



Przedmiot: Przetwarzanie sygnałów w systemach diagnostyki medycznej.

ST_ANA

Temat projektu: Detekcja symptomów choroby niedokrwiennej na podstawie analizy interwału ST.

Spis treści:

1. ABSTRAKT.....	2
2. WSTĘP.....	3
3. KONCEPCJA PROPONOWANEGO ROZWIĄZANIA.....	6
4. REZULTATY I WNIOSKI.....	9
5. PODSUMOWANIE.....	9
6. LITERATURA.....	10
7. DODATEK A: OPIS OPRACOWANYCH NARZĘDZI I METODY POSTĘPOWANIA.....	10
8. DODATEK B: REALIZACJA PROPONOWANEGO ROZWIĄZANIA.....	10
9. DODATEK C. OPIS INFORMATYCZNY PROCEDUR.....	12
10. DODATEK D. SPIS ZAWARTOŚCI DOŁĄCZONYCH NOŚNIKÓW (DYSKIETEK, CD ROMU)..	12

Wykonały: Stereńczak Agata, Szczurek Joanna

V rok IS

konsultant: Dr hab. Inż. Piotr Augustyniak prof. nadzw.

Wersja 2.0.

Kraków, styczeń 2011.

1. Abstrakt

Celem pracy jest detekcja symptomów choroby niedokrwiennej serca na podstawie analizy interwału ST w zapisie wielokanałowym.

Analiza odcinka ST pozwala w wielu przypadkach na stwierdzenie czy badana osoba cierpi na chorobę niedokrwinną serca lub czy jest w fazie przed wystąpieniem zawału mięśnia sercowego. Badanie EKG pozwalające na obserwację interwału ST wykonywane jest również w okresie po wystąpieniu zawału serca lub po diagnozie wyżej wymienionych chorób.

W naszym projekcie dokonamy implementacji algorytmu, który będzie wykrywał zmiany parametrów odcinka ST takich jak poziom oraz nachylenie. Na tej podstawie wyznaczana będzie diagnoza.

Słowa kluczowe:

odcinek/interwał ST, choroba niedokrwiennej serca, sygnał EKG

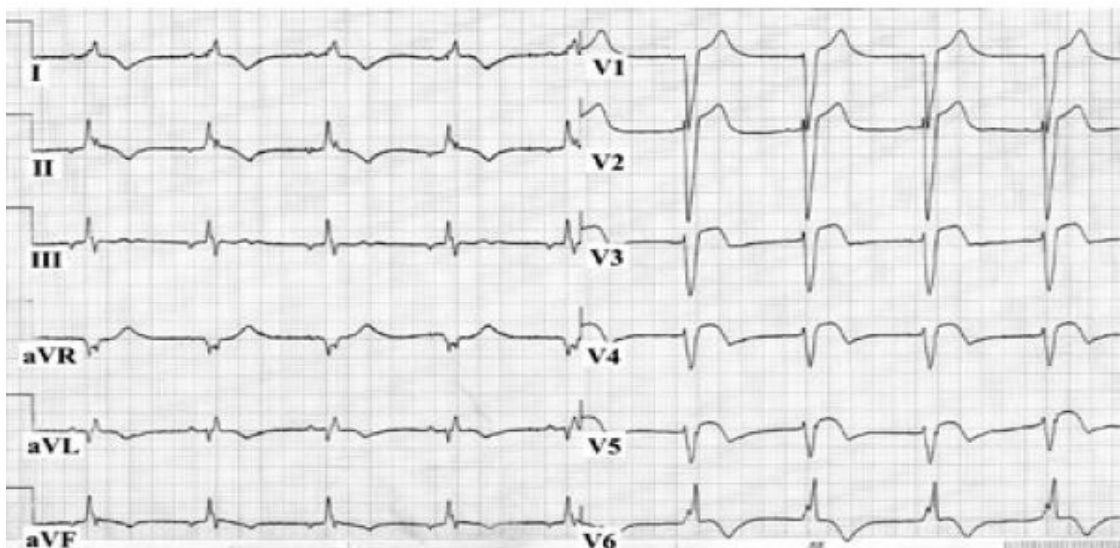
2. Wstęp

a) Cele i założenia projektu.

W celu przybliżenia zagadnień związanych z tematem przedstawimy krótką charakterystykę badania EKG oraz parametrów diagnostycznych.

Elektrokardiografia (EKG) - zgodnie z [2] badanie EKG pozwala na zaprezentowanie elektrycznej czynności mięśnia sercowego. Umiejscowione odpowiednio elektrody, zbierają sygnały pochodzące z depolaryzacji i repolaryzacji komórek sercowych. Sygnał ten następnie drukowany jest na papierze milimetrowym w postaci krzywej elektrokardiograficznej. Celem tego zapisu jest zdiagnozowanie stanu zdrowia serca osoby badanej.

Zapis 3.



Rys. 1. 12 – odprowadzeniowe badanie EKG[3]

Charakterystyka EKG [2]

Analiza wykresu EKG opiera się o badanie :

- linii izoelektrycznej – linia pozioma, rejestrowana w czasie kiedy nie występuje aktywność serca, względem niej wyznacza się wychylenie odcinków oraz amplitudę załamków;
- załamków – wychylenia krzywej elektrokardiograficznej powyżej lub poniżej linii izoelektrycznej;
- odcinków - czas trwania linii izoelektrycznej pomiędzy załamkami;
- odstępów - łączny czas trwania odcinków i sąsiadującego załamka.

Poprawne obliczenie rozmiarów załamek pozwala na wyznaczenie podstawowych wartości diagnostycznych takich jak długości odstępów i odcinków[1]. Wyróżniamy załamki[2]:

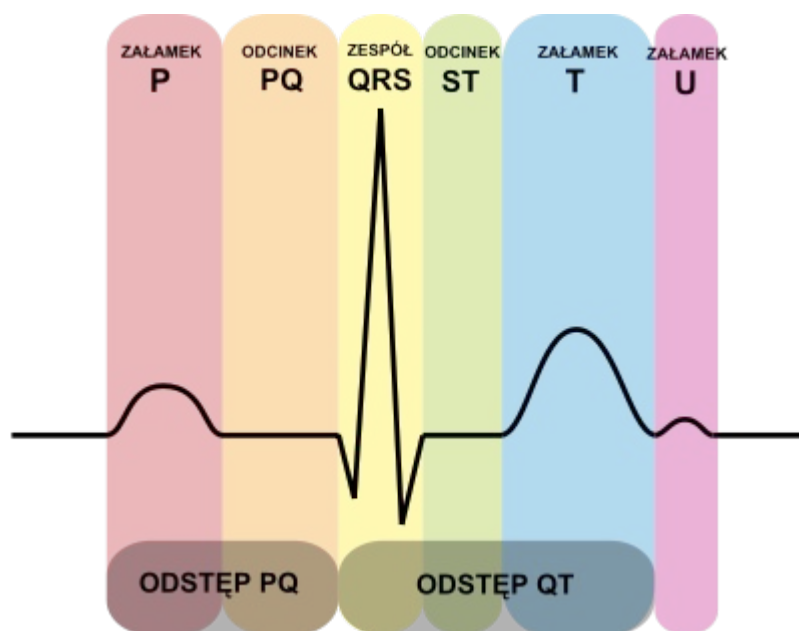
- załamek P – obrazuje depolaryzację mięśnia przedsionków;
- zespół QRS – obrazuje depolaryzację mięśnia komór;
- załamek T – obrazuje repolaryzację komór;
- załamek U – nie jest zawsze wyróżniany, jest to niewielkie uniesienie linii izoelektrycznej występujące po załamku T. Przyczyny jego powstania nie są w pełni wyjaśnione.

Odcinki:

- PQ – odcinek mierzony od końca załamka P do rozpoczęcia zespołu QRS, jest wyznacznikiem linii izoelektrycznej, czas trwania od 0,04 s do 0,1 s;
- ST – umiejscowiony za zespołem QRS ma decydujące znaczenie przy wykrywaniu choroby niedokrwiennej serca (decyduje o tym jego ułożenie względem linii izoelektrycznej).

Odstępy:

- odstęp PQ – jest to łączny czas trwania załamka P oraz odcinka PQ, u dorosłej, zdrowej osoby powinien mieścić się w przedziale czasowym 0,12s – 0,20s ;
- odstęp QT – jest to łączny czas zespołu QRS, odcinka ST i załamka T, w prawidłowo działającym sercu jego czas skraca się wraz ze wzrostem częstości akcji serca [4].



Rys. 2. Graficzne przedstawienie morfologii w jednym cyklu pracy serca [2]

Należy pamiętać, iż w zależności od wieku oraz innych czynników fizycznych wykres EKG może prezentować się w różny sposób.

Analiza odcinka ST ma kluczowe znaczenie przy wykrywaniu wielu chorób serca. Uniesienie odcinka ST może świadczyć o [5] :

- niedotlenienie mięśnia serca - zawał serca z uniesieniem odcinka ST
- miażdżyca
- choroba wieńcowa
- odwracalne uniesienie odcinka ST – dławica Prinzmetala,
- kardiomiopatia tako-tsubo
- tętniak pozawałowy lewej komory – przetrwałe uniesienie odcinka ST > 1mm
- tętniak rozwarstwiający aorty – jeśli rozwarstwienie obejmuje ujścia tętnic wieńcowych
- masywny zator tętnicy płucnej – uniesienie odcinka ST w odprowadzeniu V1
- zapalenie osierdzia – wklęsłe uniesienie odcinka ST w większości odprowadzeń, z wyjątkiem aVR oraz V1
- zespół Brugadów
- anomalie potencjałów czynnościowych w fazie wczesnej repolaryzacji: hiperkaliemia, hipotermia (tzw. fala Osborna), hiperwagotonia, zespół wczesnej repolaryzacji
- zmiany wtórne do zaburzeń depolaryzacji: bloki odnog pęczka Hisa, aberracja pobudzeń nadkomorowych, pobudzenia komorowe, przerost lewej komory.

b) Zarys ogólny proponowanego rozwiązania.

Naszym zadaniem jest skupienie się na rozpoznaniu uniesienia, pochylenia oraz kąta nachylenia odcinka ST, aby zdiagnozować chorobę niedotlenienia mięśnia serca. Analiza ta umożliwia zdiagnozowanie spowolnienia procesu repolaryzacji komórek serca, co jest skutkiem niedotlenienia komórek serca. Analiza wielokanałowa pozwala na zobaczenie pełnego obrazu w sytuacji niedotlenienia.

Analiza odcinka ST przebiegać będzie w następujący sposób:

- wyznaczenie punktów początku (J) i końca (ST) odcinka ST;
- wyznaczenie nachylenia odcinka ST względem linii izoelektrycznej;
- określenie położenia odcinka ST (powyżej/poniżej linii izoelektrycznej);
- określenie zbocza odcinka ST (rosnące, opadające).

c) Dyskusja alternatywnych rozwiązań.

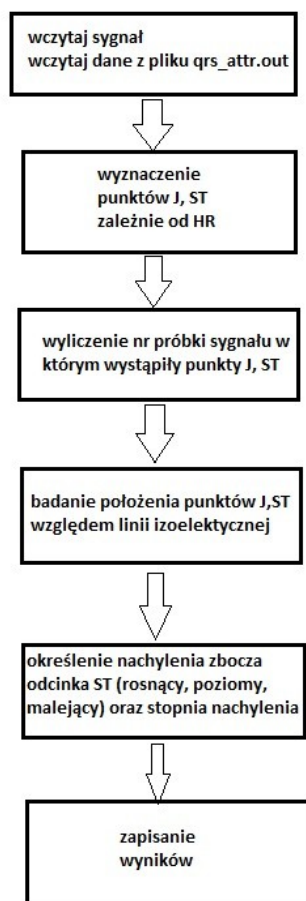
W trakcie analizy literatury dotyczącej zagadnień związanych z analizą odcinka ST napotkaliśmy informacje dotyczące algorytmu ST/AR. [6] „ST/AR jest potężnym algorytmem, przeznaczonym do analizy odcinka ST i arytmii, na podstawie zapisów z wielu odprowadzeń EKG. Algorytm monitorowania arytmii przetwarza sygnał EKG, rejestrowany z jednego lub wielu odprowadzeń i wykrywa w czasie rzeczywistym zaburzenia rytmu u pacjentów dorosłych, dzieci oraz noworodków. Algorytm odcinka ST analizuje zapisy z 12 odprowadzeń ST u pacjentów dorosłych.”

Niestety dostęp do dokładniejszych informacji opisujących działanie algorytmu jest zablokowany przez prawa autorskie firmy wykonującej aparaturę medyczną.

3. Koncepcja proponowanego rozwiązania

Naszym zadaniem jest skupienie się na rozpoznaniu uniesienia oraz kąta nachylenia odcinka ST, aby zdiagnozować chorobę niedotlenienia mięśnia serca. Analizie poddawane są dane z 3kanałowego badania holterowskiego. Częstotliwość próbkowania sygnału to 128 Hz. Pierwszym krokiem wykonywanym w programie jest wczytanie danych z pliku .dcm które są zapisem sygnału z badania EKG. Dodatkowo, wczytywane są także dane z pliku qrs_attr.out. W pliku tym umieszczone są pośrednie wartości interpretacji sygnału dla parametrów epizodów ST. Dane te wpisywane są do struktury QRS_ATTR, została ona zdefiniowana w wytycznych do projektu. Jej pola to: DetPt; AMax; localRR; HR; MorfT; cl oraz **str[2*3]** – do tego pola przekazywane są rezultaty obliczeń z naszego programu. Ponadto wyniki zapisywane są do pliku wyniki.txt .

Generalny schemat blokowy przedstawiający działanie algorytmu.



Rys. 3. Schemat blokowy proponowanego rozwiązania

Jedną z wartości wejściowych programu jest wartość HR, która wczytywana jest z pliku qrs_attr.out z bazy sygnałów holterowskich. Odczytywana z pliku wartość HR wykorzystywana jest do przeliczenia długości odcinka ST. Zgodnie z [1], wiemy że większa wartość HR powoduje skrócenie odcinka ST. Wyliczamy to zgodnie ze wzorami zaczerpniętymi z [1]:

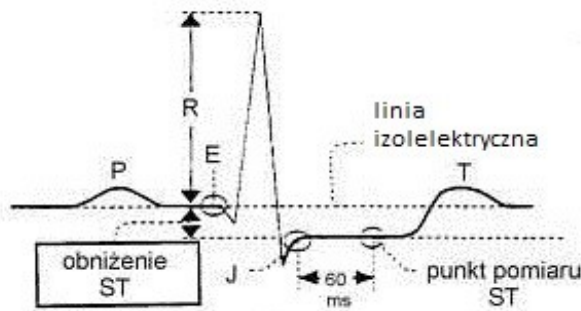
$$t_{R-J} = 40 + 0,948 * \sqrt{(t_{R-R})}$$

$$t_{R-ST} = 40 + 2,21 * \sqrt{(t_{R-R})}$$

Gdyby w pliku brakowało wartości HR lub jej wartość wynosiłaby „0”, to długość odcinka ST wyliczona zostanie bez uwzględnienia szybkości bicia serca – arbitralnie przyjmowane jest 15 ms.

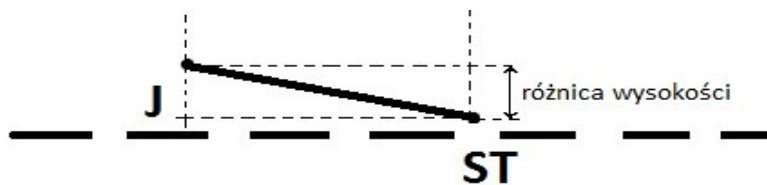
W naszej pracy, skupimy się na wyznaczeniu początku i końca odcinka pomiarowego. Początkiem badanego odcinka będzie punkt J, który znajduje się po zakończeniu zespołu QRS. W celu określenia dokładnej lokalizacji punktu J, uznaje się iż występuje on w odległości czasowej 45

ms po szczycie załamka R. Czas trwania odcinka ST został opisany powyżej, zależnie od sposobu jego wyliczenia otrzymamy punkt końcowy (punkt ST).



Rys. 4. Oznaczenie punktów J, ST na odcinku ST. [8]

Wyznaczenie kąta nachylenia odcinka ST względem linii izoelektrycznej, realizowane jest w oparciu o wcześniej wyliczone wartości punktów początku i końca odcinka ST. Analizowane jest czy punkty te leżą powyżej/poniżej linii izoelektrycznej. Kolejnym krokiem jest sprawdzenie który z tych punktów jest wyżej a który niżej względem siebie. Pozwala nam to na wyznaczenie nachylenia odcinka ST (zbocze opadające, poziome, rosnące). Dla wyjaśnienia zaprezentowane jest to na rysunku 5.



Rys. 5. Różnica wysokości punktów J, ST.

Wartość tej różnicy ma także kluczowe znaczenie przy określaniu kąta nachylenia odcinka ST względem linii izoelektrycznej. Jeśli otrzymana wartość jest odpowiednio duża, wskazuje to na duży stopień nachylenia.

Na standardowe wyjście wypisywane są informacje, czy wykryty odcinek ST ma zbocze odpowiednio poziome, rosnące, opadające. Ponadto zaimplementowana została funkcja, badająca wartość różnicy punktów J i ST. Wywołuje ona alert, jeśli wartość narastania lub opadania zbocza jest krytycznie duża.

4. Rezultaty i wnioski

Program oblicza miejsca wystąpienia punktów J i ST. Wylicza długość trwania odcinka ST zależnie od wartości rytmu bicia serca osoby badanej.

Danymi wejściowymi są:

- sygnał EKG (plik .dcm);
- dane z pliku qrs_attr.out.

Ponadto wykorzystujemy strukturę QRS_ATTR, do której zapisujemy nasze wyniki do pola str[]. Zapisywane są poziom ST oraz nachylenie ST.

Testy zostały przeprowadzone na bazie danych dostarczonej przez prowadzącego. Nasze testy przeprowadziłyśmy na bazie dostarczonej do materiałów do projektu, w szczególności skupiłyśmy się na plikach ah_23_1.dcm, ah_29_3.dcm, ah_29_4.dcm. Wyniki uzyskiwane przez nasz algorytm nie są zadowalające. Niestety w dużym stopniu różnią się one od danych z pliku referencyjnego qrs_attr.out. Pomimo prób poprawy działania algorytmu, nie uzyskałyśmy zadowalających wyników.

5. Podsumowanie

Reasumując, detekcja symptomów choroby niedokrwiennej na podstawie analizy interwału ST jest ważnym zagadnieniem związanym z diagnozowaniem pacjentów. Jak wiemy z literatury, choroba niedokrwienna serca jest jedną z najczęstszych przyczyn zgonów w krajach rozwiniętych. Niestety, zagadnienie to zajmuje bardzo mało miejsca w literaturze medycznej zwłaszcza opisy algorytmów wykrywania epizodów ST.

Otrzymane przez nas wyniki nie spełniają oczekiwań z medycznego punktu widzenia. Występujące błędy są zbyt liczne, aby móc badać poprawną repolaryzację komórek serca.

Projekt nie został przetestowany pod kątem działania z innymi modułami projektowymi.

6. Literatura

- [1] Augustyniak Piotr, „Przetwarzanie sygnałów elektrodiagnostycznych.” Wyd. Uczelniane Wydawnictwo Naukowo - Dydaktyczne AGH, Kraków 2001r.
- [2] www.wikipedia.pl
- [3] Doc. dr hab. n. med. Rafał Baranowski, „EKG u pacjenta z bólem w klatce piersiowej – nie zawsze łatwe rozpoznanie.”
- [4] www.kardiolo.pl, „Zespół wydłużonego QT (long QT syndrome, LQTS)”
- [5] Bartłomiej Kiszka, „Przyczyny uniesienia odcinka ST w elektrokardiogramie”, 2008r.
- [6] Philips Medical Systems, „ST/AR monitorowanie odcinka ST oraz arytmii.”
- [7] JY Wang, „Noise Stress Testing for Real-Time ST Segment Measurement Algorithms: a New Methodology”, *Computers in Cardiology* 2000;27:845-848
- [8] Marek Kośmicki, „Elektrokardiograficzne próby wysiłkowe u pacjentów z chorobą niedokrwinną serca”, *Borgis - Postępy Nauk Medycznych* 1/2002, s. 38-66

7. DODATEK A: Opis opracowanych narzędzi i metody postępowania

Projekt realizowany w języku C, zbudowana w środowisku Microsoft Visual Studio v.9.0. Testowany w systemie Windows 7 32-bitowy oraz Windows Vista 32-bitowy. Do uruchomienia potrzebny jest plik wejściowy z danymi qrs_attr.out oraz plik zawierający sygnał (rozszerzenie .dcm). Wyniki programu zapisywane są w pliku „wyniki.txt”.

8. DODATEK B: Realizacja proponowanego rozwiązania

Wybrany językiem programowania jest ANSI C. Program nie wymaga dodatkowych bibliotek. Jedynym wymaganiem jest posiadanie plików z sygnałem EKG oraz plikami z danymi dodatkowymi (opisane jest to w rozdziale 7). Bazy danych do testowania, zostały udostępnione przez prowadzącego tylko na potrzeby tego przedmiotu.

Struktura projektu podzielona jest na moduły:

- main.c – główna część programu, wyznaczająca szukane parametry;
- naglowki.h – zawiera definicje używanych funkcji;
- QRS_ATTR.h – zawiera definicję struktury QRS_ATTR;

- wczytajDane.c – wykonuje wczytywanie danych pomocniczych z pliku qrs_attr.out;
- wczytajSygnal.c – wczytuje sygnał EKG z pliku .dcm;
- sprawdz – sprawdza stopień nachylenia odcinka ST.

W projekcie korzystamy ze wzorów z [1] pozwalających na wyznaczenie czasu trwania odcinka ST zależnie od częstości uderzeń serca. Pozostałe wykonywane obliczenia są proste, nie wykorzystują skomplikowanych wzorów matematycznych.

9. DODATEK C. Opis informatyczny procedur

Projekt nie wykorzystuje zewnętrznych bibliotek.

Stworzone przez nas funkcje to:

- wczytajDane;
- wczytajSygnal;
- sprawdz.

```
Funkcja wczytajDane
/*****
/*
/* void wczytajDane
/*
/* Przeznaczenie:
/*   Funkcja wykonuje wczytywanie danych pomocniczych z
/*   pliku qrs_attr.out;
/*
/* Argumenty funkcji:
/*   char* filePath (I) - zawiera ścieżkę do pliku z
/*   danymi pomocniczymi qrs_attr.out
/*   struct QRS_ATTR Stdane[](O) - do niej zapisywane są
/*   pobrane wartości z pliku
/*
/* Używane funkcje:
/*   używane są tu standardowe funkcje z biblioteki
/*   stdio.h
/*
/* Ostatnia modyfikacja:
/*   styczeń 2011r
/*
*****/
```

10. DODATEK D. Spis zawartości dołączonych nośników (dyskietek, CD ROMu)

Struktura katalogów na załączonym nośniku CD:

- SIG – folder zawiera bazę sygnałów do testowania;
- SRC – folder zawiera pliki źródłowe projektu;
- EXE – program gotowy do uruchomienia;
- DOC – raport końcowy w wersji .doc oraz .pdf