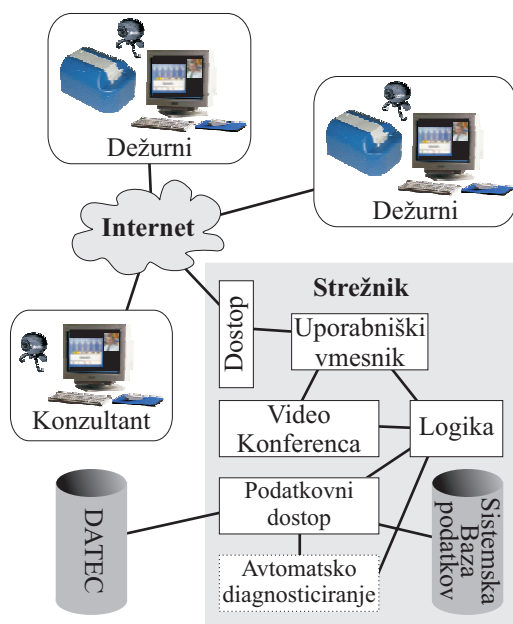
Telekonzultacijski sistem omogoča medsebojno komunikacijo medicinskega osebja, ki izvaja dela na področju transfuzijske medicine. Namenjen je izmenjavi mnenj (konzultacij) pri postavljanju diagnoz, predvsem v mejnih primerih.

Zahtevan je prenos podatkov med dežurnim zdravnikom in konzultantom. Sistem mora omogočati izmenjavo vprašanj, odgovorov, izmenjavo strokovnih podatkov v sporočilnem načinu, v nujnih primerih pa tudi telekonzultacijo v realnem času. Vse akcije v sistemu se morajo beležiti. Pri telekonzultaciji v realnem času naj se poleg prenosa naštetih tipov podatkov vzpostavi še videokonferenčna povezava. Sistem naj omogoča pozivanje uporabnika. Ena temeljnih zahtev je tudi uporabniku prijazen in intuitiven uporabniški vmesnik. Sistem naj omogoča izdelavo papirnih kopij dokumentov o telekonzultaciji.

##### 5.2 Arhitektura sistema

Arhitekturno je sistema razdeljen v več medsebojno povezanih modulov. Osnovni moduli sistema so:

- modul za zajem slik gelskih kartic,
- modul za varnost in avtentikacijo,
- modul uporabniškega vmesnika,
- podatkovna baza z vmesnikom za dostop,
- modul za nadzor sistema,
- modul za videokonferenco in
- modul za avtomatsko predlaganje diagnoz.



Slika 4: Modularna zasnova sistema za telekonzultacije  
Figure 4. Modular design of the teleconsulting system.

Graditev sistema smo predvideli v več fazah. V prvi bo sistem omogočil storitve telekonzultacije, hkrati pa bo beležil vse diagnoze in diagnostične podatke. Ko bo zbranih dovolj podatkov, predvidevamo nadgradnjo sistema z modulom za avtomatsko predlaganje diagnoz. Slika 4 prikazuje posamezne module sistema in povezave med njimi. Modul za avtomatsko diagnosticiranje še ni narejen, zato je v črtkanem kvadratu.

### 5.3 Modul za zajem slik gelskih kartic

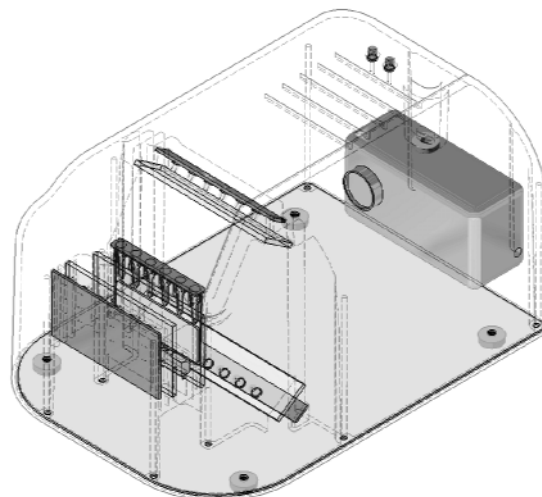
Ker so za uspešno diagnosticiranje potrebne kakovostne barvne fotografije gelskih kartic, smo za zajem slik gelskih kartic izdelali namensko strojno in programsko opremo. Da so rezultati posameznih fotografiranj med seboj primerljivi, mora biti postopek fotografiranja gelskih kartic normaliziran in ponovljiv.

Fotografije morajo biti brez odbleskov, geometrijskih in barvnih popačenj. Fotografirane kartice morajo biti enakomerno osvetljene, goriščna razdalja fotografiranja mora biti vedno enaka, za poenostavitev nadaljnje obdelave pa mora biti vedno enak tudi položaj gelske kartice pri fotografiranju. Uporaba naprave za zajem slik gelskih kartic mora biti preprosta. Slika 5 prikazuje »rentgenski pogled« naprave in fotografijo izdelane naprave za zajem slik gelskih kartic.

Za samo fotografiranje je v napravi uporabljena komercialna kamera. Celotno napravo krmili mikrokontroler družine AVR. Naprava je na osebni računalnik priključena prek vmesnika USB. Rezultat zajema slik gelskih kartic so barvne digitalne fotografije v velikosti 2048 x 1536 slikovnih elementov. Po

ustrezni digitalni obdelavi so zajete fotografije dovolj kakovostne za postavljanje diagnoz.

Slika 2 prikazuje obdelano fotografijo gelske kartice, zajeto z napravo za zajem slik gelskih kartic.



Slika 5: Naprava za zajem slik gelskih kartic  
Figure 5. Device for capturing gel card images.

Za komunikacijo z napravo skrbi v Javi napisan applet, ki se izvaja v oknu spletnega brskalnika. Applet skrbi za uporabniku prijazen vmesnik, za nadzor naprave, za zajem in obdelavo zajete slike in za komunikacijo ter pošiljanje zajete slike strežniku sistema.

### 5.4 Avtentikacija in varnost

Ker zakon narekuje varovanje osebnih in medicinskih podatkov, ki tvorijo telekonzultacijski sistem, je zelo pomembno zagotavljanje dovolj visoke stopnje varovanja podatkov in avtentikacije uporabnikov. Za izvedbo sistema je uporabljeno nezaščiteno javno omrežje IP (Internet Protocol). Večji del komunikacije se izvaja po protokolu HTTP (Hypertext Protocol).

Omrežje IP in protokol HTTP v osnovi ne dajeta nobene zaščite prenašanih podatkov. Če bi uporabili le ta dva protokola, bi lahko do podatkov, ki se prenašajo po omrežju, dostopale tudi nepooblaščen osebe. Zato moramo zagotoviti ustrezno varovanje prenosa podatkov. Poleg tega je treba dostop do sistema zagotoviti samo pooblaščenim uporabnikom. Prav tako je treba zagotoviti, da uporabniki zanesljivo komunicirajo s sistemom in ne z nekom, ki se izdaja za sistem.

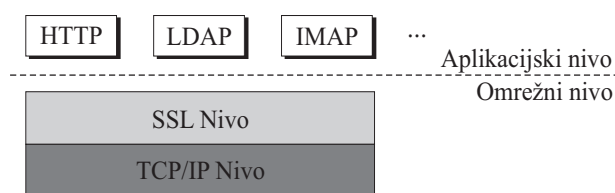
Za zagotavljanje varnosti v aplikaciji je uporabljena s protokolom SSL (Secure Socket Layer) nadgrajena verzija protokola HTTP protokol HTTPS (secure Hypertext Transfer Protocol). Protokol SSL [5][6] je v letu 1994 razvil Netscape in omogoča varno komunikacijo med strežniki in odjemalci HTTP. V nezaščitenih javnih računalniških omrežjih omogoča enkripcijo podatkov, avtentikacijo komunicirajočih in zagotavljanje integritete podatkov.

Enkripcija ali kodiranje podatkov nepoklicanim onemogoči branje podatkov tako, da podatke po določenem algoritmu pretvori v navidezno nesmiseln niz znakov. Druga stran uporabi zrcalni algoritem in iz navidezno nesmiselnega niza znakov izračuna poslano podatke.

Avtentikacija komunicirajočih zagotavlja drugim identitetam identifikacijo entitet, s katerimi komunicirajo.

Zagotavljanje integritete podatkov je zagotovilo, da so preneseni podatki nespremenjeni.

Slika 6 prikazuje protokol SSL v shemi omrežnih nivojev. Protokol SSL je uvrščen med nivo TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) in višje aplikacijske nivoje.



Slika 6: Uvrstitev SSL protokola v model omrežnih nivojev [7]

Figure 6. Placement of the SSL protocol into the model of the networking layers [7].

Za dodatno varnost in preprostost poleg uporabe tehnologije SSL poskrbimo še z uporabo prehodov VPN (Virtual Private Network), s katerimi terminale in strežnike, ki delujejo v sistemu, povežemo v navidezno zasebno omrežje.

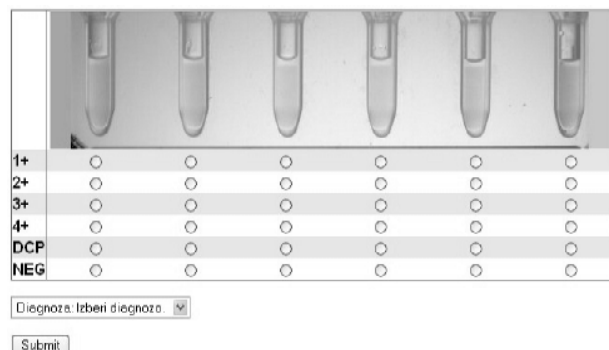
## 5.5 Uporabniški vmesnik

Uporabniški vmesnik mora omogočati preprosto in intuitivno uporabo sistema, mora biti preprost za namestitev na terminale in mora biti neodvisen od

platforme. Vmesnik naj omogoča, da ga lahko preprosto spreminjamo brez posegov v samo logiko sistema.

Za podporo teh zahtev smo za izvedbo uporabniškega vmesnika uporabili standardno, od platforme neodvisno in zelo razširjeno tehnologijo. Uporabniški vmesnik se na uporabnikovem terminalu v spletnem brskalniku prikazuje kot dokument HTML (Hyper Text Markup Language). Dokumente HTML generira aplikacijski strežnik. Ta tehnologija je bila izbrana, ker v večini primerov ne zahteva nobenega nameščanja nove programske opreme na terminale. Kot terminali so uporabljeni razširjeni pisarniški osebni računalniki, ki imajo v večini primerov nameščen spletni brskalnik. Ta pristop omogoča preprosto prehajanje uporabnikov z enega terminala na drugega. Poleg tega je ciljna skupina uporabnikov že vajena uporabe spletnih brskalnikov, zato je čas, potreben za priučitev, krajši. Ker je serviranje uporabniških vmesnikov izvedeno z uporabo razširjenega protokola, so zelo omiljene težave, povezane s filtriranjem nestandardnega prometa prek požarnih zidov.

Uporabniški vmesnik je spisan v jeziku HTML, dinamični del uporabniškega vmesnika pa je dodan z uporabo tehnologije JSP (Java Server Pages). Za dele aplikacije, ki se izvajajo na uporabnikovem terminalu, pa je uporabljena tehnologija javanskih appletov.



Slika 7: Izgled uporabniškega vmesnika za zbiranje podatkov o diagnozah

Figure 7. GUI for collecting diagnosis data.

Tehnologija JSP na preprost način ločuje uporabniški vmesnik in njegove funkcije od logike same aplikacije [8]. Zato je mogoč ločen razvoj uporabniškega vmesnika in logike sistema. Vsebine so sestavljene iz statične kode HTML z dodanimi elementi JSP, ki poskrbijo za generacijo dinamičnih delov vsebine. Slika 7 prikazuje uporabniški vmesnik sistema za zbiranje podatkov o diagnozah.

## 5.6 Podatkovna baza

Za razvoj aplikacije je bila izbrana relacijska podatkovna baza, ki razume ukaze SQL (Structured Query Language). SQL je najpogostejši standardizirani jezik za opisovanje poizvedb v podatkovnih bazah. Že



od leta 1986 ga definira standard ANSI/ISO SQL [9]. Ker je bila za razvoj in izvedbo aplikacije uporabljena tehnologija Java, je mogoče podatkovno bazo preprosto zamenjati, saj je podatkovna baza le eden od uporabljenih modulov z definiranimi vmesniki API. Tako se aplikaciji ni treba ukvarjati z različnimi tipi podatkovnih baz, dokler le te razumejo ukaze po standardu SQL. Pri zamenjavi podatkovne baze je treba v konfiguraciji aplikacije le zamenjati pot do gonilnikov baze. Uporabljeni so bili krmilniki JDBC (Java Database Connectivity). Na začetku razvoja je bila kot podatkovna baza uporabljen Microsoftov produkt MS Access Database, v nadaljevanju pa je bil uporabljena podatkovna baza MySQL. MySQL je »open source« projekt podatkovne baze, ki je na voljo na MySQL spletni strani [10].

Sistem prek ustreznih vmesnikov dostopa do dveh podatkovnih baz. Prva je sistemu lastna. V njej so avtorizacijski podatki uporabnikov, podatki, potrebni za samo delo sistema, podatki o postavljenih vprašanjih in odgovorih in podatki o imenih datotek, ki vsebujejo slike gelskih kartic. Posamezne slike gelskih kartic so shranjene vsaka v svoji datoteki z ustreznim imenom. Drugi vir podatkov pa je sistem DATEC, ki vsebuje osebne in medicinske podatke o pacientih in njihovih prejšnjih primerih.

Vsi dogodki v sistemu se beležijo v sistemski bazi podatkov. Zapisi so opremljeni s podatkom o času nastanka in o osebi, ki je dogodek povzročila. Slovenska zakonodaja predpisuje sledljivost postopka transfuzije in arhiviranje dokumentacije, kar je z opisano rešitvijo zagotovljeno. Za dodatno zadoščanje zakonskim zahtevam je v sistemu tudi tiskalnik, ki na papir tiska vse podatke o opravljenih postopkih.

### 5.7 Nadzor sistema

Nadzorni del sistema skrbi za komunikacijo med posameznimi sklopi sistema. Realiziran je s tehnologijo JavaBeans. Nadzorni sistem beleži, kdo so trenutno prisotni uporabniki, razdeljuje naloge med uporabnike in jih o nalogah obvešča. Skrbi za avtentikacijo uporabnikov, beleženje akcij, shranjevanje vprašanj, opremljenih z diagnostičnimi podatki, opremljanje vprašanj s podatki iz sistema DATEC, shranjevanje postavljenih diagnoz, tiskanje dokumentov in generiranje začasnih dokumentov HTML, ki vsebujejo parametre za videokonferenčni sistem in napravo za zajem slik gelskih kartic.

### 5.8 Videokonferenčni modul

Storitve videokonference opravlja v Javi napisan applet, ki se izvaja v oknu spletnega brskalnika. Za izvedbo nizkonivojskih funkcij telekonference skrbi nabor javanskih knjižnic JMF (Java Media Framework) [11]. Sistem ob zahtevi po telekonzultaciji z videokonferenco obema komunicirajočima terminaloma posreduje

parametre, potrebne za vzpostavitev videokonferenčne povezave. Potrebna parametra sta: naslov IP in naslov vrat drugega terminala. Za potrebe prenosa videokonferenčnih podatkov (video, zvok) prek omrežja IP terminala vzpostavita neposredno povezavo. Za potrebe telekonzultacije z videokonferenco je treba terminale opremiti s kamero z mikrofonom in slušalkami. Na terminalu morajo biti nameščeni tudi ustrezni gonilniki.

### 5.9 Modul za avtomatsko predlaganje diagnoz

Pri snovanju sistema je predviden tudi razvoj modula, ki se bo na podlagi vhodnih podatkov in postavljenih diagnoz sposoben naučiti samostojnega predlaganja diagnoz. Ta modul bo pomembno podporno orodje za medicinsko strokovno osebje. Za doseganje omenjene funkcionalnosti je bilo treba podatke, ki jih sistem pridobi od strokovnjakov, kategorizirati. Sistem konzultirajočemu specialistu transfuzijske medicine pri odgovarjanju na vprašanja o diagnozi ponudi nabor diskretnih opcij, ki jih le-ta izbere. Sistem zajema dve skupini podatkov. Prva skupina so podatki o kategorizaciji posameznih epruвет v enega od šestih razredov. Druga skupina pa so na podlagi prve postavljene diagnoze. Obstaja končen diskreten nabor diagnoz.

Iz podatkov o kategorizaciji epruвет bo zgrajen model za avtomatsko kategoriziranje epruвет na podlagi porazdelitve krvnih celic po volumnu posamezne epruвете. Iz nabora kategoriziranih epruвет in postavljene diagnoze pa bo sestavljena pravilnostna tabela, ki bo preslikava med nabori kategoriziranih epruвет in diagnozami.

Za učenje sistema je treba najprej zbrati dovolj velik nabor kategoriziranih fotografij gelskih kartic, opremljenih z ustrežno diagnozo.

Rezultati, ki jih bo dajal modul za samostojno diagnosticiranje, bodo služili kot pomožno orodje konzultantu.

## 6 Rezultati

V letu 2003 smo pred vodstvom ZTM in predstojniki slovenskih transfuzijskih ustanov demonstrirali delovanje pilotske verzije telekonzultacijskega sistema. Uspešno smo interpretirali rezultat imunohistološke preiskave določitve krvne skupine na podlagi prenosa laboratorijske slike gelske kartice iz laboratorija v improvizirani telekonzultacijski center. Na demonstraciji prisotni medicinski strokovnjaki so bili z rezultati zelo zadovoljni.

## 7 Sklep in nadaljnje delo

Izsledki preizkusov s pilotsko verzijo sistema kažejo, da je z ustrežno organizacijo transfuzijske službe in uvedbo sistema za telekonzultacije v transfuzijski medicini

mogoče varno izvajati transfuzijske storitve tudi takrat, ko na transfuzijskem oddelku ni specialista transfuzijske medicine.

Telemedicina bo zagotovo dobila prostor v transfuzijski službi, saj sistem za telekonzultacije v transfuzijski medicini omogoča izvajanje transfuzijskih storitev na enako visoki stopnji kakovosti po vsej državi, storitve so boljše in tudi cenejše.

Nadaljnje delo je temeljito testiranje, validiranje in evaluacija sistema za telekonzultacije v praksi.

Ker je trenutno obstoječi sistem v pilotski izvedbi namenjen testiranju koncepta in tehnologij, je do končnega izdelka v produkcijskem okolju potrebnega še veliko inženirskega in medicinskega dela.

## Zahvala

Zahvala gre osebju Zavoda za transfuzijsko medicino Slovenije. Posebna zahvala velja doc. dr. Primožu Rožmanu, dr. med. spec. transf., prim. Ireni Bricl, dr. med. spec. transf., in direktorju dr. Božidarju Voljču, dr. med.. Zahvaliti se želimo tudi Alešu Brečko univ. dipl. inž. str., ki je oblikoval in izdelal ohišja prototipov naprav za zajem slik gelskih kartic.

## 8 Literatura

- [1] M. Breskvar, I. Bricl, J. F. Tasič, M. Meža, P. Rožman, Zagotavljanje kakovosti v transfuzijski službi z uporabo telekonzultacij, *Zbornik kongresa SDMI, E-zdravje v e-Sloveniji*, Bled, pp. 242-250, 2004
- [2] M. Breskvar, L. Lukič, Deset let informacijskega sistema v slovenski transfuziologiji, *BILTEN za ekonimiko, organizacijo, informatiko v zdravstvu*, vol. 4, pp. 100-103, 2000
- [3] M. Breskvar, I. Bricl, J. F. Tasič, M. Meža, P. Rožman, Telekonzultacije v transfuzijski službi, *Zdravniški vestnik*, vol. 73, pp. 105-108, 2004
- [4] M. Meža, M. Pogačnik, M. Tkalčič, A. Jere, M. Breskvar, P. Rožman, I. Bricl, J. F. Tasič, M. Leban, Description of pilot implementation of telemedicine system in blood transfusion practice, *Proceedings of the 6th COST 276 Tesseloniki, Greece*, pp. 61-65, 2004
- [5] Secure Internet programming with Java 2, Standard Edition (J2SE) 1.4 Part II: The Client Side: <http://java.sun.com/developer/technicalArticles/Security/secureinternet2/>, accessed 19. Jan. 2004
- [6] Secure Internet programming with Java 2, Standard Edition (J2SE) 1.4: <http://java.sun.com/developer/technicalArticles/Security/secureinternet/>, accessed 19. Jan. 2004
- [7] Introduction to SSL: <http://developer.netscape.com/docs/manuals/security/ssl/contents.htm>, accessed 14. May 2004
- [8] B. Hans, *JavaServer Pages*, O'Reilly, 2001
- [9] MySQL manual: [dev.mysql.com/doc/mysql/en/index.html](http://dev.mysql.com/doc/mysql/en/index.html), accessed 27. May 2004
- [10] MySQL homepage: [www.mysql.com](http://www.mysql.com), accessed 27. May 2004
- [11] Java Media Framework API Guide: <http://java.sun.com/products/java-media/jmf/2.1.1/guide/>, accessed 4. Jan. 2005

**Marko Meža** je diplomiral leta 2001 na Fakulteti za elektrotehniko v Ljubljani. Sedaj je zaposlen kot mladi raziskovalec na isti fakulteti in se ukvarja z raziskavami informatizacije medicinskih postopkov.

**Marko Breskvar** je leta 1980 diplomiral na Fakulteti za elektrotehniko v Ljubljani. Leta 1988 je na isti fakulteti magistriral. Trenutno je zaposlen na Zavodu Republike Slovenije za transfuzijsko medicino kot svetovalec za informatiko. V sodelovanju z LDOS razvija telemedicinski sistem na področju telekonzultacij v transfuzijski medicini, ki hkrati predstavlja izziv za pripravo doktorske naloge. Kot raziskovalec pa deluje tudi na področju mikrobiologije in imunologije. Za svoje delo je dobil več priznanj in objavil okoli 30 strokovnih člankov.

**Jurij F. Tasič** je redni profesor na Fakulteti za elektrotehniko v Ljubljani. Na tej fakulteti je diplomiral, magistriral in doktoriral v letih 1971, 1973 in 1977. Je predstojnik Laboratorija za digitalno obdelavo signalov slik in videa. Njegovo raziskovalno delo pokriva področje digitalne obdelave signalov slik, videa, algoritmov za delo v realnem času, adaptivnih sistemov s poudarkom na arhitekturah. Raziskave pokrivajo sodobne digitalne komunikacije s stališča hitrih vzporednih arhitektur in algoritmov, uporabe videa v osebno prilagojenih komunikacijskih storitvah ter interaktivnosti.