

2-D 필터의 실시간 설치

83323

이 상 옥
서울대학교 공과대학 제어계측공학과

Real-Time Implementation of 2-D Filter

Sang Uk Lee

Dept. of Control and Instrumentation Eng. Seoul National University

ABSTRACT

This short paper describes an algorithm for performing two-dimensional convolution with a minimum amount of hardware using the concept of singular value decomposition (SVD) and small generating Kernel (SGK) convolution. The SVD of an impulse response of a 2-D FIR filter is employed to decompose a filter into a sum of 2-D separable linear operators. These linear operators are themselves decomposed into a sequence of SGK convolution operators. Results are assessed in an image processing context.

1. 서론

지금까지 많은 영상처리(image processing) 기법이 소개되어 있으나 대부분의 영상처리 기법은 FIR 필터에 의한 필터링을 필요로 하고 있다. Blur나 잡음의 영향을 줄이 영상의 화질은 높이는 restoration/enhancement나 edge등 영상이해 및 인식에 필요한 영상 feature를 얻는데 최적의 필터링이 기본 처리 기법이다. 2-D 필터링은 2-D 컨볼루션(convolution)을 설치(implementation)하는 것을 의미한다. 설치란 소프트웨어, 즉 컴퓨터 프로그램이나, 하드웨어에 의해 신호처리 알고리즘을 푸는 것을 의미한다.

지금까지 영상처리에서는 2-D 컨볼루션을 대형 또는 중형 컴퓨터에 의한 프로그램에 의해 설치되어 있으나 항상 막대한 계산량이 문제였다. 왜냐하면 영상은 2-D 신호이며 또한 고해상도를 위하여 크기가, 예를들면 1024x1024, 영상이 보편화되어 있어 2-D 컨볼루션은 엄청난 계산량을 요구하고 있기 때문이다. 그러나 최근 VLSI 기술은 이용한 고속 신호 처리용 디지털 소자가 값싸게 공급되어 하드웨어에 의한 2-D 컨볼루션을 경제적으로 설치 가능하게 되었다 (1). 또한 하드웨어에 의한 2-D 컨볼루션 설치는 실시간(real-time) 동작이 가능하다는 특징이 있다. 그러므로 최소의 하드웨어로써 실시간 2-D 컨볼루션이 가능한 알고리즘 개발이 필요하게 되었다. 그러므로 본 글에서는 이런 목적으로 개발된 순차(sequential) 컨볼루션 기법에 대해 고찰하려고 한다.

2. 순차 컨볼루션 기법

순차 컨볼루션은 LxL 필터를 여러개의 크기가 작은 필터로 분해(decompose)하여, 크기가 작은 필터로 여러번 반복 컨볼루션하는 필터링 기법이다. 크기가 작은 필터를 SGK(Small Generating Kernel) 필터라고 부르며, 보통 사용하는 크기는 3x3 또는 3x1이다.

$$\begin{array}{c}
 \text{XXXXX} \\
 \text{XXXXX} \quad \text{XXX} \quad \text{XXX} \\
 \text{XXXXX} = \text{XXX} * \text{XXX} \\
 \text{XXXXX} \quad \text{XXX} \quad \text{XXX} \\
 \text{XXXXX}
 \end{array}$$

그림 1. 2개의 3x3 SGK 필터 컨볼루션

그림 1에 보인 것과 같이 3x3 SGK 필터를 다섯 3x3 SGK 필터로 컨볼루션하면 5x5 필터가 된다. 이와같이 순차적으로 3x3 SGK 필터로 컨볼루션시키 나가 원하는 출력 영상을 얻는다. 더 부연하면 (2P+1)x(2P+1) SGK 필터를 Q번 컨볼루션하면, (2PQ+1)x(2PQ+1) 필터로 컨볼루션시킨 결과와 같은 것이다. 이런 순차 컨볼루션 기법은 하드웨어에 의한 설치시 유리한 점이 많다. 일반적으로 하드웨어의 가격과 복잡성은 필터의 크기에 비례한다.

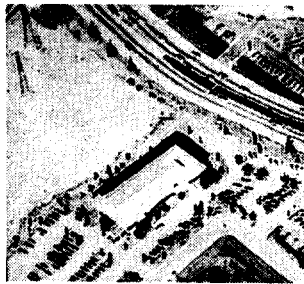
그러나 3x3 SGK 필터를 이용한 순차 컨볼루션 기법은 3x3 SGK 필터 하드웨어만 필요하다(그림 2참조). 왜냐하면 매번 컨볼루션할 때마다 필터의 계수만 바뀌어지기 때문이다. 그러나 문제는 어떻게 LxL 필터를 Q개의 3x3 SGK 필터로 분해 하느냐에 있다. 1-D

5에 보였다. 사용한 영상의 크기는 256×256 이고 2-D FIR 필터의 크기는 15×15 이다. 2-D FIR 필터의 주파수 특성을 그림6에 보였다. 2-D FIR 필터를 특성치 분해하여 $K=4$ 로 하였다. 이때 H 와 \hat{H} 의 NMSE (normalized mean square error)는 0.87% 였다. 그림5에서 i)는 입력영상 ii)는 15×15 대역 필터로 직접 컨버루션해서 얻은 영상이고 iii)는 SVD/SGK ($K=4$) 순차 컨버루션으로 얻은 영상이다. 이때 영상 ii)와 iii)의 NMSE는 1% 미만이었다. 영상 iv)는 영상 ii)와 iii)의 차에다 상수 140을 곱해서 얻었다.



iv)

그림5. SVD/SGK 순차 컨버루션 이용한 영상 처리의 예



i)



ii)



iii)

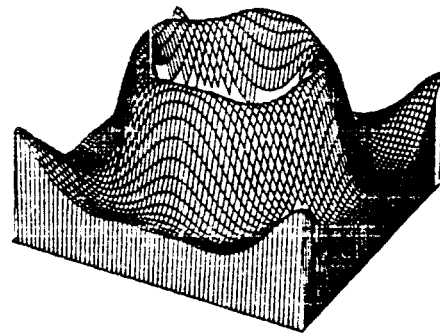


그림6. 선형에 사용한 15×15 대역 필터의 주파수 특성

5. 결론

SVD/SGK 순차 기법으로써 2-D FIR의 컨버루션을 실기 하는 문제를 고찰하였다. SVD/SGK 순차 기법은 최초의 하워드웨어로서 2-D 컨버루션을 실시간에서 설치할 수 있다는 데 그 목적이 있다. 최근 VLSI 기술의 눈부신 발달에 힘입어 배용기 및 DSP(Digital Signal Processor)가 많이 소개되어 있으므로 이 기법은 "User-interactive" 영상처리 시스템에 쉽게 적용할 수 있다. 그러나 고정 숫자점 연산시 발생하는 FWL(finite-word-length)의 영향이나 cascade 구조 설치시, 각 SGK 필터의 순서(ordering) 문제 등은 실제 활용에 앞서 해결되어야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 1 W.K. Pratt, "An intelligent image processing display terminal," Proc. SPIE Tech. Symp., San Diego, Calif., vol.27, August 1979.
- 2 A.V. Oppenheim and R.W. Schaffer, Digital Signal Processing. Prentice-Hall, New Jersey, 1975

- 3 J.F. Abramatic and O.D. Faugeras, "Sequential convolution techniques for image flttering, IEEE Trans. ASSP, vol. ASSP-30, no. 1, pp.1-10, Feb. 1982.
- 4 P. Lancaster, Theory of Matrices. Academic Press, New York, 1969.
- 5 W.K. Pratt, Digital Image Processing. Wiley-Interscience, New York, 1978.
- 6 S.U. Lee and J.F. Abramatic, "Singular value decomposition of images, Proc. IEEE ICASSP, pp. 749-752, April 1980. ***