

TECHNOLOGIES OF COMPUTER
CONTROL

DATORVADĪBAS TEHNOLOĢIJAS

REAL TIME TRANSMISSION OF ELECTROCARDIOGRAM USING MOBILE PHONE

ELEKTROKARDIOGRAMMAS PĀRRAIDE REĀLĀ LAIKĀ LIETOJOT MOBILO
TELEFONU

Gunars Balodis, M. sc., Ph. D. student

Riga Technical University

Faculty of Computer Science and Information Technology

Address: Meza str. 1/3, LV-1048, Riga, Latvia

E-mail: gunars.balodis@gmail.com

Juris Lauznis, director

Integris Ltd

Address: Aizkraukles 21, LV-1006, Riga, Latvia

E-mail: lauznis@integris.lv

Zigurds Markovics, dr., hab. sc. ing., professor

Riga Technical University

Faculty of Computer Science and Information Technology

Address: Meza str. 1/3, LV-1048, Riga, Latvia

E-mail: markovic@egle.cs.rtu.lv

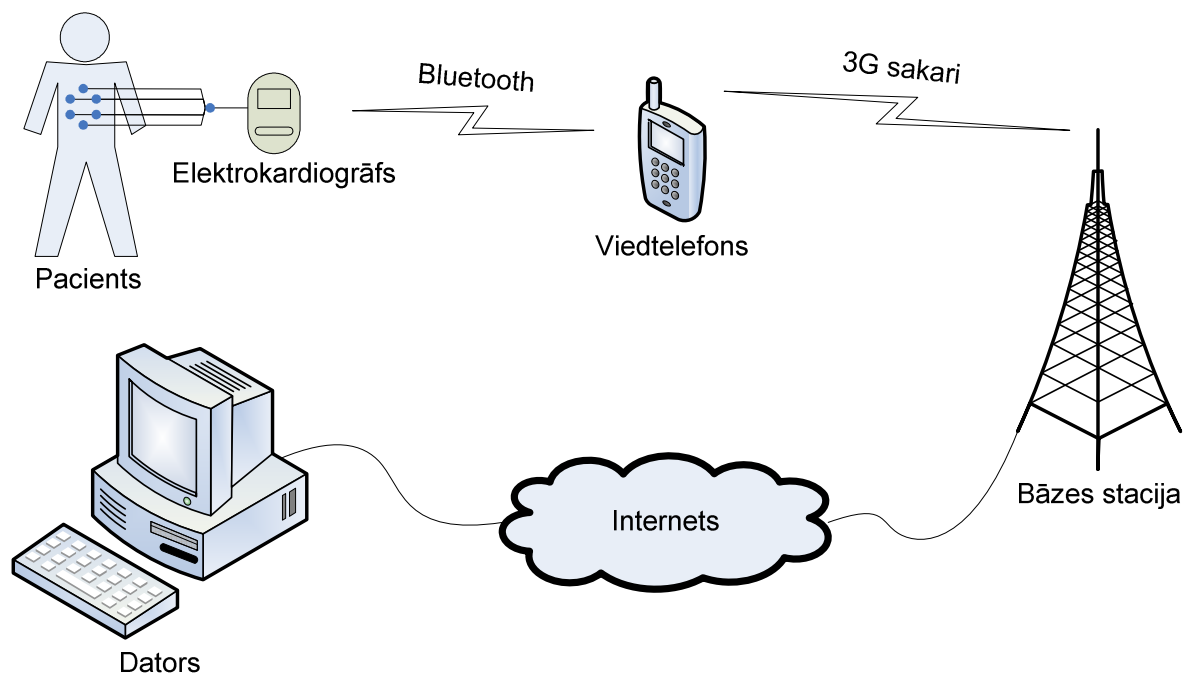
Atslēgas vārdi: Elektrokardiogramma, viedtelefons, 3G, Bluetooth, bezvadu, telemedicīna

Ievads

Sirds slimības ir viens no izplatītākajiem nāves cēloņiem attīstītajās valstīs. Bieži vien savlaicīga diagnostika ļauj veikt efektīvu ārstēšanu. Dažas slimības pareizi diagnosticēt var tikai veicot ilgstošu pacienta monitoringu. Parasti šāda veida monitoringu var veikt tikai slimnīcās un pacients ir piesaistīts gultai uz visu procedūras laiku.

Mūsu iepriekšējie darbi bija saistīti ar mobilo bezvadu monitoringa sistēmu izstrādi [1], kas pacientam dotu zināmu kustības brīvību. Šīs sistēmas lietoja Bluetooth [2] un Wi-Fi [3] bezvadu tehnoloģijas, lai savienotu elektrokardiogrāfu ar datoru. Lai gan šādā veidā pacientam tika dota lielāka kustības brīvība, šīs sistēmas darbības rādus ierobežo bezvadu tīkla uztveramības zona.

Pēdējos gados strauji ir attīstījušās mobilo telefonu tehnoloģijas piedāvājot jaunas iespējas mobilo sistēmu izstrādē. Datu pārraides ātrums palielinās, mobilo ierīču skaitļošanas jauda uzlabojās, operatoru tarifi kļūst lētāki palielinot šādas sistēmas ekonomisko izdevību [4].



1.att. Sistēmas koncepcija
Fig.1. System overview

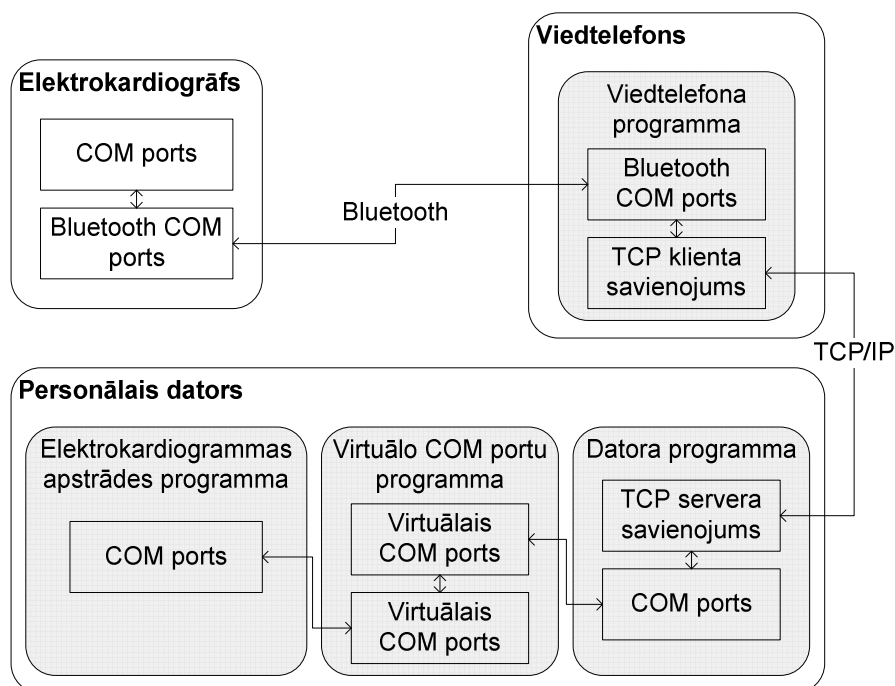
Mūsu doma bija izveidot mobilo monitoringa sistēmu, kas sastāvētu no elektrokardiogrāfa, viedtelefona un personālā datora. Portatīvais elektrokardiogrāfs ir pievienots viedtelefonam izmantojot Bluetooth, Wi-Fi vai kabeli. Savukārt, viedtelefons ir pieslēgts internetam ar mobilo sakaru tehnoloģijām, tādām kā GPRS (General Packet Radio Service), EDGE (Enhanced Data rates for GSM (Global System for Mobile communications) Evolution), HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access) vai citām. Personālais dators ir stacionāri pievienots internetam ar vadu.

Šādas monitoringa sistēmas potenciālie lietotāji ir tie slimnieki, kuri vai nu jau ir pārcietuši kādu sirds slimību un atveseļojas pēc operācijas, vai arī viņiem ir risks saslimt, bet to ir grūti diagnosticēt ar parastajiem līdzekļiem.

Sistēmas uzbūve

Sistēmas programnodrošinājums sastāv no vairākām daļām. Uz personālā datora atrodas trīs programmas, bet uz viedtelefona viena programma.

Programmai uz viedtelefona ir jāveido savienojums ar kardiogrāfu, jāveido interneta savienojums ar datoru un jāpārsūta dati no kardiogrāfa uz datoru. Savienojums ar elektrokardiogrāfu tiek veidots izmantojot Bluetooth bezvadu tehnoloģiju un savienojums ar datoru tiek veidots izmantojot TCP/IP IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) protokolu. Viss, kas programmai ir jādara, ir jāpārsūta dati no virtuālā Bluetooth COM (Communications) porta uz TCP/IP savienojumu pa vidu veicot buferizāciju, lai kompensētu īslaicīgas aiztures, kas rodas mobilā interneta savienojuma gadījumā.



2.att. Datu plūsma sistēmā

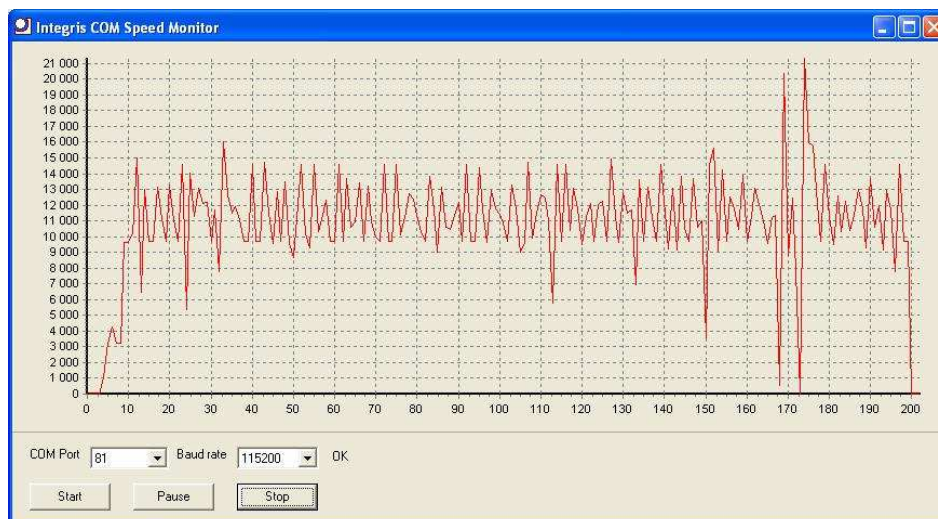
Fig.2. Data flow in system

Programmnodrošinājums uz personālā datora sastāv no trim atsevišķām programmām: TCP/IP servera programmas, virtuālā COM porta programmas un elektrokardiogrammas apstrādes programmas. TCP/IP servera programma atver TCP portu un gaida, kad pie tā pieslēgsies viedtelefons. Kad savienojums ir veiksmīgi nodibināts, tā pārsūta ienākošos datus uz virtuālo COM portu. Virtuālo COM portu uztur cita programma, kas izveido divus savstarpēji savienotus virtuālos COM portus, tādā veidā ļaujot citām divām programmām komunicēt savā starpā it kā lietojot parastos COM portus. Un pēdējā šajā programmu ķēdē ir kardiogrammas apstrādes programma, kas ir pievienota pie otra virtuālā COM porta un veic ienākošās kardiogrammas ierakstu, analīzi un attēlošanu.

Eksperimenti

Mēs veicām vairākus eksperimentus, lai pārbaudītu, vai šādu sistēmu ir iespējams izmantot pacienta elektrokardiogrammas monitorēšanai reālā laikā. Pirmie eksperimenti tika veikti ar HP iPAQ hw6915 plaukstdatoru – telefonu [5]. Tam ir iebūvēts Bluetooth, Wi-Fi, mobilais telefons un to visu darbina Windows Mobile 5 operētājsistēma. Bluetooth atbilst specifikācijai 1.2, bet telefons atbalsta GPRS/EDGE (Class 10) sakarus ar teorētisko ātrumu 236.8 kbps lejupielādes un 118.4 kbps augšupielādes režīmā.

Mēs pārbaudījām šo sistēmu ar 3 dažādiem elektrokardiogrāfiem: Welch Allyn Cardio Perfect Pro (600 Hz), Welch Allyn Cardio Perfect Pro (300 Hz) un lēnu divkanālu kardiogrāfu (300 Hz). Attiecīgie datu pārraides ātrumi šiem kardiogrāfiem bija 11.5 KB/s, 5.7 KB/s un 0.9 KB/s. Eksperimenti tika veikti izmantojot LMT (Latvijas Mobilais Telefons) kā mobilo sakaru operatoru. Kaut gan vidējais datu pārraides ātrums sistēmai bija 12 KB/s, tomēr, mums neizdevās pārraidīt kardiogrammu ar abiem kardiogrāfiem, kas strādāja ar 11.5 un 5.7 KB/s. Daļēji tajā ir vainojama atmiņas bufera pārpildīšanās, daļēji fakts, ka kardiogrammas apstrādes programma nepieļauj aiztures datu plūsmā, kas lielākas par 4 sekundēm. Tomēr ar trešo (lēnāko) kardiogrāfu datus pārraidīt izdevās un divi 300 Hz elektrokardiogrammas kanāli tika pārraidīti ar ātrumu 0.9 KB/s bez problēmām.



3.att. Datu pārraides ātrums 600Hz kardiogrammai HSDPA tīklā
Fig.3. Data transmission speed of 600Hz ECG in HSDPA network

Nākamie eksperimenti tika veikti ar HTC TyTN II viedtelefonu [6], kuru darbina Windows Mobile 6.1 operētājsistēma. Galvenā atšķirība no iepriekšējiem eksperimentiem ir tā, ka šis telefons atbalsta Bluetooth specifikāciju 2.0 un HSDPA protokolu, tādējādi nodrošinot teorētisko lejupielādes ātrumu līdz 3.6 MB/s un augšupielādes ātrumu 384 kbps. Šeit jāpiezīmē, ka mobilo telefonu tīklā datu pārraides ātrums nav konstants, bet ir atkarīgs no lietotāja skaita, kas dotajā laika momentā izmanto datu pārraides pakalpojumus. Sasniedzot noteiktu tīkla noslodzes līmeni bāzes stacija sāk samazināt pieejamo datu pārraides ātrumu individuāliem lietotājiem. Dažkārt tas nozīmē pāriešanu no ātrākās HSDPA uz lēnāko EDGE tehnoloģiju. Telefonā to labi var redzēt, jo savienojuma indikatorikona nomainās no „3G” uz „E”, kas nozīmē pāreju no 3G HSDPA uz lēnāko EDGE tehnoloģiju. Tomēr eksperimentu rezultāti ar šo telefonu bija labāki un mums izdevās pārraidīt kardiogrammas no visiem trīs kardiogrāfiem kā tas redzams 3. attēlā. Pat tad, kad HSDPA tīkla vietā tika izmantots lēnākais EDGE, viedtelefons varēja nosūtīt elektrokardiogrammu nepieciešamajā ātrumā.

Iegūtie rezultāti un secinājumi

Noslēgumā var teikt, ka ir iespējams pārraidīt kardiogrammu reālā laikā izmantojot mobilo telefonu. Ja nepieciešams tikai dažu elektrokardiogrammas kanālu monitorings, var izmantot vecāku GPRS/EDGE tehnoloģiju. Savukārt, ja nepieciešama pilna kardiogramma ar diagnostisku vērtību, jālieto jaunāka tehnoloģija kā HSDPA. Viena no problēmām ir tajā apstākļi, ka mobilo telefonu tīkli ir veidoti asimetriskai datu pārraidei – lejupielādes ātrums ir lielāks par augšupielādes ātrumu. Mūsu gadījumā svarīgs ir tieši augšupielādes ātrums. Jāpiezīmē arī, ka mobilā telefona tīkla ātrums mainās atkarībā no bāzes stacijai pieslēgto lietotāju skaita. Visi eksperimenti tika veikti pilsētas apstākļos, kur pārklājums ir labs, bet arī interference no citiem lietotājiem ir vērā ņemama, kas var radīt zināmas problēmas praktiskos lietojumos.

Literatūra

1. Development of personal wireless ECG monitoring system: starptautiskās konferences „Biomedical Engineering” zinātniskie raksti / G. Balodis, J. Lauznis, V. Streļčs, Z. Markovičs, Kauņa, Lietuva, 2006., 120. – 122. lpp.

2. Balodis G., Lauznis J. „Development of wireless ECG recorder based on Bluetooth technology” // Starptautiskās konferences „Advanced Engineering Design” zinātniskie raksti, Prāga, Čehija, 2006., 80. – 85. lpp.
3. Balodis G., Lauznis J., Markovičs Z. Real Time ECG Transmission Using Wireless LAN. Starptautiskās konferences „Applied Information and Communication Technologies” zinātniskie raksti, Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Jelgava, Latvija, 2008., 106. – 109. lpp.
4. Worryingham C. Mini ECG Gets Heart Attack Rehab Patients Mobile. Kvīnslendas Tehniskās universitātes ziņojums presei, Austrālija, 2008.
5. HP hw6915 User Guide. Hewlett Packard, 2006.
6. HTC TyTN II User Manual. High Tech Computer Corp., 2007.

Balodis G., Lauznis J., Markovičs Z. Elektrokardiogrammas pārraide reālā laikā lietojot mobilo telefonu
Mobile telefoni savā attīstībā ir kļuvuši par miniatūrām skaitļošanas ierīcēm, kuras var izmantot ne tikai sarunām un īsziņām. Līdz ar ātru 3G mobilo telefonu tīklu un neierobežotu datu plānu parādīšanos kļuvis ekonomiski un praktiski izdevīgi izmantot tos ilgtermiņa pacienta elektrokardiogrammas monitoringam. Mēs izstrādājām sistēmu, kas sastāv no digitālā elektrokardiogrāfa, Windows Mobile viedtelefona un personālā datorā. Kardiogrāfs ir pieslēgts telefonam lietojot Bluetooth neliela darbības rādiusa bezvadu saiti. Viedtelefons, izmantojot mobilo telefonu tīklu, ir pieslēgts internetam un pārsūta kardiogrammu uz datoru, uz kura atrodas programmatūra kardiogrammas apstrādei. Mēs veicām vairākus eksperimentus, izmantojot dažādus telefonus, dažādas datu pārraides tehnoloģijas un dažādus kardiogrāfus, lai noskaidrotu, vai ir iespējams lietot šādu sistēmu pacienta monitoringam reālā laikā. Rakstā apskatītas problēmas, ar kurām nācies saskarties autoriem, no kurām galvenā ir neprognozējamā tīkla noslodze un datu caurlaidspēja. Tomēr, rezultātā secināts, ka, izmantojot jaunākās tehnoloģijas, ir iespējams pārraidīt 12 novadījumu elektrokardiogrammu reālā laikā izmantojot mobilo telefonu.

Balodis G., Lauznis J., Markovitch Z. Real time transmission of electrocardiogram using mobile phone
Development of mobile phones has turned them into miniature computing devices which can be used for something more than simple voice communication. With the appearance of fast 3G mobile phone networks and unlimited data plans offered by operators it becomes more feasible to use them for long term patient cardio monitoring. We developed a system that consists of digital electrocardiogram recorder, Windows Mobile smartphone and personal computer. Electrocardiogram recorder is connected to the phone using cable or Bluetooth short range wireless link. Smartphone is connected to the Internet by means of mobile phone network and forwards incoming ECG data to the PC with software for data processing. We performed several experiments using different smartphones, different data transmission technologies and different ECG recorders to determine if it is possible to use this system for real time monitoring of patients electrocardiogram. In this paper we share experience while developing this system. One of the main problems is unpredictable number of users using the same mobile network and reducing the speed for others. Nevertheless, we can conclude that it is possible to transmit 12 lead ECG in real time using mobile phone.

Балодис Г., Лаузнис Ю., Маркович З. Передача электрокардиограммы в реальном времени используя мобильный телефон

Развитие мобильных телефонов, превратил их в миниатюрные вычислительные устройства, которые могут быть использованы в нечто большее, чем просто телефонные разговоры и текстовые сообщения. С появлением быстрых сетей 3G мобильных телефонов и неограниченных планов, предлагаемых операторами, становится все более целесообразно использовать их для долгосрочного мониторинга электрокардиограммы пациентов. Мы разработали систему, которая состоит из цифрового электрокардиографа, Windows Mobile смартфона и персонального компьютера. ЭКГ рекордер подключен к телефону с помощью кабеля или Bluetooth беспроводной связи короткого диапазона. Смартфон подключается к Интернету используя сети мобильного телефона и передает входящие данные ЭКГ на ПК с программным обеспечением для обработки данных ЭКГ. Мы провели несколько экспериментов с использованием различных смартфонов, различных технологий передачи данных и различные ЭКГ-рекордеры чтобы определить, можно ли использовать эту систему в режиме реального времени мониторинга электрокардиограммы пациента. В этой статье мы представляем результаты разработке этой системы. Одна из главных проблем является непредсказуемое число пользователей в той же сети мобильной связи кто снижают скорости для других. Тем не менее, мы можем заключить, что можно передать ЭКГ 12 отведений в режиме реального времени с помощью мобильного телефона.