

OBSS: 1. Seminarska naloga

1.e : An efficient selection, scoring, and variation ratio test algorithm for ECG R-wave peak detection

Sebastian Mežnar (27192031)

Povzetek

V seminarski nalogi smo implementirali detektor QRS kompleksov ECG signala. Algoritem signal obdela s pomočjo Haar filtra, iz njega izloči kandidate, jih klasificira s pomočjo spreminjajočega praga ter na njih opravi test, ki preveri ali je razlog za klasifikacijo v njih šum. Algoritem uporablja pristope, ki niso zelo računsko zahtevni, a kljub temu dosegajo dobre rezultate.

Uvod

Detektiranje srčnega utripa iz ECG posnetka je pomemben problem, saj lahko z dobrim detektorjem odkrijemo različne srčne bolezni in nepravilnosti ter jih predčasno odpravimo. Najverjetneje najpomembnejši korak v avtomatski detekciji nepravilnosti v ECG posnetku je določanje mesta R točke, saj lahko s to informacijo lažje določimo preostale P, Q, S in T točke. S tem problemom se v seminarski nalogi ukvarjamo mi.

Metode

Detektor na vhod prejme signal ECG. Iz njega najprej izločimo frekvence, ki so nižje od 0.8 Hz, saj s tem signal poravnamo. Detektor je sestavljen iz štirih korakov.

V prvem koraku signal filtriramo s filtrom Haar. Prednost tega filtra je, da uporablja le konstante, zato je njegova implementacija zelo učinkovita. Ta filter je definiran kot $h(n) = c$ za $-B_1 \leq n \leq B_1$, $h(n) = -1$ za $B_1 < |n| \leq B_2$, drugje pa 0. Za B_1 smo uporabili vrednost $0.025 \cdot F_s$, B_2 $0.06 \cdot F_s$, c pa smo izračunali s formulo $2(B_2 - B_1) / (2B_1 + 1)$.

V drugem koraku najprej izračunamo cenilno funkcijo po formuli $s(n) = y(n) * (x(n) + c \cdot x_2(n))$, kjer je $y(n)$ vhodni signal filtriran s Haar filtrom, c konstanta z vrednostjo 0.55, x_2 pa razlika drugega reda izračunana kot $2 \cdot x(n) - x(n-1) - x(n+1)$. S pomočjo te cenilne funkcije nato izberemo kandidate. Pri tem upoštevamo, da med dvema srčnima utripoma ponavadi ni manj kot 200 ms. Izbiro kandidatov smo implementirali tako, da določimo maksimume na posameznih intervalih. Poleg tega se veliko kandidatov znebimo tako, da točko označimo za kandidata le, če je bila ta maksimum na vsaj polovici intervala (na vsaj 200 ms posnetka).

Klasifikacijo opravimo v tretjem koraku s pomočjo spreminjajočega praga. V tem koraku smo od pristopa iz članka najbolj odstopili. V članku namreč prag določajo glede na utripe, ki jih zaznajo v zadnjih desetih sekundah. To lahko privede do napak, saj ni nujno, da je detektor v tem času zaznal dovolj utripov. V našem pristopu tako gledamo zadnjih 25 kandidatov, pri tem pa začetne kandidate določimo s formulo $0.75 \cdot S_5$, kjer je S_5 ocena kandidata z peto najvišjo oceno med začetnimi kandidati. Prag P nato določimo kot $P = W_1 \cdot W_2$,

kjer je $W_1 = T + (\text{peta najvišja ocena med zadnjimi 25 kandidati})$, $W_2 = b_1 + b_2 * \left| \frac{n - m_1}{I_s} - \text{round} \left(\frac{n - m_1}{I_s} \right) \right|$.

T je konstanta, ki smo jo določili kot -100000, če smo med zadnjimi 25 kandidati našli več kot 5 srčnih utripov ter -300000 sicer, b_1 smo nastavili na 0.6, b_2 pa na 0.5. Vrednost v oklepaju je 0, ko je razdalja od

prejšnje detekcije blizu večkratniku mediane zadnjih petih detekcij ter 0.5, če je se od njega zelo razlikuje. Poleg tega mejo dodatno znižamo, če sta med detekcijami več kot 2 sekundi.

V zadnje koraku na zaznanih srčnih utripih opravimo test, ki nam pove, če je detekcija utripa posledica šuma ali ne. To naredimo tako, da za vsakega kandidata zračunamo $\Omega = u_1/u_2$, če je Ω večja od 0.3, detekcijo ohranimo, čene jo pa odstranimo, saj jo je povzročil šum. Pri tem sta u_1 in u_2 v formuli izračunana kot $u_1 = \max(x[m] \mid n - 0.1 \cdot F_s \leq m \leq n + 0.1 \cdot F_s) - \min(x[m] \mid n - 0.1 \cdot F_s \leq m \leq n + 0.1 \cdot F_s)$,

$$u_2 = \sum_{m=n-B_1+1}^{n+B_1} |x[m] - x[m-1]| \quad .$$

Z izboljšavami, ki smo jih dodali poskrbimo, da tudi slabša detekcija predhodnih utripov ne vpliva zelo na nadaljno klasifikacijo, poleg tega pa poskrbimo, da med utripi ni predolgega intervala. Detektor je z izboljšavami tudi bolj robusten, saj bi tisti, ki ga članek opisuje lahko odpovedal, ko bi imel manj kot 5 utripov v zadnjih nekaj sekundah. Največja slabost našega detektorja so parametri. Te bi bilo potrebno bolje izračunati ter s tem izboljšati natančnost. Slabost pristopa je tudi, da detektor ne spremlja strukture QRS kompleksa (vsi kandidati so enaki), saj bi s tem lahko dodatno popravili točnost klasifikacije.

Rezultati

Implementacijo detektorja smo testirali na podatkovni bazi Long-Term ST (2) ter bazi MIT/BIH (3). Dobljeni rezultati so prikazani v spodnji tabeli. Testiranje posnetka iz baze Long-Term ST je v povprečju trajalo 39 sekund, posnetka iz baze MIT/BIH pa 1 sekundo.

	Se	+P
Long-Term ST	97.96	92.6
MIT/BIH	92.88	97.55

Zaključek

V delu smo opisali ter implementirali detektor srčnih utripov, ki se zgleduje po članku (1). Detektor iz članka smo nadgradili in se s tem izognili nekaterim predpostavkam, ki lahko na detekcijo ter posledično delovanje detektorja slabo vplivajo. Testi, ki smo jih na našem detektorju opravili so pokazali, da kljub neoptimalnim parametrom detektor dobro detektira srčne utripe. Poleg tega je detektor razmeroma hiter ter uporablja metode, ki dopuščajo implementacijo tega detektorja v realnem času z majhnim zamikom.

Viri

- (1) Članek: Jian-Jiun Ding et al., EXPERIMENTAL & CLINICAL CARDIOLOGY, Volume 20, Issue 8, 2014, An efficient selection, scoring, and variation ratio test algorithm for ECG R-wave peak detection
- (2) Podatkovna baza Long-Term ST, dostopna na <http://lbcsl.fri.uni-lj.si/ltstdb/ltstdb/>.
- (3) Podatkovna baza MIT/BIH, dostopna na <http://www.physionet.org/physiobank/database/mitdb/>.