

Study on High Accuracy Enlargement Processing of Digital Images

著者	袁 帥
号	51
学位授与番号	3774
URL	http://hdl.handle.net/10097/37442

氏名	Yuan Shuai 袁 帥
授与学位	博士 (工学)
学位授与年月日	平成19年3月27日
学位授与の根拠法規	学位規則第4条第1項
研究科, 専攻の名称	東北大学大学院工学研究科 (博士課程) 電子工学専攻
学位論文題目	Study on High Accuracy Enlargement Processing of Digital Images (デジタル画像の高画質拡大処理に関する研究)
指導教員	東北大学教授 川又 政征
論文審査委員	主査 東北大学教授 川又 政征 東北大学教授 阿曾 弘具 東北大学教授 青木 孝文 東北大学助教授 阿部 正英

論文内容要旨

Image enlargement is a prime technique in image processing. It is used in many important applications such as digital high-definition television, big screen display, copy and print machine, medical imaging, end-user equipment and so on.

The conventional image enlargement methods (e.g., the nearest neighbor, bilinear and the bicubic methods) are used widely in many applications. Since the enlargement accuracy of the bicubic method is higher than those of the other conventional enlargement methods, it is used widely in many applications of image enlargement. However, the bicubic enlargement method also has a blurring problem in the enlarged images, because it ignores the features of the image pixel data, such as the frequency features, the edge features, the features under multi-resolution and so on. For improving the enlargement accuracy of the conventional image enlargement methods, the enlargement methods, which use image local features, are proposed. In the Ramponi's method, the local asymmetry features of image pixels are used to modify the local up-sampling distance in the bicubic method. In the Hwang's method, the local gradient features of image edges are used to optimize the local interpolation weights in the bicubic method. Since both the asymmetry feature and the gradient feature can help to reduce the blurring problem of the bicubic method, in Chapter 3 of this thesis we combine these two kinds of image features to propose a novel high accuracy bicubic

algorithm.

Moreover, for solving the blurring problem in image enlargement, some high resolution enlargement methods were proposed. They can predict or find the unknown high frequency components and then get clear high-resolution enlarged images. Most of the studies done in the high-resolution enlargement are from a group of low-resolution image frames to extract one high-resolution still image. They often require a very heavy computational load and do not consider the case in which only one low-resolution image is given. Thus, there are also other enlargement methods using only one low-resolution image, such as the DCT iteration method, the orthogonal wavelet transform method and the binary wavelet transform method. Using one low-resolution image, the high-resolution enlargement methods which are based on the Laplacian pyramid (LP) representation (so called "LP methods") were proposed, too. The LP methods can predict the unknown high-frequency components using the relationship among the Laplacian pyramid representations at different resolutions.

Since the predicted high-frequency components are added to the high spatial frequency band of the enlarged images, the LP methods can get very high accuracy enlargement results. However, the LP algorithm is limited to the integer LP stages' calculation, so that it is only capable of expanding an image up by a factor of two in size. Since the enlargement scales as 1.41 times, 2.5 times and so on are also necessary for many applications of image enlargement, the LP algorithm for arbitrary scale enlargement was proposed by Taguchi. In Chapter 4 of this thesis, we use a modified Gaussian filter to replace the Gaussian filter in the arbitrary scale LP algorithm, which can help it to improve its enlargement accuracy.

However, since the LP method does not consider image noises, image noises are also enhanced in the enlarged results when the LP method is directly applied to images with noise. One of most widely known image noises is Gaussian noise. For example, images obtained indoors are affected easily by Gaussian noise. At high ambient temperatures, images obtained by a CCD or CMOS imaging chip will often be corrupted with Gaussian noise. Images obtained from satellites or X-ray machines also have strong or weak Gaussian noise. In the Shimura's method, the authors proposed

an improved LP method which can reduce the edge artifacts of the LP enlarged image. However, since the edge artifacts appear around the image edges and Gaussian noise appears in all of the image parts, the Shimura's method can not work well to images with Gaussian noise. In the Greenspan' method, for the enlargement of images with Gaussian noise, lowpass pre-processing (e.g. the mean filtering or the *minimum mean square error* (MMSE) filtering) of noise reduction is necessary before the LP enlargement processing. However, high-frequency information of image edges is also reduced as well as Gaussian noise after the lowpass preprocessing. For the LP enlargement method, the reduced edge information will cause serious effect on the prediction of high-frequency components. In Chapter 5 of this thesis, unlike the lowpass pre-processing we propose a novel LP approach, in which the passband of the Gaussian filter is variable and a modified ϵ -filter is embedded. Since in the predicted LP stage the amplitude of Gaussian noise signals is smaller than that of image edge signals, we adopt a modified ϵ -filter to reduce the small amplitude signal, which is the Gaussian noise. In the interpolation processing of Gaussian pyramid stage, the Gaussian filter with variable passband is adopted to reduce the Gaussian noise, where the variable passband depends on the noise standard deviation.

This thesis is organized as follows. Chapter 1 is the introductory part, which explains the motivations and purposes of this research work. The outline of this thesis is also given. Chapter 2 provides necessary background material for this thesis. This chapter reviews the classic approaches of enlargement methods: the local pixels based enlargement approach and the multi-resolution pyramid based enlargement approach. The nearest neighbor, bilinear, bicubic, Laplacian pyramid based and wavelet pyramid based enlargement methods are reviewed in this chapter. Moreover image sequence based enlargement methods are introduced briefly, too. Chapter 3 presents a bicubic enlargement method using the local asymmetry features of an image and a bicubic enlargement method using the local gradient features of an image. Then, in Chapter 3 we propose a new high accuracy bicubic method which adopts both the local asymmetry and the local gradient features at the same time. Chapter 4 presents the conventional Laplacian pyramid (LP) based enlargement method and the proposed Laplacian

pyramid based enlargement method. In this chapter, we use a Gaussian filter, which standard deviation is variable with enlargement scales, to replace the fixed standard deviation Gaussian filter in the conventional LP method. Chapter 5 presents the approaches to the enlargement of images with Gaussian noise using the Laplacian pyramid representation. In this chapter, unlike the pre-processing with lowpass filters before the LP enlargement, we proposed a new embedded approach to modify the LP enlargement method, which utilizes the amplitude features of the Gaussian noise signals. Chapter 6 concludes this thesis and summarizes the main contributions of this thesis. Suggestions for future work are also included.

論文審査結果の要旨

近年、様々な解像度の画像のデジタル的表示方法（印刷、コピー、ディスプレイ、写真など）が用いられることから、高画質のデジタル画像の拡大手法が必要となっている。デジタル画像の拡大は、サンプリング間隔を狭める処理とも見なすことができるため、画像拡大はナイキスト周波数を大きくすることを意味する。言い換えれば、画像拡大に際して、高周波数成分が欠けることになり、その成分を推定し、補わなければ、拡大画像はボケることになる。従来から採用されている最近接内挿法、共線形内挿法および共三次内挿法など一般的な画像拡大方法は画像拡大時における高周波数成分の欠落を全く考慮していないため、拡大率が高くなればなるほど、拡大画像にボケが強く生じることになる。本論文では、このような画像拡大時に不足する高周波数成分に着目し、空間領域および周波数領域でその推定処理について研究した。その結果、解像度が異なる画像の間における空間領域および周波数領域での高周波数成分の関係を明らかにし、拡大処理における高周波数成分の推定に関する重要な知見を得た。本論文はこれらの成果をまとめたものであり、全編6章よりなる。

第1章は緒言である。

第2章では、本論文の基礎となるデジタル画像の基礎的性質および従来の拡大方法について述べている。

第3章では、空間領域で従来利用されている共三次内挿法における問題を分析し、画像の局所的性質を利用することによって高周波数成分の推定処理を行う新しい共三次内挿法を提案している。提案法では画像の局所的非対称性と局所的傾度を同時に使うことによって、より高精度な画像拡大を実現している。さらに、提案している画像の局所的性質は共線形内挿法、三次畳み込み内挿法など従来の画像拡大方法の改良にも応用できる。これは実用上、重要な成果である。

第4章では、周波数領域でのラプラシアンピラミッド階層表現の技術を利用して高周波数成分の推定を伴う画像拡大方法を提案している。ラプラシアンピラミッド階層表現は、画像の帯域分割符号化のために提案された多重解像度表現である。提案法は異なる階層間のラプラシアンピラミッド成分の相関性を利用して、未知の高周波数成分を推定するという方法である。提案法では、従来のラプラシアンピラミッド階層表現に基づく拡大方法に使われるガウシアンフィルタを解析して、その通過領域を2倍に拡大するだけでなく任意拡大倍率の拡大にも対応できる一般的なフィルタリングの式を導いている。導出したフィルタの利用によってより画質の良い任意倍率の拡大を実現している。

第5章では、ラプラシアンピラミッド階層表現技術と非線形の ε フィルタを利用して白色ガウス雑音を含む画像の拡大方法を提案している。提案法では、推定するラプラシアンピラミッド高周波数成分の空間振幅の性質に着目し、その振幅の違いを利用して雑音成分と画像のエッジ成分を分離することによって雑音成分を低減し、エッジの成分だけを強調する処理を実現している。これは画像復元において実用上重要な手法である。

第6章は結言である。

以上要するに本論文は、高画質の拡大処理を実現するために、空間領域および周波数領域で拡大処理に伴う高周波数成分の推定処理について数多くの新しく重要な知見を得たものであり、電子工学および画像処理工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士(工学)の学位論文として合格と認める。