

Estudos de técnicas de super-resolução de vídeos aplicadas a sistemas do tipo Optical Camera Communications (OCC)

Palavras-Chave: Optical Camera Communications, Processamento de Imagens, Super-resolução

Autores/as:

Bruno Miguel Alves Oliveira Costa Pacheco Faculdade de Tecnologia
Prof. Dr. LEANDRO RONCHINI XIMENES (orientador) Faculdade de Tecnologia

INTRODUÇÃO:

Este projeto de Iniciação Científica (IC) segue a linha de pesquisa em Optical Camera Communications (OCC) um sistema de comunicação sem fio faz uso de fontes ópticas como transmissores e sensores de imagem, como câmeras digitais, para a recepção de informação. As câmeras comerciais mais usadas hoje em dia não são planejadas para suportar tal sistema, assim limitando a taxa de transmissão de dados. Este é um dos principais problemas dos sistemas OCC.

Para contornar esse problema, o projeto propõe o uso de algoritmos de Super-Resolução (SR) para melhorar a taxa de dados e qualidade visual atingida em um enlace OCC. De forma geral, os algoritmos de SR combinam imagens de baixa resolução (LR – Low Resolution) para obter-se uma imagem de alta resolução (HR – High Resolution). Na primeira etapa do projeto foi realizado o estudo de processamento de imagens e a implementação de algoritmos de SR no software MATLAB. A segunda etapa, que previa utilizar os algoritmos de SR como uma etapa de restauração das imagens em um receptor OCC e testar a transmissão do sistema OCC para verificar o desempenho em função da taxa de erro de bit e taxa de dados, infelizmente não foi realizada pois o estudo foi descontinuado, devido à alta carga horária.

METODOLOGIA:

Durante o projeto foram realizados estudos sobre conceitos de processamento de imagens, uma revisão sobre técnicas de super-resolução e a implementação prática de algoritmos de super-resolução.

O estudo de processamento de imagens foi feito com base no livro *Processamento digital de imagens* [1], assim obtendo a compreensão e prática básica de operações de tratamentos de imagens. Em seguida foi feito um estudo bibliográfico sobre algoritmos de SR [2-8]. Dois algoritmos de super-resolução, IBP e LMS-SRR, foram escolhidos para implementação no MATLAB.

Para entender os diferentes métodos de reconstrução por super-resolução, é preciso primeiro definir um modelo de observação ou degradação, das imagens de baixa resolução em função da imagem de alta resolução [2]. Existem diversos modelos de degradação propostos na literatura. Em geral estes consideram distorção, borramento, decimação e ruído aditivo. A partir do modelo de degradação, é possível usar técnicas de restauração por SR, que podem ser divididas em técnicas no domínio da frequência e no domínio espacial.

As técnicas de super-resolução mais populares são: Interpolação uniforme e não uniforme [3], Mínimos Quadrados Móveis (MLS – “*Moving Least Squares*”) [4], estimadores de Máxima Verossimilhança (ML - “*Maximum Likelihood*”)[5] e conjuntos convexos (POCS – “*Projection Onto Convex Sets*”)[6].

Podemos citar também a Retroprojeção Iterativa (IBP – “*Iterative back-projection*”)[7], que é uma classe de algoritmos onde é proposta a obtenção de imagens HR através de processos iterativos, ou seja, a restauração é feita por um algoritmo adaptativo que converge para o mínimo global da função de reconstrução.

Para implementação no *software* Matlab nesta primeira etapa do projeto, foram escolhidos os algoritmos LMS-SRR (Least Mean Squares Super-Resolution), presente no artigo de Costa e Bermudez [8], e no algoritmo IBP [12].

O algoritmo LMS-SRR é construído, sobre o algoritmo Least Mean Squares (LMS), em que o erro de reconstrução é o erro instantâneo – a cada nova imagem LR capturada, o LMS-SRR se adapta para fornecer uma nova estimativa da imagem HR. Tanto o algoritmo LMS-SRR e IBP são baseados no algoritmo do gradiente (*Gradient Algorithm*).

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Esta seção apresenta resultados de simulações com os algoritmos IBP e LMS-SRR. Ambos os algoritmos foram testados, com resultados satisfatórios em termos de reconstrução, porém não foram comparados diretamente, em questão de desempenho. O intuito desta seção é demonstrar que o planejamento proposto, de implementação dos algoritmos, foi concluído com sucesso. Como já referido na seção de introdução, o projeto não teve continuidade e por isso testes futuros de desempenho e aplicação em *hardware* não foram realizados e será tópico de trabalhos futuros no grupo de pesquisa.. Para a simulação utilizou-se uma imagem com resolução 512×384 e colorida. Realizou-se a conversão da imagem para escala de cinza e com equalização do histograma.

O resultado da simulação do algoritmo com técnica IBP é apresentado na Figura 1

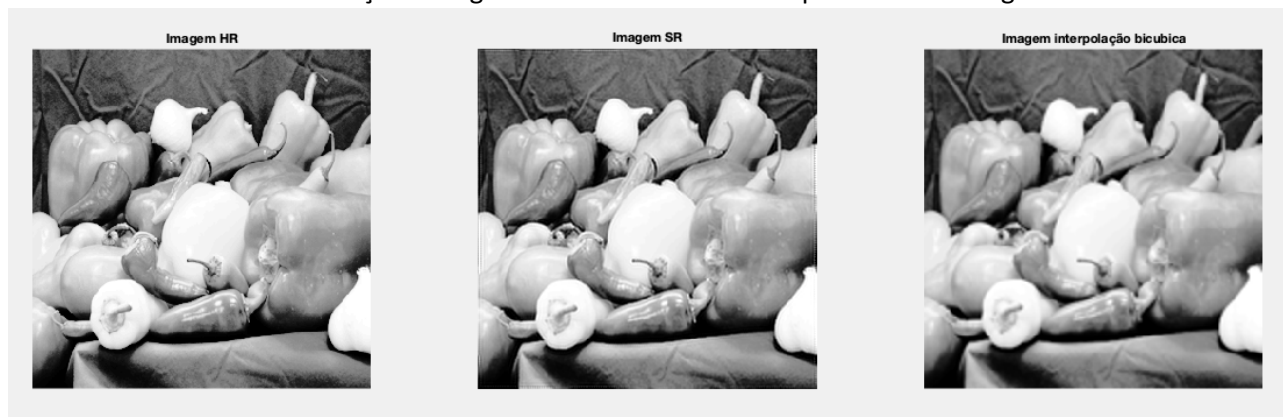


Figura 1 - Resultados do algoritmo com técnica IBP, da esquerda para direita temos; imagem HR original, imagem obtida através do algoritmo de SR, imagem obtida por interpolação bicúbica.

O resultado da simulação do algoritmo LMS-SRR é apresentado na Figura 2.



Figura 2 - Resultados do algoritmo com técnica LMS, da esquerda para direita temos; imagem HR original, imagem obtida através do algoritmo de SR, imagem obtida por interpolação bicúbica.

CONCLUSÕES:

todos os estudos e práticas aplicados neste projeto foram de grande importância para compreender e implementar os algoritmos de super-resolução em MATLAB. Como foram feitos trabalhos de processamento de imagens, os resultados dos algoritmos de SR não podem ser comparados somente visualmente, é preciso uma análise numérica do desempenho de cada algoritmo. Podemos concluir através deste estudo que há uma comprovada melhoria visual das imagens produzidas com a aplicação dos algoritmos de SR. Contudo, como não houve continuação do projeto, não foi possível realizar as análises de curvas de erro quadrático médio para a restauração das imagens. Estas análises ficam portanto para serem realizadas em trabalhos futuros por outros membros do grupo de pesquisa.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Marques Filho, Ogê, and Hugo Vieira Neto. *Processamento digital de imagens*. Brasport, 1999.
- [2] Sung Cheol Park, Min Kyu Park and Moon Gi Kang, "Super-resolution image reconstruction: a technical overview," in *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 20, no. 3, pp. 21-36, May 2003, doi: 10.1109/MSP.2003.1203207.
- [3] Ur, H., Gross, D.: Improved resolution from subpixel shifted pictures. *CVGIP Graph. Models Image Process.* **54**, 181–186 (1992)
- [4] Bose, N.K., Ahuja, N.A.: Superresolution and noise filtering using moving least squares. *IEEE Trans. Image Process.* **15**, 2239– 2248 (2006)
- [5] Tom, B.C., Katsaggelos, A.K.: Reconstruction of a high-resolution image by simultaneous registration, restoration, and interpolation of low-resolution images. In: *Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing*, pp. 539–542. Washington, DC (1995)
- [6] H. Stark, P. Oskoui, High resolution image recovery from image-plane arrays, using convex projections, *Opt. Soc. Am. J.* **6** (11) (1989) 1715–1726.
- [7] Michal Irani, Shmuel Peleg, Improving resolution by image registration, *CVGIP: Graphical Models and Image Processing*, Volume 53, Issue 3, 1991, Pages 231-239,
- [8] G. H. Costa and J. C. M. Bermudez, "Are Registration Errors Always Bad for Super-Resolution?," 2007 *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing - ICASSP '07*, Honolulu, HI, USA, 2007, pp. I-569-I-572, doi: 10.1109/ICASSP.2007.365971.