

Katedra Medycyny Ratunkowej w Bytomiu Śląskiej Akademii Medycznej w Katowicach
*Zakład Mikroinformatyki i Teorii Automatów Politechniki Śląskiej
Department of Emergency Medicine in Bytom, Silesian Academy of Medicine in Katowice
*Division of Peripherals, Silesian Technical University in Gliwice

DARIUSZ. MYRCIK, ADAM OPARA*, ADRIAN NOWAK*, KRYSZTYN SOSADA,
WOJCIECH ŻURAWIŃSKI, JOANNA MAKARSKA, ARKADIUSZ NICZYPORUK,
WOJCIECH ŻELAWSKI, SEBASTIAN SIKORA.

*Home ECG monitoring system for basic evaluation
of sudden cardiac illnesses*

**Domowy system monitoringu EKG umożliwiający wstępną diagnostykę
ostrych chorób serca**

Choroby serca należą do najczęstszych schorzeń cywilizacyjnych. Ocenia się, że z szacowanej liczby 56 milionów zgonów na świecie w 2001 roku, 29% spowodowanych było chorobami układu sercowo-naczyniowego, w tym ponad 12% chorobą niedokrwienną serca. W Polsce z powodu choroby niedokrwiennej serca leczy się od 1,5 do 2 mln. chorych, natomiast umiera 40 tysięcy osób rocznie. Zawał serca co roku dotyka blisko 100 tysięcy osób [7].

W leczeniu, diagnostyce i profilaktyce chorób serca jednym z najważniejszych badań dodatkowych jest badanie elektrokardiograficzne. Szacuje się, że dzięki dużej dostępności urządzeń EKG w krajach anglosaskich liczba osób skierowanych do leczenia szpitalnego wzrosła dwukrotnie w ostatnich 25 latach [9].

Urządzenia EKG przeszły długą i skomplikowaną technologiczną ewolucję. Od prostej modyfikacji galwanometru Schweigera dokonanej w 1903 roku przez Willema Withovena, poprzez zapoczątkowaną w 1933 przez Wilsona metodę zastosowania w EKG odprowadzeń jednobiegunowych aż do komputerowego systemu odczytywania EKG płodu z zapisu elektrokardiograficznego matki [7]. Jednak wraz z postępem technologicznym w dziedzinie budowy urządzeń EKG nie zmieniła się podstawowy czynnik ograniczający ich upowszechnienie to jest wysoka cena. Szacuje się, że do lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku jedynie 11% placówek służby zdrowia w krajach anglosaskich dysponowało własnymi elektrokardiografami [9]. Pojawienie się w ostatnim dziesięcioleciu w sprzedaży nowej generacji tanich podzespołów elektronicznych daje możliwość budowy urządzeń EKG tanich, uniwersalnych i prostych w obsłudze, co jest warunkiem ich potencjalnej powszechności. Urządzenia te posiadają nowe, niespotykane wcześniej rozwiązania konstrukcyjne i zastosowania.

Na przełomie lat 2004/2005 w Katedrze Medycyny Ratunkowej w Bytomiu Śląskiej Akademii Medycznej w Katowicach i w Zakładzie Mikroinformatyki i Teorii Automatów Politechniki Śląskiej opracowano nowy, tani, pozaszpitalny system monitoringu EKG w oparciu o oryginalną konstrukcję interfejsu komputerowego EKG „MNO-01”.

System monitoringu EKG jest przeznaczony do zastosowania poza placówkami służby zdrowia wśród szerokiej populacji chorych na schorzenia układu krążenia. W jego skład wchodzi:

Interfejs EKG „MNO-01”

- ⇒ Urządzenie odbiorcze
- ⇒ Zdalne stanowisko monitorujące
- ⇒ Akcesoria

Interfejs EKG „MNO-01” jest niewielkim, przenośnym urządzeniem elektronicznym dokonującym odczytu potencjału elektrycznego na skórze chorego i przekazującym wynik odczytu do urządzenia odbiorczego. W chwili obecnej posiada kształt prostopadłościanu o wymiarach 80x80x35 mm. Na dwóch przeciwległych, najmniejszych ściankach urządzenia znajdują się złącza wejścia i wyjścia, na górnej powierzchni zainstalowano włącznik oraz diodę sygnalizacyjną. Zasilanie urządzenia stanowią dwie standardowe, dziewięciowoltowe baterie. Do łącza wejścia można podpiąć w zależności od rodzaju prowadzonego badania EKG trzy, cztero lub dziesięciożyłowy przewód EKG zakończony elektrodami. Jako wyjścia „MNO-01” używa standardowego łącza szeregowego typu RS-232C z dziewięciopinowym gniazdem.

Urządzeniem odbiorczym sygnałów z interfejsu EKG „MNO-01” mogą być urządzenia elektroniczne obsługujące protokół RS-232C, w szczególności:

- ⇒ komputery stacjonarne
- ⇒ laptopy
- ⇒ komputery przenośne typu Personal Digital Assistant (PDA) i podobne
- ⇒ telefony komórkowe
- ⇒ inne, na przykład: czytniki kart pamięci, łącze podczerwieni

Do każdego typu z wymienionych urządzeń stworzono oprogramowanie pozwalające na stabilną komunikację urządzenia z „MNO-01”. Ponieważ urządzenia odbiorcze mają możliwość komunikacji w sieci telefonicznej lub w internecie, oprogramowanie obsługujące interfejs EKG jest integralnie przystosowane do przesyłania cyfrowego sygnału EKG chorego do zdalnego stanowiska monitorującego.

Zdalne stanowisko monitorujące to komputer klasy PC wyposażony w odpowiednie oprogramowanie służące do odbioru, prezentacji i archiwizacji sygnału EKG przesyłanego z jednego lub wielu zestawów „MNO-01” za pośrednictwem internetu lub sieci telefonicznej. Komputer ten, będąc jedynym elementem systemu znajdującym się w placówkach służby zdrowia, stanowi element łączący i nadzorujący wiele zestawów EKG, a przez to integrujący wszystkie wykorzystywane na danym terenie urządzenia „MNO-01” w jeden spójny system kardiologicznego monitoringu chorych.

Do interfejsu EKG „MNO-01” można podłączyć szereg urządzeń dodatkowych, rozszerzających możliwości jego zastosowania. W czasie tworzenia „MNO-01” przetestowano dodatkowe akcesoria: Czytnik kart pamięci typu CF – po dołączeniu do „MNO-01” pozwala na 24 godzinną rejestrację zapisu EKG na karcie pamięci. Czytnik kart CF jest szczególnie cennym rozwiązaniem zastosowania interfejsu EKG w charakterze holtera.

Łącze podczerwieni – pozwala na prostą, bezprzewodową komunikację „MNO-01” z urządzeniem odbiorczym, które nie posiada łącza RS-232C, natomiast jest wyposażone w łącze podczerwieni. Sytuacja taka może wystąpić, gdy jako urządzenie odbiorcze do „MNO-01” zostanie podłączony telefon komórkowy lub PDA.

Dwunastokanałowa automatyczna zwrotnica EKG – w przypadku podłączenia dziesięciożyłowego przewodu elektrod EKG istnieje dzięki niej możliwość automatycznej zmiany rejestrowanego odprowadzenia. Lekarz obserwujący EKG na zdalnym stanowisku monitorującym ma możliwość telemetrycznej zmiany odprowadzenia EKG u chorego znajdującego się w odległym miejscu. Dwunastokanałowa automatyczna zwrotnica EKG umożliwia także zastosowanie interfejsu „MNO-01” podczas wykonywania próby wysiłkowej.

Obszary zastosowania opracowanego w Katedrze Medycyny Ratunkowej w Bytomiu Śląskiej Akademii Medycznej w Katowicach i w Zakładzie Mikroinformatyki i Teorii Automatów Politechniki Śląskiej systemu monitoringu EKG są bardzo szerokie:

Ze względu na niską cenę interfejsu „MNO-01” w porównaniu do klasycznych aparatów EKG system ten pozwala na instalację w warunkach domowych po podłączeniu go do istniejącej infrastruktury informatycznej w postaci komputera z łączem internetowym lub modemem. Dzięki temu chory może w chwilach nasilenia dolegliwości łączyć się telefonicznie lub za pośrednictwem internetu ze swoim lekarzem rodzinnym lub specjalistą kardiologiem i uzyskać pilną poradę lekarską.

W placówkach służby zdrowia system ten stwarza tanią możliwość prowadzenia natychmiastowych, bezpośrednich konsultacji z kardiologicznymi ośrodkami referencyjnymi. W trudnych przypadkach diagnostycznych, wymagających pilnej interwencji można za pośrednictwem internetu lub sieci telefonicznej doraźnie przesłać elektrokardiogram chorego w celu konsultacji specjalistycznej.

W podróży, gdy nie istnieje dostęp do stacjonarnych lub przenośnych komputerów klasy PC, można w celu uzyskania porady, za pośrednictwem telefonu komórkowego lub PDA rejestrować i przelać zapis EKG swemu lekarzowi. Stwarza to szczególnie korzystną możliwość szybkiej oceny stanu zdrowia w przypadku nagłego nasilenia się dolegliwości kardiologicznych.

Dzięki możliwości zapamiętywania zapisu EKG w komputerach przenośnych typu PDA lub na kartach pamięci CF można używać lekkiego, małego i poręcznego „MNO-01” jako holtera kardiologicznego.

Podczas prowadzenia badań naukowych szczególnie cenną zaletą opisywanego interfejsu EKG jest łatwość w przetwarzaniu uzyskanych danych. Pliki komputerowe z wynikiem badań EKG można w prosty sposób importować do programów MsExcel, Statistica i podobnych, uzyskując natychmiastową możliwość analizy uzyskanego materiału.

W piśmiennictwie krajowym i zagranicznym odnotowano niewielką liczbę publikacji na temat telemetrycznych systemów monitoringu EKG. Na szczególną uwagę zasługuje system stworzony przez Hung K. i Zhang YT. [4]. Autorzy publikacji, wykazują możliwość uniwersalnego zastosowania interfejsu EKG do podłączenia zarówno do komputerów klasy PC, jak i do telefonów komórkowych. Najbardziej innowacyjną i jednocześnie najbardziej zaawansowaną technologicznie formę telemedycznej diagnostyki przedstawia praca autorstwa Weber JL., Blanc D. i wsp. [10] prezentująca nowatorski rodzaj odzieży z zainstalowanymi sensorami odczytującymi zapis EKG, ciśnienie krwi, temperaturę ciała i inne parametry życiowe oraz transmitującymi uzyskane dane do stacjonarnych, komputerowych jednostek odczytu i analizy. W latach 2002-2005 w krajach Europy środkowo-wschodniej i południowo-wschodniej opisano kilka działających systemów telediagnostyki chorób serca, między innymi w Czechach i w Serbii, gdzie spadek cen usług telekomunikacyjnych przyczynił się do ich powstania i jest stymulatorem coraz szerszego zastosowania w systemie ochrony zdrowia [3,5]. Publikacje zachodnioeuropejskie donoszą, iż działające w krajach wysokoprzemysłowych systemy telediagnostyki kardiologicznej radykalnie przyczyniły się do zwiększenia szans na przeżycie chorych z incydentem kardiologicznym. Przyspieszenie diagnozy i specjalistycznego leczenia zmniejszyło koszty leczenia i skróciło czas rekonwalescencji chorych [2,6,8,9]. W Polsce istnieje stworzony w Klinice i Zakładzie Rehabilitacji Kardiologicznej Instytutu Kardiologii w Aninie system transmisji sygnału EKG przez telefony komórkowe, jednak jak podają autorzy przystosowany jest on jedynie do transmisji zapisu EKG przez sieć telefoniczną [1].

WNIOSKI

System monitoringu EKG oparty o interfejs „MNO-01” pozwala na:

- ⇒ samodzielne wykonanie przez chorego badania EKG i przesłanie jego wyniku lekarzowi poprzez internet lub sieć telefoniczną
- ⇒ wczesną, specjalistyczną konsultację kardiologiczną w oparciu o przesłany zapis EKG
- ⇒ ciągły 24-godzinny zapis czynności elektrycznej serca
- ⇒ niska cena interfejsu „MNO-01” umożliwi rozpowszechnienie systemu w warunkach pozaszpitalnych
- ⇒ możliwość podłączenia interfejsu „MNO-01” zarówno do komputerów stacjonarnych, przenośnych, jak i do telefonów komórkowych zwiększa szansę na wczesne i skuteczne leczenie, szczególnie w obszarach o ograniczonej dostępności specjalistycznych usług medycznych. Powinno to wpłynąć na poprawę przeżywalności chorych w ostrych stanach kardiologicznych

PIŚMIENNICTWO

1. Baranowski R., Piotrowicz R.: Przesyłanie EKG przez telefon komórkowy - doniesienie wstępne. *Folia Cardiol.* 2003;10:701-705
2. Czapla J., Skulich J., Sosada K., Żurawiński W.: Myrcik D.: Centrum koordynacji ratownictwa medycznego w systemie ratowniczym województwa śląskiego. *Medycyna Intensywna i Ratunkowa* 2004, nr3, tom 7: 162-165
3. Hadzievski L., Bojovic B., Vukcevic V., Belicev P., Pavlovic S., Vasiljevic-Pokrajcic Z., Ostojic M.: A novel mobile transtelephonic system with synthesized 12-lead ECG. *IEEE Trans Inf Technol Biomed.* 2004 Dec;8(4):428-438

4. Hung K., Zhang YT.: Implementation of a WAP-based telemedicine system for patient monitoring. *IEEE Trans Inf Technol Biomed.* 2003 Jun;7(2):101-107
5. Jelkic N., Canji T., Ivanovic V., Srdanovic I., Mirkovic M., Vujin B.: Telemedicine and cardiology. *Med Pregl.* 2003 Mar-Apr;56(3-4):187-192
6. Papouchado M., Cox H., Bailey J., White W., Spreadbury T.: Early experience with transmission of data from moving ambulances to improve the care of patients with myocardial infarction. *Telemed Telecare.* 2001;7 Suppl 1:27-28
7. Rengo F., Leosco D., Iacovoni A., Rengo G., Golino L., Borgia F., De Lisa G., Beneduce F., Senni M.: Epidemiology and risk factors for heart failure., *Ital Heart J.* 2004 Dec;5 Suppl 10:9-16
8. Rodriguez A., Villalar JL., Arredondo MT., Cabrera MF., Del Pozo F.: Transmission trials with a support system for the treatment of cardiac arrest outside hospital. *Telemed Telecare.* 2001;7 Suppl 1:60-62
9. Scalvini S., Zanelli E., Volterrani M., Castorina M., Giordano A., Glisenti F.: Potential cost reductions for the National Health Service through a telecardiology service dedicated to general practice physicians. *Ital Heart J Suppl.* 2001 Oct;2(10):1091-1097
10. Weber JL., Blanc D., Dittmar A., Comet B., Corroy C., Noury N., Baghai R., Vaysse S., Bli-nowska A.: Telemonitoring of vital parameters with newly designed biomedical clothing. *Stud Health Technol Inform.* 2004;108:260-265

STRESZCZENIE

Na przełomie lat 2004/2005 w Katedrze Medycyny Ratunkowej w Bytomiu Śląskiej Akademii Medycznej w Katowicach i w Zakładzie Mikroinformatyki i Teorii Automatów Politechniki Śląskiej opracowano nowy, tani, pozaszpitalny system monitoringu EKG w oparciu o oryginalną konstrukcję interfejsu komputerowego EKG „MNO-01”. System monitoringu EKG jest przeznaczony do zastosowania poza placówkami służby zdrowia wśród szerokiej populacji chorych na schorzenia układu krążenia. Interfejs EKG „MNO-01” jest niewielkim, przenośnym urządzeniem elektronicznym dokonującym odczytu potencjału elektrycznego na skórze chorego i przekazującym wynik odczytu do urządzenia odbiorczego. Urządzeniem odbiorczym sygnałów z interfejsu EKG „MNO-01” mogą być urządzenia elektroniczne obsługujące protokół RS-232C, w szczególności: komputery stacjonarne, laptopy, komputery ręczne typu PDA i podobne, telefony komórkowe, czytniki kart pamięci i inne.

Wnioski: system monitoringu EKG oparty o interfejs „MNO-01” pozwala na: samodzielne wykonanie przez chorego badania EKG i przesłanie jego wyniku lekarzowi poprzez Internet lub sieć telefoniczną; wczesną, specjalistyczną konsultację kardiologiczną w oparciu o przesłany zapis EKG; ciągły 24-godzinny zapis czynności elektrycznej serca; niska cena interfejsu „MNO-01” umożliwia rozpowszechnienie systemu w warunkach pozaszpitalnych; możliwość podłączenia interfejsu „MNO-01” zarówno do komputerów stacjonarnych, przenośnych, jak i do telefonów komórkowych zwiększa szansę na wczesne i skuteczne leczenie, szczególnie w obszarach o ograniczonej dostępności specjalistycznych usług medycznych.

Powinno to wpłynąć na poprawę przeżywalności chorych w ostrych stanach kardiologicznych.

SUMMARY

In years 2004/2005 in Emergency Department of Silesian Academy of Medicine and Division of Peripherals of Silesian Technical University in Gliwice a cheap, modern, prehospital ECG monitoring system was created. For this system an original computer ECG “MNO-1” interface was created. MNO-1 is a small, portable machine which monitors ECG parameters. To read ECG from MNO-1 any machine with RS-232C port is needed, especially laptops, desktop computers, PDA, cell phones, card readers etc. Conclusions: ECG monitoring system based on MNO-1 interface let to: make an ECG by patients and send the result to doctor through phone line or internet; early cardiologic consultation based on delivered ECG; constant 24 hours ECG monitoring; low price of MNO-1 interface let use system by average patients; multiple ways of MNO-1 connection and different ways of data transition let to deliver data in different localizations especially in areas where medical services are less available.

Those advantages should improve survival rates in patient with sudden cardiac illnesses.