

# ANDROID-BASED IMPLEMENTATION OF EULERIAN VIDEO MAGNIFICATION FOR VITAL SIGNS MONITORING

Pedro Boloto Chambino

Dissertação sob a orientação do Prof. Luís Teixeira e Luís Rosado  
na Fraunhofer Portugal AICOS

## 1. Motivação

*Eulerian Video Magnification* é um método, recentemente apresentado no SIGGRAPH<sup>1</sup> 2012, capaz de revelar variações temporais em vídeos que são impossíveis de ver ao olho nu. Usando este método é possível visualizar o fluxo sanguíneo da face [1]. Disponibilizando informação suficiente para obter o batimento cardíaco através de uma câmara sem contacto existir contacto [1, 2, 3].

Por ter sido recentemente proposto, uma implementação do método *Eulerian Video Magnification* ainda não foi testada em *smartphones*. Por isso, a Fraunhofer Portugal está interessada em testar a viabilidade de uma implementação baseada no método *Eulerian Video Magnification* para dispositivos móveis *Android*.

Já houve esforços com sucesso na deteção de sinais vitais, como batimento cardíaco, e taxa respiratória, através de câmaras *web* [1, 2, 3], e até em *smartphones* [4, 5].

Como é um método barato de obter sinais vitais sem necessidade de contacto, este trabalho tem potencial para avançar campos, como *telemedicine*, *personal health-care*, e *ambient assisting living*.

Apesar da existência de produtos semelhantes pela Philips [5] e ViTrox Technologies [4] ao proposto neste trabalho, nenhum destes implementa o método *Eulerian Video Magnification*.

## 2. Objetivos

O objetivo principal é desenvolver um método baseado no *Eulerian Video Magnification* que seja leve e execute em tempo-real no dispositivo móvel. O que vai requerer otimizações de performance e *trade-offs* terão de ser considerados.

No processo, uma aplicação *Android* capaz de estimar o batimento cardíaco de uma pessoa em tempo-real usando a câmara do dispositivo será criada.

## 3. Descrição do Trabalho

Para aumentar a velocidade de implementação e facilitar *testing*, uma aplicação para *desktop* foi desenvolvida primeiro, que foi depois integrada numa aplicação *Android*.

A aplicação foi escrita em C/C++ com a ajuda da biblioteca *OpenCV*, uma biblioteca *open-source* para processamento de imagem. Consequentemente, a integração com a aplicação *Android* foi realizada através do *Android Native Development Kit* e da *framework Java Native Interface*.

O *workflow* da aplicação começa por obter uma imagem da câmara do dispositivo. A face de uma pessoa é detetada usando o módulo de deteção de objetos do *OpenCV* que foi previamente treinada para detetar faces humanas. A região de interesse (ROI) da face da pessoa é alimentada ao método *Eulerian Video Magnification* implementado para amplificar as variações de cor. A média do canal verde do ROI é computado, para aumentar o rácio do sinal-para-barulho, e persistido. Ao longo do tempo, os valores persistidos representam um sinal *photo-plethysmographic* [6] da variação do fluxo sanguíneo oculto. O sinal é processado usando o método *detrend* [7] para remover as tendências do sinal sem distorcer a magnitude. O sinal é depois validado como sendo um sinal do batimento cardíaco detetando os picos do sinal de forma a verificar a sua forma e tempo. Finalmente, a estimativa do batimento cardíaco é computado pela identificação da frequência com maior *power spectrum*.

### 3.1. Eulerian Video Magnification

As implementações iniciais deste trabalho do método *Eulerian Video Magnification* foram escritas em *Java*. No entanto, porque o suporte para *Java* da biblioteca *OpenCV* é ainda recente e devido a razões de performance a versão final foi implementada em C/C++.

A abordagem do método *Eulerian Video Magnification* combina processamento espacial e temporal para realçar variações temporais subtis num vídeo. Primeiro, a sequência do vídeo é decomposta em diferentes bandas de frequência espaciais. Como estas podem exibir diferentes rácios sinal-para-barulho, estes podem ser magnificados de forma diferente. Em geral, a pirâmide Laplaciana completa [8] pode ser computada. Depois, processamento temporal é realizado em cada banda espacial de uma forma uniforme para todos os pixels de cada banda. Após isso, o sinal extraído é magnificado por um fator de  $\alpha$ , que pode ser especificado pelo utilizador, e pode ser atenuado automaticamente. Finalmente, o sinal magnificado é adicionado à

<sup>1</sup><http://www.siggraph.org/>

imagem original e a pirâmide espacial colapsada para obter o resultado final.

Neste trabalho, a amplificação da variação da cor é mais importante do que magnificação de movimento. Por isso, o filtro espacial usado foi a computação de um nível da pirâmide Gaussiana, que consiste em aplicar um filtro Gaussiano e fazer *downsample* da imagem várias vezes. Contudo, como a performance é uma prioridade e a computação de um nível da pirâmide Gaussiana é computacionalmente cara, este passo foi alterado para apenas uma operação de redimensionamento usando o método de interpolação *AREA* da biblioteca *OpenCV*, que produz um resultado semelhante.

O filtro temporal usado para extrair os movimentos ou sinais para serem amplificados. Assim, a escolha do filtro é dependente da aplicação. Para magnificação de movimento, um filtro de banda larga, como o *butterworth*, é preferido. Um filtro de banda estreita produz um resultado mais livre de barulho para amplificação da cor do fluxo sanguíneo. Em [1], um filtro de banda ideal foi usado devido às suas frequências *cutoff* retas. Alternativamente, para uma implementação em tempo-real, filtros IIR de baixa ordem são úteis tanto para magnificação de movimento e amplificação de cor. Por isso, a subtração de dois filtros IIR de baixa ordem foi usada para a implementação do *Eulerian Video Magnification* método implementado.

### 3.2. Estimativa do batimento cardíaco

A estimativa do batimento cardíaco é computado usando a transformada de *Fourier*, que é uma transformação matemática capaz de converter uma função de tempo,  $f(t)$ , numa nova função representando o domínio da frequência da função original.

Para calcular o *power spectrum*, o resultado da função transformada de *Fourier* é multiplicado por si próprio.

Como os valores são capturados de um vídeo, sequência de imagens, a função de tempo é discreta, com uma taxa de frequência igual à taxa frequência do vídeo, *FPS*.

O índice,  $i$  correspondente ao máximo do *power spectrum* pode ser convertido para um valor correspondente à frequência,  $F$ , do sinal, usando a equação:

$$F = \frac{i * FPS}{2N} \quad (1)$$

onde  $N$  é o número de valores do sinal extraído.  $F$  pode ser multiplicado por 60 para obter uma estimativa do batimento cardíaco.

## 4. Conclusões

Uma aplicação *Android*, com o nome *Pulse*, capaz de estimar o batimento cardíaco de uma pessoa usando o método *Eulerian Video Magnification* foi desenvolvida.

Muito esforço foi para melhorar a performance da aplicação, para que seja capaz de executar num dispositivo *Android*. Tendo um aumento na performance de 22% desde a implementação inicial, como sugerida por [1], até uma versão otimizada.

Por causa disso, a precisão das estimativas do batimento cardíaco da aplicação foi baixa. Medições da aplicação *Pulse* de 9 participantes foram comparadas com leituras de um aparelho de tensão. A concordância entre os dois, de acordo a análise de gráficos Bland-Altman, obteve uma média *bias* de  $-12.00$  com limites de concordância de 95%  $-33.13$  e  $9.13$  bpm.

### 4.1. Trabalho futuro

Tendo desenvolvido um método baseado no *Eulerian Video Magnification* que é leve e executa em tempo-real num dispositivo *Android* para amplificar variações de cor, a performance de outras variações do método podem ser melhoradas. Levando à utilização do método noutros tipos de dispositivos.

A aplicação implementada, *Pulse*, precisa de melhorar as suas estimativas do batimento cardíaco, e outros sinais vitais podem ser monitorizar, como a taxa respiratória.

Para suportar algumas características da aplicação *Android* implementada, parte da biblioteca *OpenCV para Android SDK*, que ainda é recente, teve de ser modificada. Estas modificações que podem ser contribuídas de volta para a comunidade.

## Referências

- [1] Hao-Yu Wu, Michael Rubinstein, Eugene Shih, John Guttag, Frédo Durand, e William T. Freeman. Eulerian video magnification for revealing subtle changes in the world. *ACM Trans. Graph. (Proceedings SIGGRAPH 2012)*, 31(4), 2012.
- [2] M.Z. Poh, D.J. McDuff, e R.W. Picard. Non-contact, automated cardiac pulse measurements using video imaging and blind source separation. *Optics Express*, 18(10):10762–10774, 2010.
- [3] M.Z. Poh, D.J. McDuff, e R.W. Picard. Advances in noncontact, multiparameter physiological measurements using a webcam. *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on*, 58(1):7–11, 2011.
- [4] ViTrox Technologies. What's my heart rate. <http://www.whatsmyheartrate.com>, May 2013.
- [5] Philips. Philips vital signs camera. <http://www.vitalsignscamera.com>, January 2013.
- [6] Wim Verkruysse, Lars O Svaasand, e J Stuart Nelson. Remote plethysmographic imaging using ambient light. *Optics express*, 16(26):21434–21445, 2008.
- [7] Mika P Tarvainen, Perttu O Ranta-aho, e Pasi A Karjalainen. An advanced detrending method with application to hrv analysis. *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on*, 49(2):172–175, 2002.
- [8] P. Burt e E. Adelson. The laplacian pyramid as a compact image code. *Communications, IEEE Transactions on*, 31(4):532–540, 1983.