

# 学 位 論 文 の 要 旨

文書画像処理装置への適用を目的とした高速・高画質を両立するデジタル画像処理に関する研究

Research on High-quality and High-speed Digital Image Processing for Document Image Processing Apparatus

氏 名 中村 敏明 印

現在、世の中に広く普及している文書画像処理装置として、イメージスキャナ、ファクシミリ、プリンタ、複写機、および、それらを融合したマルチファンクションプリンタがある。情報共有を目的とした既存文書の電子情報化の推進や、デスクトップ・パブリッシングによる文書作成の一般化により、文書画像処理装置の需要は増加の一途を辿っており、世界的に大きな市場を形成している。文書画像処理装置はビジネス分野での利用が多く、パーソナルコンピュータの処理能力の進歩に合わせ、更なる処理能力と処理速度の向上が強く望まれている。そのため、文書画像処理装置に適用する画像処理は、ハードウェアで実現して装置に搭載することが必要不可欠な条件となっている。

本研究の目的は、ファクシミリの読み取り系と、カラーレーザープリンタの記録系の画像処理における課題を抽出し、その課題を解決するため、ハードウェア化に適した高速な画像処理方式を研究開発することである。そして、上記研究成果を搭載した文書画像処理装置を広く社会に提供することである。そのため、画像処理における課題に加え、製品適用に向け画像処理 LSI として装置に搭載することを前提に、デジタル回路化に適した画像処理方式であることを、もう一つの研究課題とした。

本論文は 8 章から構成されており、以下に各章の概要を記す。

第 1 章では、本研究の背景と目的について論じる。文書の電子情報化の流れに乗り、マルチファンクションプリンタを中心に文書画像処理装置の市場は世界的に成長を続けており、この分野に関する研究のニーズは高い。本研究では、ファクシミリとカラーレーザープリンタ

における画像処理上の課題を研究対象とし、製品に LSI として実装するためにデジタル回路で実現する高速な画像処理方式の研究開発を目的とする。

第 2 章では、文書画像処理装置を構成する画像処理機能の概要と、本研究の具体的な課題について論じる。最初に、イメージスキャナ、ファクシミリ、カラーレーザプリンタ、マルチファンクションプリンタの画像処理の動作概要を説明する。次に、本研究で取り組んだ課題として、文書画像を 2 値化した際に生じるモアレ、ノッチの発生、そしてカラーレーザプリンタでの色補正の処理時間、印刷した際に生じる色ずれ、不鮮明なエッジ画像について記す。また、本研究の成果を文書画像処理装置に適用するための製品化での課題を記す。

第 3 章では、網点画像を 2 値化する際に生じるモアレを抑圧し、かつ文字を鮮明に出力するモアレ抑圧エッジ強調フィルタの研究について論じる。最初に、従来のエッジ強調フィルタによるモアレの発生原因を明らかにする。次に、主走査、副走査方向の空間周波数で高い振幅利得を示し、斜め方向の空間周波数で低い振幅利得を示すフィルタの実現方法を記す。そして、誤差拡散 2 値化出力において、網点領域のモアレを抑圧し、鮮明な文字出力が得られることを示す。

第 4 章では、文書画像の 2 値化の際に、文字や細線などの水平、垂直エッジに生じるノッチの除去を目的としたエッジ検出ノッチ除去 2 値化について論じる。最初に、文書画像中の水平、垂直エッジを検出する。次に、エッジ部分の画素において、1 画素前の 2 値化出力と同じ 2 値化結果連続しやすいように 2 値化しきい値を制御することでノッチの生じない 2 値出力が得られることを記す。そして、単純 2 値化出力において、水平、垂直エッジ部のノッチの発生を大幅に抑制した画像出力が得られることを示す。

第 5 章では、入力画像データ (RGB 値) を補正し、プリンタの色再現特性を改善するための色補正を高速化する色情報判別色補正について論じる。ルックアップテーブルと補間演算回路を組み合わせ、画像圧縮後の色データに対する色補正処理をハードウェア化した。さらに、元の色情報に応じて補間演算を省略する機能を加えたことで、色補正処理時間を大幅に短縮できることを示す。

第 6 章では、カラーレーザプリンタの色ずれを低減する像域分離 UCR について論じる。文

書画像を1画素単位に黒エッジか否かを判別し、黒エッジの画素は、処理の対象となる画素と隣接する画素の色情報からUCR処理を行う。それ以外の画素には、従来からの単一画素の色情報からUCRを行う方式を適用する。印刷結果において、黒エッジ部で顕著に目立つ色ずれを大幅に低減できることを示す。

第7章では、カラーレーザープリンタの出力画像において、高階調と高精細を両立する像域別多値ディザについて論じる。最初に、入力画像に対して1画素毎に、エッジ部、エッジ隣接部、およびそれ以外の像域に判別する。次に、エッジ部には濃度パターン型、エッジ隣接部にはドット分散型、それ以外の領域にはドット集中型の多値ディザを適用する。印刷結果において文字・線画領域の高解像度化と絵柄領域の高階調化を両立できることを示す。

第8章では、本論文を総括するとともに、本研究における今後の課題と、更なる展開について論じる。

# Research on High-quality and High-speed Digital Image Processing for Document Image Processing Apparatus

Toshiaki Nakamura

Currently some kinds of document image processing apparatus such as image scanner, facsimile, printer, copier and multifunction printer which integrates with them are in widespread use in the world. Due to the promotion of digitization of existing documents for information sharing and popularization of desktop publishing, the demand for the document image processing apparatus consistently increases and forms a worldwide big market. Since the document image processing apparatus is mostly used for a business purpose, it is strongly expected to provide further processing capacity and transaction speed. Therefore the image processing carried out in the document image processing apparatus should be implemented in onboard hardware.

The purpose of this study is to address the problem about the image processing in the reading system of the facsimile and the record system of the color laser printer and to develop high-speed image processing methods suitable for hardware implementation. The final goal of this study is to offer document image processing apparatus equipped with the research deliverables widely to society. To this end, the author developed image processing algorithms suitable for implementation in digital circuits and incorporated them into image processing LSIs designed for products on the market.

This thesis consists of eight chapters. The following is the summary of each chapter.

In Chapter 1, the background and the purpose of the study are described. The worldwide market of the document image processing apparatus, specially of multi-function printer, continues growing up with the trend of electronic computerization of the documents. Thus the needs for the research in this field is consistently high. This thesis deals with the problems around the image processing in facsimile and color laser printer. The aim of the research is to develop high-speed image processing methods which can be easily realized by digital circuit and implemented as LSI for a product.

In Chapter 2, the outline of the image processing functions which constitute a document image processing apparatus and related problems are explained. First, the inner process of image scanner, facsimile, color laser printer, multi-function printer are described. Then, the problems about moire and notch arising from binarization, color gap appeared on printed result, the processing time of the color correction and indistinct edge image are described. In addition, the problems to be addressed for

practical application of the study results to document image processing apparatus are also described.

In Chapter 3, using moire-suppression edge-enhancement filter is proposed. This filter suppresses moire appeared on binarized dot image while it enhances edge of letter image. First, the cause of the moire yielded by the conventional edge enhancement filter is clarified. Next, design of the filter which indicates high amplitude gain along with the horizontal and vertical axes in the spatial frequency domain while low amplitude gain along with the slant direction will be shown. This filter effectively suppress the moire of dot image and enhances the clearness of the letter binarized by an error diffusion method.

In Chapter 4, a simple binarization method called edge-detection notches-removal binarization is proposed. This method reduces the notches arising from the horizontal and vertical edges of letters or thin lines in a binarized document image. In this method, horizontal and vertical edges of document image are detected at first. Then, the binary output of each pixel in the detected edge part is decided by using the binarization threshold controlled so that the same binary output are easy to continue. It is shown that the notches at the horizontal and vertical edge in the output image of this method are remarkably reduced.

In Chapter 5, a method of color correction with color information discrimination is proposed. This method aims to speed up color correction, which corrects input image data (RGB level) and improves color reproducibility of the printer. In this method, interpolation arithmetic circuit is combined with look-up table and the color correction hardware for color data after the image compression is developed. It is shown that this method can reduce the color correction time furthermore by adding a function to bypass the interpolation operation depending on the original color information.

In Chapter 6, a method of UCR with image area separation is proposed. This method aims to reduce a color skid of the color laser beam printer. First, It is decided whether the target pixel is a black edge or not. When the pixel is on the black edge, UCR from the color information of target pixel is carried out and then the process proceeds to the next pixel. When the pixel is not on the black edge, conventional UCR from the color information of the single pixel is carried out. It is shown that this method can largely reduce the color skid which is outstanding conspicuously in a black edge part.

In Chapter 7, a method of multiple-valued dithering according to the image area is developed. This method aims to balance high definition with high gradation reproduction in an output image of color laser beam printer. In this method, each pixel in the input image is discriminated in an edge part, a next edge part and the image

part except them. Then, one of the three types of dithering method, density pattern, dot dispersion and dot concentration, is applied according to the result of discrimination. It is shown by some printing outputs that the method able to cope with the high definition in letter area and the high gradation reproduction in natural image area.

In Chapter 8, Summary of this thesis is described and forthcoming challenges in this study and further development are discussed.