



Universidade do Porto

FEUP Faculdade de
Engenharia

SwimCounter

Processamento de Sinais Fisiológicos
2012/2013

Trabalho Realizador por:

André Castro 200704577

Paulo Machado 200706553

Ricardo Reis 200907472

Vítor Pinheiro 200808023

Índice

Contexto.....	3
Patentes	3
Contadores fixos	3
Contadores móveis	4
No Mercado	4
Contadores fixos	4
Contadores móveis	4
Introdução.....	6
Recolha de Dados.....	7
Processamento Realizado	8
Detector de zeros.....	8
Média Deslizante	9
Detector de Picos	10
Conclusão.....	11

Contexto

O desenvolvimento desta aplicação surge no contexto da disciplina de processamento de sinais fisiológicos e prende-se com a necessidade de monitorização do treino de atletas na natação.

Dada a natureza repetitiva da actividade e até pela fadiga, pode torna-se difícil e imprecisa a contagem de piscinas pelos atletas para além de desviar a sua atenção do foco principal da actividade – Nadar.

Há então a necessidade de aparelhos de efectuem esta monitorização para que os atletas possam concentrar-se mais na sua actividade e para que falhas técnicas sejam detectadas mais facilmente através de dados recolhidos em padrões de braçada ou viragem, para além de poder ser observado o progresso pelos tempos e número de piscinas percorridas.

Patentes

Há já equipamentos que podem ser usados para efectuar esta contagem e monitorização com patentes registadas nos estados unidos e que se dividem em dois grupos essencialmente: Aparelhos de contagem fixos e aparelhos móveis usados pelos nadadores.

Contadores fixos

Estes contadores são desenhados para serem aplicados num ou em ambos os extremos das piscinas para que aquando do toque do nadador no aparelho de medida (encostado à parede) a contagem de piscinas seja feita e o tempo da piscina seja registado. Uma das formas de efectuar esta contagem é a registada por Rossow et al. na patente americana nº 5.285.428 de 8/Fevereiro/1994 em que é relatado um aparelho capaz destas funcionalidades formado por um compartimento estanque, que recebe o circuito de controlo e mostrador, e fica a flutuar na superfície da água ancorado à parede da piscina. A contagem é incrementada quando uma deformação é detectada na placa piezoeléctrica acoplada ao compartimento do mostrador e se estende abaixo da linha de água.

Há no mesmo ano a patente de um outro produto (Tanaka - pat nº5349569 20/Setembro/1994) com as mesmas características mas descrevendo todo um sistema de monitorização de blocos de partida, mostradores de resultados e sistemas redundantes de registo de resultados incluindo a contagem de pistas percorridas pelos atletas e a sua temporização.

Um outro exemplo do mesmo género de equipamento é o apresentado na patente americana nº US2005/0243651 A1 de 03/Novembro/2005 com um aparelho constituído por uma parte superior, apoiada na beira da piscina, onde fica alojado o controlo electrónico e onde é suspensa uma parte inferior, essa responsável por incorporar um ou mais sensores de pressão e um mostrador digital submersíveis.

Outras patentes de produtos do mesmo género estão registadas e são referidas nas citadas acima, no entanto, como este documento se trata da análise do estado da arte não se achou relevante referenciar estas.

Contadores móveis

São desenhados para serem usados pelos nadadores aquando da actividade fazendo a contagem das voltas automaticamente ou através da actuação mecânica pelo nadador.

Exemplo de um dispositivo actuado mecanicamente é o apresentado na patente nºUS2007/0076529 A1 de 5/Abril/2007. Este trata-se de um simples aparelho mecânico constituído por uma capa de plástico frontal e outra traseira envolvendo uma roda dentada impressa com números. A placa frontal possui um orifício que permite visualizar um dos números presentes na roda que é incrementado pela actuação mecânica do nadador. Este aparelho é preso ao pulso do nadador através de um elástico adaptável.

Outro dispositivo actuado mecanicamente é o presente na patente americana nº4932045 de 05/Junho/1990. Neste caso já se trata de um dispositivo electrónico com um pequeno LCD digital que mostra a contagem de pistas. Este dispositivo é acoplado a uma das extremidades do nadador (palma da mão ou planta do pé) e é incrementado aquando no contacto com a parede aquando da viragem.

Há ainda outro dispositivo electrónico com a funcionalidade de contagem de pistas também electrónico, mas que funciona através do processamento de sinais e não pelo incremento através do contacto com a parede da piscina ou pela actuação do próprio nadador. Possui um sensor de bússola que gera um sinal detectado pelo processador do relógio e depois determina se houve mudança de direcção pelo nadador. Pode ainda ser programado para detectar a subida e descida acima e abaixo de um determinado ‘threshold’ para fazer uma contagem do número de braçadas.

No Mercado

Alguns destes contadores encontram-se já disponíveis no mercado tanto do estilo fixo para acoplar nas piscinas como móvel para ser usado pelos atletas.

Contadores fixos

Nesta categoria de contadores encontram-se, por exemplo, os famosos contadores da Omega que vemos nos jogos olímpicos como é o caso do modelo “OMEGA OCP5 Touchpad” que funciona pelo mesmo principio explicado nas patentes apresentadas acima, ou seja, é accionado pelo toque. Um outro exemplo deste género é o Lap Track da FINIS que pode ser acoplado a parede da piscina, debaixo de água ou não, por via de ventosas e mostra as voltas tempo e estatísticas.

Contadores móveis

Para este tipo de contadores há modelos desde a contagem manual pela actuação no relógio como é o caso dos relógios timex da série ironman que possuem um contador de voltas que pode ser actuado pelo toque e utilizado portanto para a contagem de piscinas.

Mais avançado apresenta-se no mercado o Garmin Swim com funcionalidades de identificação do tipo de braçada, contagem do número de braçadas, distância, ritmo e numero de piscinas. Possui ainda a funcionalidade de descarregar os dados para o computador pessoal.

Como a anterior existe também o Pool Mate e o Pool Mate Pro mostra as mesmas características incluindo média de braçadas, calorías, eficiência e velocidade e calcula estes valores através da utilização de acelerómetros tal como o anterior. A

diferença para o Pool Mate Pro reside na funcionalidade adicional de descarga de dados para o computador pessoal.

Um outro dispositivo capaz destas funcionalidades é o FINIS Swimsense performance monitor que incorpora também um acelerómetro para a recolha de dados para o cálculo das funcionalidades acima referidas.

Introdução

Este projecto foi realizado no âmbito da cadeira de Processamento de Sinais Fisiológicos e consiste no desenvolvimento de um algoritmo de contagem de piscinas e braçadas na natação com o estilo crawl. Para isso foi utilizado o EZ430-chronos, um relógio da Texas Instruments (TI) com a capacidade de recolher diversos dados (pressão, altitude, temperatura, acelerómetro) e os transmitir via rádio frequência. Neste trabalho utilizou-se apenas acelerómetro de 3 eixos contido no relógio. Foi utilizado também, para processamento de sinal, o software Matlab. Os objectivos deste trabalho foram então divididos em duas fases, uma com requisitos mínimos que nos propúnhamos a completar e uma outra com requisitos mais exigentes. Numa primeira fase propusemo-nos então a adquirir o sinal enviado do relógio, a importá-lo para o Matlab e a desenvolver o algoritmo de contagem de braçadas e piscinas para ser aplicado sobre dados adquiridos previamente. Na segunda fase decidimos adaptar o algoritmo de modo a funcionar em tempo real. Os dados são processados enquanto são recolhidos, sem se esperar pelo fim da aquisição de todos os dados.

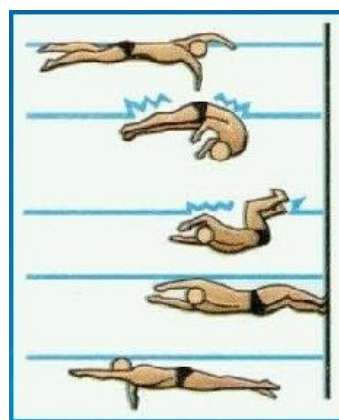
Recolha de Dados

Através da análise detalhada da datasheet do relógio utilizado (EZ430), foi possível entender que este projecto muito dificilmente passaria de um trabalho académico. Após alguns testes essas suspeitas foram confirmadas, a impossibilidade de o relógio guardar os dados com o firmware original e de este conseguir comunicar dentro de água eram óbvias e portanto foi necessário abordar um outro caminho.

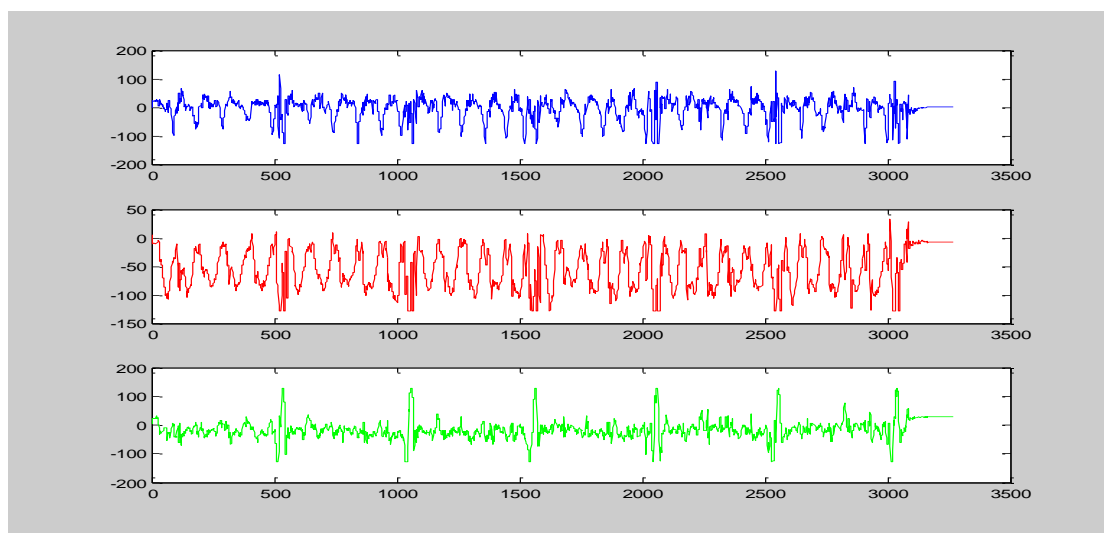
O caminho mais directo, e que nos permitia mostrar os conhecimentos para realizar este trabalho, foi nadar fora de água. Mas esta solução também nos trouxe um outro problema, a simulação da cambalhota.

Foram analisados alguns vídeos e imagens para entender o que é uma cambalhota no ponto de vista do acelerómetro de 3 eixos.

Nesta imagem podemos ver que existe uma variação brusca em todas as direcções no corpo do nadador, tendo dois principais picos. Um no momento da rotação (1ª e 2ª etapas) e o outro quando impulsiona o corpo com os pés na parede (4ª e 5ª etapas).



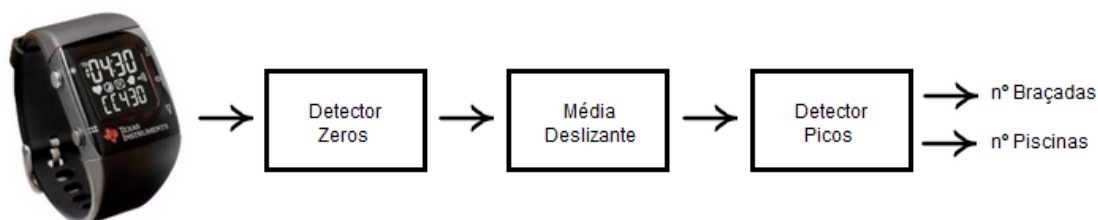
Com o relógio acoplado a um dos braços, foi altura de registar alguns dados, para tal desenvolvemos um algoritmo que nos permitiu fazer a leitura directa com o Matlab e iniciamos as nossas braçadas (crawl) em cima de uma mesa. Na altura da cambalhota o braço foi impulsionado bruscamente para baixo e em seguida para cima, provocando os dois picos então falados.



Com a análise dos 3 eixos, conseguimos entender que a nossa simulação nos permitia diferenciar o nado da cambalhota. Partimos então para o processamento do sinal.

Processamento Realizado

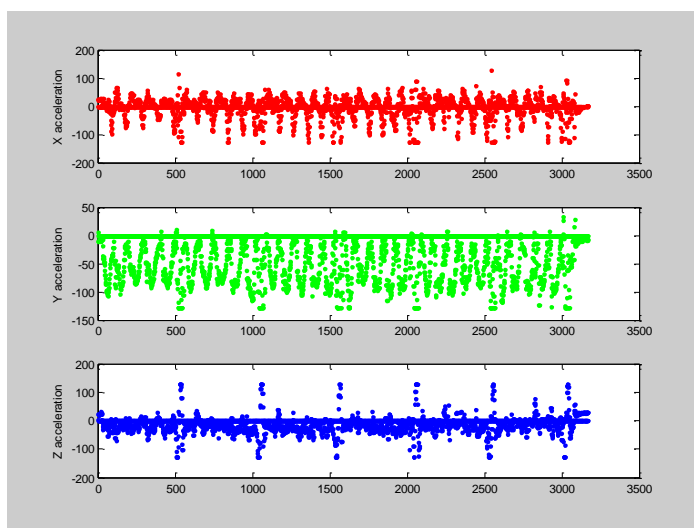
Na figura abaixo encontra-se o diagrama de blocos ilustrativo das etapas de processamento realizadas em todo o processo. Cada parte tem rotinas adicionais que serão descritas de seguida.



Detector de zeros

Reparou-se que o sinal recebido directamente do relógio, ou seja, a sequência original não tratada que o relógio gera, não continha os valores do acelerómetro de forma contínua. Em vez disso, esses valores vinham intercalados com valores nulos tal como pode ser visto na figura abaixo.

O processamento que se faz para a detecção de zeros e correcção do sinal é apenas percorrer todo o stream de dados recebidos substituindo os valores nulos pelo valor exactamente anterior. Considera-se esta correcção aceitável visto que não existem variações de grande magnitude no sinal recebido. Outra possibilidade

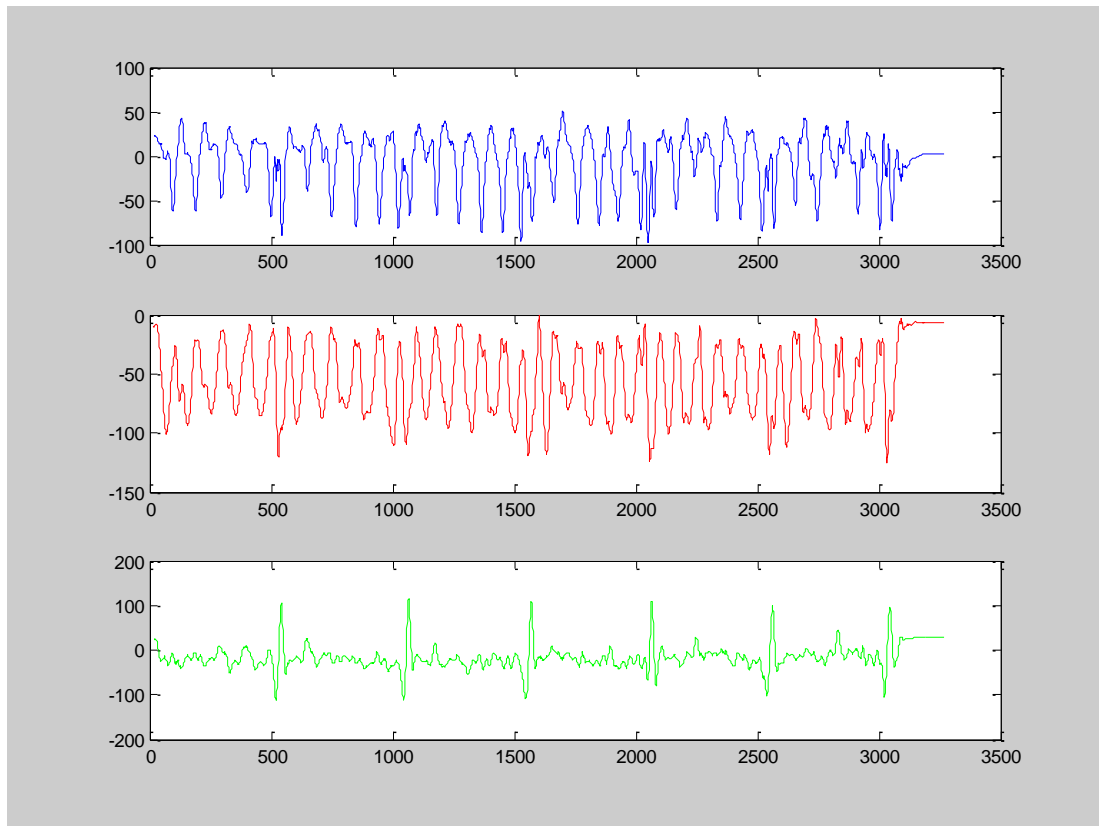


seria eliminar os valores nulos mas isso iria criar problemas para o cálculo de outros valores, como os temporais, visto que se estaria a encurtar o sinal. Desta forma mantém-se o tamanho original da sequência. Além disto, esta implementação possibilita que este bloco seja usado em tempo real.

Média Deslizante

Trata-se obviamente de um filtro passa-baixo destinado a eliminar o ruído proveniente do movimento do braço tanto na braçada como ao efectuar a volta. Na figura abaixo apresenta-se o sinal original.

Após várias tentativas escolheu-se uma janela de 15 unidades que permitiu melhorar significativamente o sinal suavizando a onda a tratar posteriormente. Na figura abaixo encontra-se o sinal filtrado.



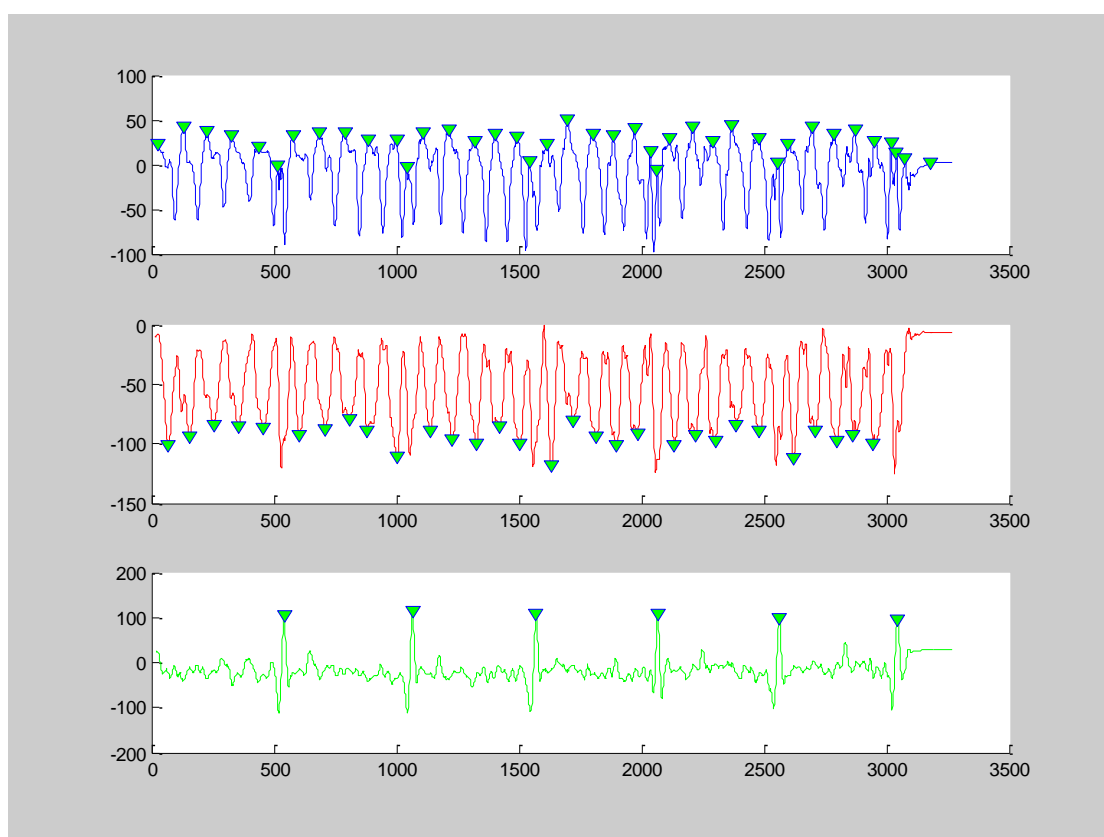
Detector de Picos

Verificou-se que um dos eixos tinha uma forma de onda bastante regular ao descrever a braçada. Escolheu-se esse eixo e aplicou-se um detector de picos o qual detecta os valores máximos no sinal e faz a sua contagem.

A contagem de voltas é feita da mesma forma mas usando outro dos eixos. Notou-se que havia um pico bastante mais pronunciado nesse eixo quando o nadador efectua a volta. Basta, por isso, aplicar o detector de picos a esse eixo e obtém-se a contagem de voltas.

Existe ainda um mecanismo dentro deste processamento que permite que uma volta não seja contabilizada como uma braçada. Sempre que é detectado um pico no eixo que indica as voltas então não é contabilizado o pico, se este ocorrer, no eixo que conta as braçadas.

As próximas imagens contém alguns resultados obtidos.



O detector de picos utilizado foi o algoritmo PeakFinder desenvolvido pelo Nate Yoder. Este algoritmo detecta o máximo ou mínimo local.

Através de um threshold definido pelo utilizador é detectado um pico num dado intervalo que apresenta uma magnitude maior, comparado com os outros. Para tal é realizada a derivação ao longo do sinal e aí comparada com o threshold definido previamente.

Conclusão

Apesar das barreiras encontradas inicialmente na realização deste trabalho, conseguimos com este estudo entender as dificuldades em analisar um sinal sem um pré-processamento. A escolha do filtro ideal para o sinal analisado e os seus parâmetros mostram ser algo que se pode comparar aos alicerces de uma casa, podendo tornar o trabalho seguinte muito mais complexo se não forem feitas as escolhas/cálculos certos.

Conseguimos também aprender que o processamento do sinal é facilitado em muito pela experiência e conhecimento de quem o faz, de forma a saber analisar o sinal e descobrir o que importa e o que não importa, como retirar esses dados e como os processar.

Temos noção que com este projecto os nossos conhecimentos no pré-processamento e processamento em si foram alargados, bem como a nossa experiência nesta área.