

MAD 순서통계량을 이용한 웨이블릿 변환기반 다중영상의 영상융합 및 JPEG2000 보드 구현

이 철*

Implementation of Wavelet Transform based Image Fusion and JPEG2000 using MAD Order Statistics for Multi-Image

Cheol Lee*

Department of Control & Instrumentation Engineering Kwangwoon University, Seoul 139-701, Korea

요 약

본 논문에서는 서로 다른 감지장치로부터 획득한, 특성이 상이한 다중영상인 가시광선 영상과 적외선 영상의 까다로운 영상융합을 수행할 수 있는 웨이블릿 기반 MAD순서통계량을 논의한다. 상이한 두 영상의 효과적인 영상융합을 위하여 근사부분대역의 웨이블릿 계수에 가중평균(Weighted average)법으로 융합처리하고 상세 부분대역의 웨이블릿 계수에 중앙절대편차(MAD: Median Absolute Deviation)를 이용한 임계값을 비교하여 두 영상의 장점만을 표현하는 방법을 제안한다. 특히 기존의 융합규칙들은 두 영상간의 화소나 지표 값의 대·소 관계에 의해 융합 영상이 이루어짐으로써 왜곡요소가 융합영상에 포함되어 왜곡된 융합영상을 얻을 가능성이 높다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 제안 방법의 임계값은 잡음과 같은 왜곡요소를 배제하고 영상의 통계량을 고려하여 설정하였다. 다양한 다중영상을 기존 영상 융합 방법들과 비교하여 제안한 영상융합 방법의 우수성을 종합적 실험결과를 통하여 확인할 수 있었다. 제안된 방법은 실시간처리를 보장하기 위하여 DSP와 FPGA를 이용한 하드웨어로 구현하였으며 Xilinx FPGA를 사용하였다.

ABSTRACT

This paper is proposed a wavelet-based the order statistics MAD(Median Absolute Deviation) method of image fusion of Multi-image contaminated with visible image and infrared image. also The method of compared and defined the threshold the wavelet coefficients using MAD of the wavelet coefficients of the detail subbands was proposed to effectively fusion which of selected the high quality image of the two images. The existed fusion rule may be possible to get the distorted fusion image especially by the distortion in the relation between the pixel and indicator of two images in the existed fusion rules. In order to complement the disadvantage, the threshold of the proposed method sets up the image statistic and excludes the distortion. The hardware design is used FPGA of Xilinx and DSP system for the image fusion and compressed encoding of the proposed algorithm. Therefore the proposed method is totally verified by comparing with the several other multi-image and the proposed image fusion.

키워드 : 영상정합, 영상융합, 웨이블릿 변환, 중앙절대편차, 순서통계량

Key word : Image registration, Image fusion, Wavelet transform, Median Absolute Deviation, Order statistic

접수일자 : 2013. 09. 23 심사완료일자 : 2013. 10. 08 게재확정일자 : 2013. 10. 21

* **Corresponding Author** Cheol Lee(E-mail:cdobub@Emapl.com, Tel:+82-02-940-5289)

Department of Control & Instrumentation Engineering, Kwangwoon University, Seoul 139-701, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkice.2013.17.11.2636>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

최근 정보통신 기술의 급속한 발달로 영상, 음성, 문자 등의 다양한 멀티미디어 데이터에 대한 획득, 전송, 저장이 매우 간편해 졌다. 또한 광학 센서 등의 감지장치의 발달로 영상 합성에 대한 관심이 늘어나고 있다. 아직 영상의 합성은 일반 분야 보다는 군사, 의료, 탐사 등 전문 분야에서 연구가 활발히 진행되고 있는 것이 사실이나 조마간 합성기술의 발달과 인식의 확대로 일반분야의 확산도 멀지 않았다[1]. 영상의 합성은 영상융합 기술로써 두 개 또는 그 이상의 영상을 상호 보완적인 영상정보로 융합하여 물체인식 및 추적시스템의 신뢰성 및 정확성을 높이는데 이용하는 기법으로 하나의 우수한 영상으로 조합·합성하는 기술이다. 일반적으로 다중영상의 영상융합은 영상 압축·부호화의 전처리과정으로 종합적인 처리단계가 요구된다. 전처리과정은 3 단계 과정으로 분리가능하다. 첫 번째 단계는 영상의 성능개선을 위한 화질개선(Image Enhancement) 단계, 두 번째 단계는 영상정합(Image Registration)[2] 그리고 세 번째 단계는 영상융합(Image Fusion) 으로 구성되어 있다. 본 논문은 3단계 영상처리과정 중, 영상융합 알고리즘을 연구 하였다. 과거에는 동일 카메라로 획득한 다중영상을 하나의 영상으로 합치는 기본적인 전처리과정을 통칭해서 영상융합이라 하였으나 최근 영상 획득 장치의 발달로 서로 다른 영상특성을 갖는 것이 일반적이다[3]. 이러한 영상의 다양성과 복잡성 그리고 멀티미디어의 발달에 따른 영상 고품질의 요구는 영상 전처리과정의 각 처리 단계의 활발한 독립적 연구를 가능하게 하였다. 특히 본 논문에서는 가시광선 영상(E0: Visible image)과 적외선 영상(IR: Infrared image)과 같이 서로 상이한 다중영상의 영상특성을 고려하여 영상 융합 알고리즘을 제안하였다. 지금까지 사용된 융합규칙들은 화소 값들의 절대 값을 비교하거나 혹은 평균 또는 분산 등과 같은 지표를 단순 비교하여 그 크기에 따라 융합영상을 대체하였다. 이 경우 서로 비슷한 영역임에도 불구하고 단지 수치적 차이만으로 한 영상이 선택됨으로 다른 영상이 배제되는 경향이 있고 또한 잡음이 포함된 영역이 잡음으로 제거되어 배제되지 않고 단순수치비교에 의해 융합영상에 선택됨으로써 왜곡된 융합영상을 얻을 가능성이 높다[4]. 이러한 이유에서 본 논문에서는 웨이블릿 변환기반으로 두 영상을 다중해

상도 분해하여 저주파영역(LL)인 근사대역의 융합은 가중평균(Weighted average)법으로 융합처리하고 고주파영역(LH, HL, HH)인 상세대역의 융합은 중앙절대편차(MAD: Median Absolute Deviation)를 통해 산출된 임계값을 사용하여 각 영역별 통계적 순서를 결정하여 융합영역을 선택하는 순서통계량을 융합규칙으로 영상 융합을 수행한다.

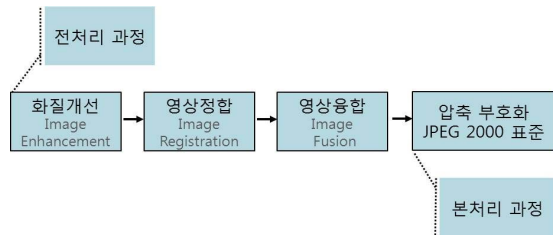


그림 1. 다중 영상 처리과정
Fig. 1 Procedure of the Multi-Image process

본 논문에서 사용된 임계값기반 순서통계량은 두 영상의 부분대역 영상간의 임계값 순위를 통하여 하나의 부분영상의 임계값이 다른 부분영상의 임계값보다 통계적으로 우수하다고 판단되는 경우 우수한 영상의 화소를 융합영상의 화소로 대체한다. 영상융합의 성능평가를 위하여 필요한 전처리 과정의 화질개선은 범용방법인 밝기 값, 잡음제거 등으로 영상정합은 정규상호정보(NMI: Normalized Mutual Information)[2]를 사용하였으며 이후 본 처리과정의 압축·부호화 과정은 JPEG2000표준[5]하드웨어 보드를 구현하여 실험하였다. 본 논문에서 구현된 보드는 항공촬영을 목적으로 획득된 다중영상을 전 처리과정과 본 처리과정으로 실시간 처리 가능하도록 DSP와 FPGA를 이용하여 하드웨어로 구현하였다. 본 논문의 구성은 제 1장에서는 논문의 배경과 목적 그리고 제 2장에서는 기존의 영상융합 방법을 소개하고 필요한 이론을 논의하며 제 3장에서는 제안된 영상융합 알고리즘인 MAD를 통해 임계값을 계산하고 임계값에 따라 통계적 순서를 결정하여 융합영역을 선택하는 순서통계량을 융합규칙으로 영상융합을 제안한다. 제 4장에서는 구현된 보드의 하드웨어 구조와 실험환경 그리고 제 5장에서는 제안된 영상융합 방법의 성능을 평가하기위해 기존의 영상융합 방법들간의 가시적이고 정량적인 비교를 하고 제 6장에서 결론과 향후 연구에 대해 논의한다.

II. 본 론

2.1. 이산 웨이블릿 변환

웨이블릿 변환은 기저 함수(Basis Function)들의 집합에 의한 신호 분석의 한 방법으로 임의의 함수는 시간과 주파수 영역에서 동시에 국부성을 갖는 웨이블릿 기저 함수의 선형 결합으로 나타낼 수 있다[6]. 일반적으로, 이산 웨이블릿 변환은 부 웨이블릿(Father Wavelet) 또는 스케일링 함수(Scaling Function) $\phi(t)$ 와 모 웨이블릿(Mother Wavelet) $\psi(t)$ 을 사용하는데, 두 함수는 다음과 같다.

$$\phi(t) = \sum_k h(k) \sqrt{2} \phi(2t - k) \quad (1)$$

$$\psi(t) = \sum_k g(k) \sqrt{2} \phi(2t - k) \quad (2)$$

여기서, $h(n)$ 는 저주파 통과 필터이고, $g(n)$ 는 고주파 통과 필터를 의미 한다.

부 웨이블릿은 저주파 통과 필터 $h(n)$ 을 결정하면 그에 따라 식 (1)처럼 정의될 수 있고, 고주파 통과 필터 계수를 $g(n) = (-1)^n h(L-n-1)$ 이라 정의하면 모 웨이블릿은 식 (2)를 만족하는 함수가 된다. 모 웨이블릿이 결정되면 $\psi_{j,k}(t)$ 을 팽창, 천이함으로써 얻어진 $L^2(R)$ 의 정규 직교(Orthogonal) 웨이블릿 기저 $\psi_{j,k}(t)$ 는 식(3)과 같으며 급수로표현하면 식(4)와 같다.

$$\psi_{j,k}(t) = 2^{j/2} \psi(2^j t - k) \quad (j, k \in Z) \quad (3)$$

$$f(t) = \sum_{j,k} a_{j,k} \psi_{j,k}(t) \quad (4)$$

여기서, 2 차원 계수들의 집합 $a_{j,k}$ 를 $f(t)$ 의 DWT라 하며, 내적을 사용하여 계산 할 수 있다. $f(t)$ 는 DWT의 역함수이다.

$$a_{j,k} = \langle f(t), \psi_{j,k}(t) \rangle = \int f(t) \psi_{j,k}(t) dt \quad (5)$$

영상의 웨이블릿 변환은 QMF를 통해 얻을 수 있고 그 결과 여러 개의 다중해상도 부대역(Multi-resolution subband) 영상들로 나누어진다.

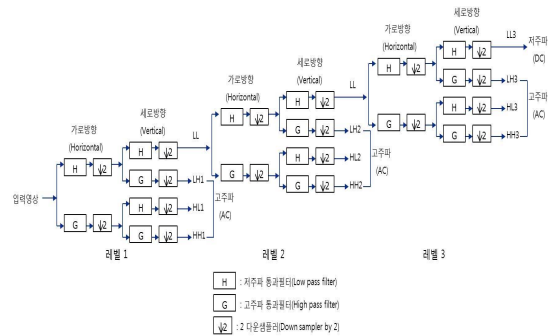


그림 2. 2차원 영상의 웨이블릿 3레벨 분해
Fig. 2 The wavelet 3-level resolution of 2D image

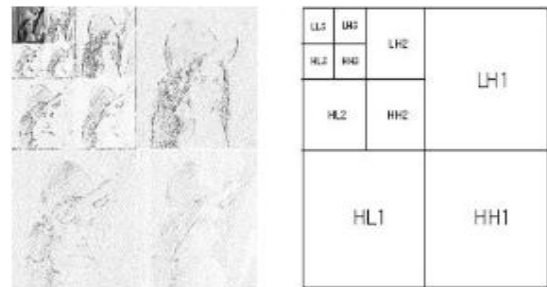


그림 3. 3 레벨 분해 Lena 영상과 3 레벨 분해도
Fig. 3 3-level resolution of Lena and resolution diagram

그림 2는 2차원 이산 웨이블릿 변환을 이용한 영상 3-레벨 분해 과정을 보여준다. 이 2차원 이산 웨이블릿 변환의 영상분해 과정은 H(저역통과필터)와 G(고역통과필터)를 이용하여 원 영상을 가로방향 변환후 다운샘플링 ($\downarrow 2$)을 수행하고 이를 다시 세로방향 변환하여 다시 다운방향($\downarrow 2$)을 수행하여 구현한다. 한 번의 분해과정으로 4개의 부대역 영상이 생기고 각 부대역 영상은 원 영상의 1/4크기를 가진다. 이 4개의 부대역은 대부분 에너지가 집중되어 있는 저주파 영상(LL)과 방향성을 가지는 수평성분 영상(HL), 수직 성분 영상(LH), 그리고 대각성분 영상(HH)으로 나뉘게 된다. 그림 3은 2차원 이산 웨이블릿 변환을 적용하여 Lena 영상의 3-레벨 분해한 것을 나타내고 있다.

2.2. 가중 평균법

영상융합에서 두 개의 영상을 융합하는 경우 $F_1(x, y)$ 와 $F_2(x, y)$ 를 화소(x, y)에서 영상 1과 영상 2의 각각의 화소 값이라 하고 $F(x, y)$ 를 화소(x, y)에서 융합영상

의 화소 값이라 하자. 가중평균법은 화소단위 융합방법 (pixel-level image fusion)으로 다음과 같이 두 영상의 화소간의 가중 평균을 취해 융합영상의 화소 값으로 대체하는 방법으로 다음 식(6)과 같이 두 영상의 화소 값에 가중치를 취하여 더하여 정의한다[7].

$$F(x, y) = \alpha_1 F_1(x, y) + \alpha_2 F_2(x, y) \text{ or } (6)$$

$$F(x, y) = \alpha_1 F_1(x, y) + (1 - \alpha_1) F_2(x, y)$$

여기서 α_1, α_2 는 가중치를 나타낸다.

2.3. 분산법

분산법(variance method)은 다음과 같이 두 부분영상의 분산을 비교해서 특징이 많은 부분을 융합영상으로 대체하는 방법이다. 식 (7)은 두 영상의 분산 값을 비교하여 분산 값이 큰 영역을 융합영상으로 선별하는 조건을 표현하고 있다. 그러나 이 분산법은 영상의 통계량이 변하더라도 분산에 의해 융합에 사용되는 영역이 결정되므로 영상 통계량에 따른 영상융합의 탄력적인 선별영역 선택이 불가능하여 통계량이 변하는 영상에서 우수한 영상융합을 보장 할 수 없다[4, 7].

$$F(x, y) = \begin{cases} F_1(x, y) & \text{if } \sigma_1^2(x, y) \geq \sigma_2^2(x, y) \\ F_2(x, y) & \text{if } \sigma_1^2(x, y) \leq \sigma_2^2(x, y) \end{cases} (7)$$

여기서 $\sigma_1^2(x, y)$ 과 $\sigma_2^2(x, y)$ 는 각각 영상 1과 영상 2에서 중심화상(x, y)인 부분영상의 분산들을 나타낸다.

2.4. 라플라시안 피라이드 법

라플라시안 피라이드(LP : Laplacian Pyramid)법은 웨이블릿 분해 대신 라플라시안 피라미드 분해를 사용하는 다중 해상도 영상융합 방법이다. 이 방법은 가우시안 필터(Gaussian Filter)를 처리한 영상을 다음 단계의 확대과정을 거쳐 얻은 영상과의 차이로부터 구한 라플라시안 피라미드 영상에 최댓값 규칙을 적용하여 얻는 방법이다[7, 8, 9]. LP 융합과정을 단계별로 표현 하면 단계별 과정은 다음과 같다.

- Reduce Operation - 영상을 Gaussian filtering 후 1/2 사이즈로 변환

- Expand Operation - 영상을 2배로 변환 후 Gaussian filtering
- Difference Operation - 두 영상(Reduce Operation, Expand Operation)을 차분한 영상
- Base Fusion Rule - 가중 평균법 사용
- Intermediate Fusion Rule - 상세대역인 차분영상을 최댓값 융합규칙 사용
- Combination Operation - 저주파수 성분의 근사대역 성분을 확대하고 상세대역을 최댓값 융합영상으로 한 웨이블릿 화면으로 합성

III. 제안 알고리즘

3.1. 전체 알고리즘

본 논문에서 제안한 영상융합 알고리즘은 기존 웨이블릿 변환기반에 MAD를 이용하여 통계적인 임계값의 순위를 결정하여 영상 통계량에 따라 영역을 선별하는 효과적인 영상융합기법을 제안한다. 본 논문에서는 웨이블릿 변환기반으로 두 영상을 다중해상도 분해하여 저주파 영역은 가중평균법으로 융합 처리하고 고주파영역인 상세대역의 융합은 MAD를 계산하여 산출된 각 영역별 계수의 임계값을 이용해 영상융합을 수행한다. 지금까지 통계와 분산 또는 가중치를 이용한 융합규칙들이 많이 제안되었으나 이러한 방법들은 측도를 단순 수치 비교하여 융합영상을 선별하므로 융합과정에서 중요한 영상이 배제될 수 있고 잡음의 영향으로 융합품질을 저하시키는 문제를 발생시킬 수 있다[10].

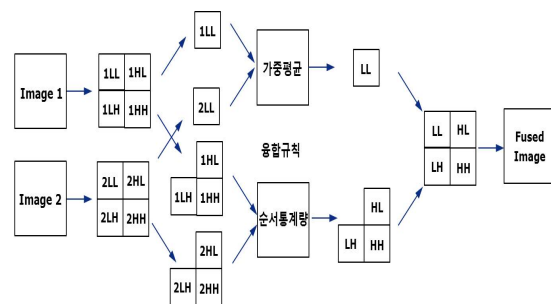


그림 4. 제안한 다중영상융합 과정
Fig. 4 Proposed Multi-Image fusion Procedure

이러한 이유에서 본 논문에서는 영상의 특징성분의 우수성을 선별하고 잡음을 제거하므로 융합품질를 개선할 수 있는 차별된 영상 융합방식을 제안 하였다. 일반적으로 영상의 특징성분인 모서리, 윤곽선 등에는 영상의 특징과 대부분의 잡음이 포함되어 있다. 본 논문에서 이러한 성분을 처리하기 위하여 웨이블릿 변환을 이용하여 특징성분을 표현하는 고주파 대역인 근사영역을 저주파 영역과 분리하여 제안방식을 적용하였으며 일반적인 밝기 값을 표현하는 저주파 대역은 기존 가중평균법을 사용하였다[10].

3.2. 임계값기반 순서통계량 영상융합규칙

영상융합에서 중요한 것은 융합하고자하는 영상의 특징을 감안하여 영상 간의 우수성을 비교할 수 있는 융합규칙을 선택하는 것이다. 본 논문에서는 영상융합에서 식(7)과 같은 영역별 분산 값을 단순 비교하는 문제점을 해결하기위해 영상의 통계량에 따라 임계값이 가변되는 MAD를 이용한 계수의 순서 통계량을 사용하는 영상융합을 제안한다. 영상의 통계 변화량은 영상의 품질을 표현하는 기준으로 일반적으로 분산이나 평균을 이용하여 임계값을 산출하여 구현된다. 하지만 이 방법은 영상의 통계량이 변하더라도 임계값이 일정하므로 영상의 품질이 저하될 수 있는 단점이 있다. 또한 표준편차를 이용할 경우 임계값의 커지므로 유효계수의 손상이 있을 수 있다. 이 문제를 해결하기 위하여 본 논문은 중앙절대편차를 영상의 통계량을 표현하는 임계값 산출에 사용한다. 각각의 상세 대역별 임계값을 구한 후 융합할 두 영상의 상세대역별 임계값을 비교하여 임계값의 크기에 따라 융합될 영상의 대역을 선택한다.

$$u = f + w \tag{8}$$

여기서 f 는 원 신호, w 는 잡음이고 u 는 잡음에 의해 손상된 영상신호이다. 잡음제거는 관찰된 u 로부터 f 를 복원하는 문제로 생각할 수 있다.

잡음으로 인해 식 (8)에서 정확한 f 를 복원하는 것은 불가능하다. 따라서 f 의 추정신호 또는 근사신호 \hat{f} 을 찾는 것이 합리적이다. 최적의 추정신호 \hat{f} 은 식 (9)의 신호 대 잡음비(SNR)를 최대화함으로써 얻을 수 있다.

$$SNR := -20\log_{10}\left(\frac{E(\|f - \hat{f}\|)}{E(\|f\|)}\right) \tag{9}$$

여기서, $E(\cdot)$ 는 기대값 연산자, $\frac{E(\|f - \hat{f}\|)}{E(\|f\|)}$ 은 정규화된 상대오차 이다.

웨이블릿 기반 중앙절대편차를 이용한 순서통계량 영상융합은 다음과 같이 3 단계의 구체적 절차로 설명할 수 있다.

[1단계] 잡음신호에 대하여 이산 웨이블릿 변환을 수행한다. 여기서 DWT는 이산웨이블릿 변환이고, $u = f + w$ 으로 f 는 원신호, w 는 잡음신호이다.

$$DWT(u) = W(u) \tag{10}$$

[2단계] 변환영역 계수들의 중앙절대편차를 구한다. 중앙절대편차를 이용 임계값 각 상세대역별로 구한 후 순서통계량에 따라 비교, 우수대역을 선별하여 영상융합 한다. 첫 번째 영상에서 부분영상의 계수 값을 X_1, X_2, \dots, X_m 라하고 두 번째 영상에서 부분영상의 계수 값을 Y_1, Y_2, \dots, Y_n 라 하자.

$$\begin{cases} \text{중심 계수의 평균값} & \text{if } \lambda(X_i) = \lambda(Y_j) \\ X_i : X\text{영역 중심계수} & \text{if } \lambda(X_i) > \lambda(Y_j) \\ Y_j : Y\text{영역 중심계수} & \text{if } \lambda(X_i) < \lambda(Y_j) \end{cases}$$

$$\begin{aligned} i &= 1, 2, \dots, m \\ j &= 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

(11)

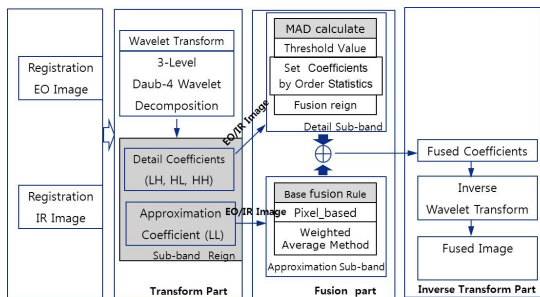


그림 5. 제안한 영상융합 시스템
Fig. 5 Proposed Image fusion system

[3단계] [2단계]에서 영상융합 된 계수를 역변환 한다. 여기서 \tilde{X} 는 융합된 계수들이다.

$$IDWT(\tilde{X}) = W^{-1}(\tilde{X}) \quad (12)$$

[2단계]의 중앙절대편차를 이용한 임계값 산출 방법을 자세히 알아보자. 본 논문에서 제안한 영상융합의 목표는 임계값 λ 를 결정하는 것이다. 범용임계값(universal threshold), $\lambda = \lambda^U$ 의 선택은 통계적 결과에 기반을 둔 것으로 식(13)과 같이 신호의 표준편차(또는 분산)와 관측된 신호 u 의 표본 크기(N)에 따라 결정된다.

$$\lambda = \lambda^U := \sqrt{2 \ln N} \hat{\sigma} \quad (13)$$

여기서 $\hat{\sigma}$ 는 신호의 표준편차 σ 에 대한 추정치이고, 이를 구하기 위해 다음 식(14)과 같은 중앙절대편차를 이용한 방법을 제안하였다.

$$\hat{\sigma} = \frac{MAD(|x_{k+1,j}|)_{1 \leq j \leq 2^{k+1}}}{0.6745} := \frac{Med(|x_{k+1,j} - \rho|)_{1 \leq j \leq 2^{k+1}}}{0.6745} \quad (14)$$

식(14)의 $Med(\cdot)$ 는 중간값 연산자이고, $\rho = Med(x_{k+1,j})_{1 \leq j \leq 2^{k+1}}$ 은 해상도 수준 $k+1$ 에서 얻어진 웨이블릿 계수의 중간값이다.

즉, 식(14)와 같이 최고 해상도 웨이블릿 변환 계수의 중앙절대편차를 계산하여 신호의 표준편차 $\hat{\sigma}$ 를 추정할 수 있고, 이를 식 (13)에 대입하여 범용 임계값 λ^U 를 얻을 수 있다.

IV. 구현보드의 하드웨어구성과 실험환경

4.1. 구현보드의 하드웨어 구성

가시광선 영상데이터처리는 획득 처리된 영상을 압축·부호화기와 적외선 영상데이터처리로 보내진다. 그리고 획득한 적외선 영상은 적외선 영상데이터 처리기에서 두 영상을 정·융합을 수행한 후 이를 압

축·부호화 저장 한다. 이러한 영상데이터 처리과정을 수행하고 압축·부호화 기능을 구현하기 위하여 융합 알고리즘과 JPEG2000 압축·부호화 표준 조건에 맞는 하드웨어를 설계하였다. 본 논문에서 구현된 하드웨어 보드는 PMC, PCI I/F, CPLD와 JPEG2000 하드웨어 엔진인 ADV212(JPEG2000 CODEC)로 구성하였다. 주 제어 보드인 PowerPC Embedded Board는 JPEG2000 압축 카드를 제어하기 위해 PCI 인터페이스를 적용하였고, 주 제어 보드의 PCI 인터페이스 기능은 그림6과 같이 PMC 연결 커넥터를 통해 PCI 32bit 데이터버스로 송수신하고, PCI Bridge 디바이스는 PCI9056을 통해 하드웨어 JPEG2000 엔진 디바이스에서 데이터 송수신하도록 구성하였다.

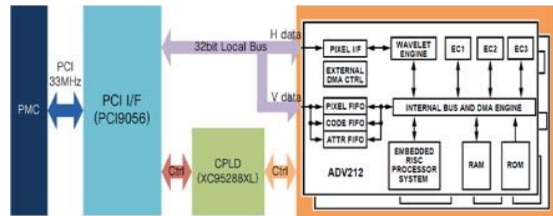


그림 6. H/W 보드 블록도
Fig. 6 Block-diagram of H/W Board

하드웨어보드는 엔진이 내장된 ADV212를 사용하여 설계하였고 JPEG2000 압축영상소스 처리의 해상도는 128x128에서 1024x1024까지의 정지영상 단일 컷을 JPEG2000 하드웨어 엔진 ADV212에서 단일 처리한다. ADV212 2개를 카드 내에 구성하여 두 영상을 각각 독립하여 동시 처리하도록 구성하였다.

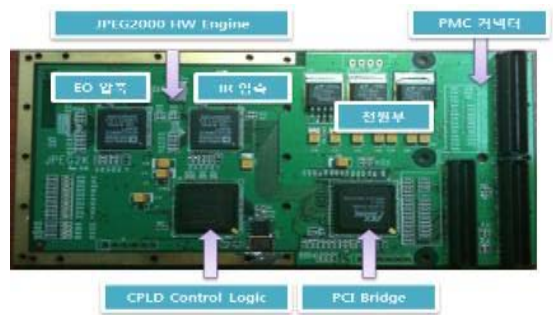


그림 7. H/W 보드 형상
Fig. 7 The Shape of H/W Board

JPEG2000 압축 기능을 구현하는 PowerPC CPU를 적용하여 Embedded Board를 설계 제작 하였다. 또한 하드웨어는 Add In PMC Card(PMC - PCI Mezzanine card)로 장착이 가능한 기능을 갖고 있다. JPEG2000 압축을 위한 주제어 기능을 상기의 보드에서 담당하고, Vxworks 실시간 운영체제에서 구동되도록 프로그램을 작성 구현하였다.

4.2. 구현보드 실험환경

압축·부호화를 수행하는 보드의 레벨, 양자화 스텝 사이즈 등의 파라미터 설정은 표 1과 같이 설정하였다. 구현보드의 실험환경은 촬영 영상 데이터를 압축·부호화 전송 처리하는 회로 카드를 통하여 JPEG2000 조건의 압축·부호화를 처리하는 과정을 설정하였다. 압축기 회로카드를 PC에 장착하고 Window용 Test Program을 작성하여 진행하였다.

실험보드의 기본 환경은 다음과 같다.

- 하드웨어환경 : PC (intel Core2 CPU E8400 @ 3.00GHz, 3.5GB RAM)
- OS환경 : WindowsXP
- 압축 프로그램 : 실험용 WindowXP Test Application
- 압축파일확인 프로그램 : kakadu show (version4.2.1)

표 1. H/W 보드 변수

Table. 1 The parameter of H/W Board

Parameter	Description
Image	Dam, Beach etc.
Tile Size	128×128 ~ 1024×1024
precision	12bit
Compress Ratio	2:1, 4:1, 9:1, 20:1
Number of Wavelet Transform Levels	level5, level3
Component Polarity	Unipolar
Code Block Size	128 × 32
Wavelet Kernel	Irreversible 9 × 5
JPEG2000 Progression Style	LRCP(Layer-Resolution-Component-Position)
Quantization Factor	256/256 factor (1x)
Quantization Step Siz	자동설정

V. 실험결과 및 분석

제안된 방식의 성능을 비교 분석하기 위하여 적외선 영상과 가시광선 영상을 제안한 방식과 가중 평균법 그리고 LP법을 적용하여 그림 8, 9 그리고 10을 통해 보여 준다. 실험결과 제안된 융합법칙을 적용한 결과가 더욱 정확하고 겹침이 없는 우수한 융합이 수행됨을 시각적으로 확인 할 수 있다. 특히 본 논문의 실험 대상이며 특성이 상이한 가시광선과 적외선 영상인 다중영상의 실험결과는 제안방식이 다른 융합방식에 비해 영상의 특징과 품질이 우수함을 보였으며 다중초점 영상 또한 제안된 융합방식이 두 물체의 선명도에서 우수함을 보이고 있다. 본 논문의 영상 실험에 사용된 표본영상은 256 × 256 해상도의 8비트 영상을 사용하였다. 실험에 사용된 그림 중 그림 8과 9는 최근 관심이 쏠리고 있는 국방분야의 항공촬영 영상인 가시광선 영상과 적외선 영상 2개와 다중초점 영상인 PCB 영상(data만 사용)과 페트병 영상 2개를 사용하였다.

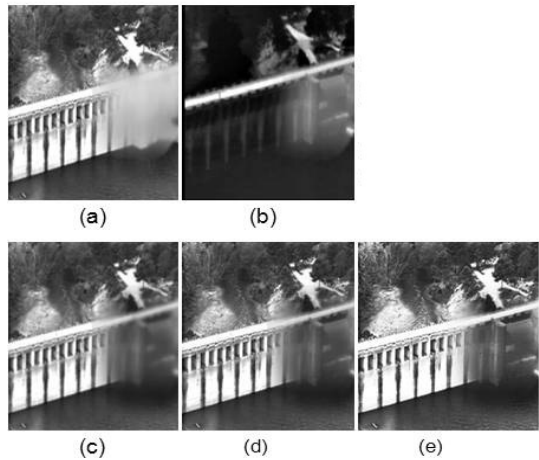


그림 8. '댐' 영상 (a) 가시광선영상 (b) 적외선영상 (c) 가중평균법 (d) 라플라시안 피라미드 법 (e) 제안방법
 Fig. 8 'DAM' Image (a) EO Image (b) UR Image (c) Weighted average (d) Laplacian Pyramid (e) Proposed method

또한 가중치는 $\alpha_1 = \alpha_2 = 1/2$ 로 선택 하였다. 정량적 실험은 4쌍의 실험영상 각각에 앞의 실험에 적용한 융합규칙을 적용하여 성능을 비교하였다. 성능비교는 PSNR(Peak-signal-to-noise ratio)과 평균 기율기(AG:

Average Gradient를 데이터로 산출하여 비교한다. 표2의 PSNR 분석 데이터는 융합 전 기준영상과 융합 후 영상의 영상품질 차이를 측정하는 지표로 값이 크면 클수록 영상 융합의 결과가 더 좋다는 것을 의미하며 달리 표현하면 식(15)과 같다.

$$PSNR = 20 \log_{10} \frac{2^n - 1}{\sqrt{MSE}} = 20 \log_{10} \frac{PEAK}{\sqrt{MSE}} \quad (15)$$

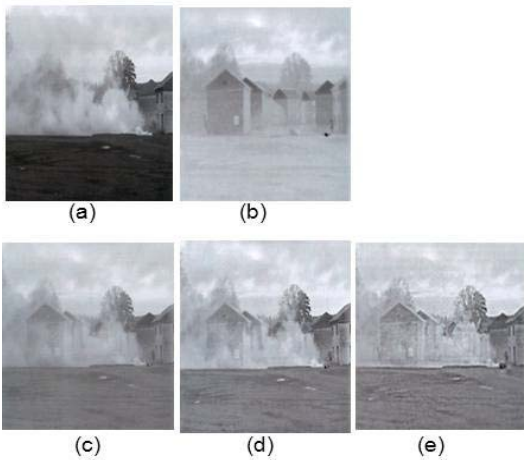


그림 9. '해안' 영상 (a) 가시광선영상 (b) 적외선영상 (c) 가중평균법 (d) 라플라시안 피라미드 법 (e) 제안방법
 Fig. 9 'Beach' Image (a) EO Image (b) IR Image (c) Weighted average (d) Laplacian Pyramid (e) Proposed method

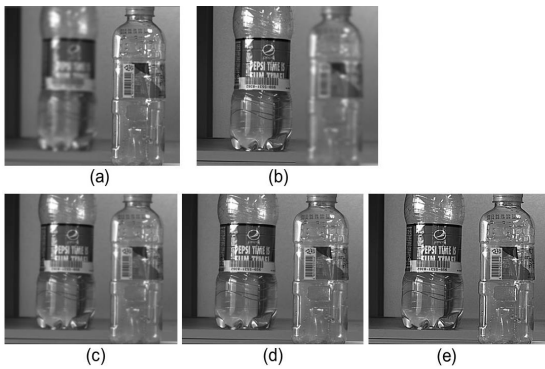


그림 10. '페트병' 영상 (a) 가시광선영상 (b) 적외선영상 (c) 가중평균법 (d) 라플라시안 피라미드 법 (e) 제안방법
 Fig. 10 'Pet bottle' Image (a) EO Image (b) IR Image (c) Weighted average (d) Laplacian Pyramid (e) Proposed method

여기서 $M \times N$ 크기 영상이며 사용된 RMSE(root mean square error)의 계산식은 식(16)과 같다.

$$\sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{1}{NM} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M [f(i,j) - g(i,j)]^2} \quad (16)$$

실험결과 PSNR 은 제안한 방식이 비교한 두 방식보다 융합성능이 우수함을 보였다. 또한 표2의 평균기울기 (AG) 데이터는 융합영상의 특징성분인 모서리, 윤곽선 등 영상에서 해상도를 표현하는 성분으로 값이 크면 해상도가 높다고 볼 수 있으며 식(17)로 표현한다.

$$AG = \frac{1}{(M-1) \times (N-1)} \sum_{x=1}^{M-1} \sum_{y=1}^{N-1} \sqrt{\left(\frac{\partial f(x,y)}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f(x,y)}{\partial y}\right)^2} / 2 \quad (17)$$

$f(x, y)$ 는 화소 (x, y) 에서 융합영상의 화소 값이다.

표2에서 보는 것처럼 제안된 방법이 LP법과 가중치 평균 방법보다 좋은 성능을 갖고 있음을 알 수 있다. LP 법은 제안된 방법과 비교하여 가시광선인 다중초점 영상의 융합에서는 비슷한 성능차이(0.08~0.15dB) 을 보였다. 그러나 본 논문의 실험 대상인 그림8, 9의 가시광선 영상과 적외선 영상 융합 시 제안된 방법에 비해 낮은 성능(약 2.3dB 이하)를 보였다.

표 2. PSNR과 AG 실험 결과 요약

Table. 2 Summery of PSNR & AG results

영상	융합방법	PSNR	AG
'담' 영상	가중평균	32.72	5.43
	LP	37.21	6.01
	제안방법	39.50	6.45
'해안' 영상	가중평균	33.12	5.73
	LP	36.23	5.89
	제안방법	39.33	6.23
'페트병' 영상	가중평균	37.21	5.94
	LP	41.23	6.72
	제안방법	41.15	6.94
'PCB' 영상	가중평균	37.70	5.80
	LP	40.77	6.51
	제안방법	40.62	6.55

VI. 결 론

본 논문은 웨이블릿 변환기반으로 두 영상을 다중해상도 분해하여 저주파 영역(LL)은 가중평균법으로 융합처리하고 고주파영역(LH, HL, HH)인 상세대역의 융합은 중앙절대편차(MAD)를 이용 각 영역별 계수의 임계값을 구하여 통계적 순서에 의한 순위를 비교하여 판단된 영역만을 융합 영상의 대체영역으로 선택하는 순서통계량을 적용하는 융합을 제안하였다. 또한 본 논문에서는 영상신호의 왜곡요소를 산출된 임계값을 사용하여 배재하므로 잡음에 대한 영상의 열화문제를 해결했다.

제안된 영상융합 방법의 성능을 비교 분석하기 위하여 4개의 영상을 실험대상으로 일반적인 융합방법인 가중 평균법, 최신 융합방법인 LP법 그리고 제안방법을 비교하였다.

실험결과 가중평균법은 제안방법보다 흐릿한 영상을 나타냈고 그리고 LP법은 영상의 종류에 따라 심한 편차를 보이는 반면에 제안된 방법은 시각적인 비교에서 뿐 만 아니라 정량적인 평가에서도 입력 영상의 종류와 상관없이 우수한 결과를 보였다. 제안된 영상융합 규칙은 적외선 영상과 가시광선 영상의 정합뿐만 아니라 레이더(SAR) 영상과 같이 또 다른 특성을 갖는 영상들과의 융합에서도 탁월한 성능을 가질 것이라고 기대한다.

REFERENCES

- [1] Barbara. Zitova, and Jan. Flusser, "Image Registration Methods: Survey" *Image and Vision Computing*, Vol. 21, Issue 11, pp. 977-1000, Oct. 2003.
- [2] B. Zitova, and J. Flusser, "Image Registration Methods" : A Survey, *Image and Vision Computing*, pp. 977-1000, Aug. 2003.
- [3] H. Ma, C. Jia, and S. Liu, "Multisource image fusion based on wavelet transform," *International Journal of Information Technology*, vol. 11, pp 81 - 91. Aug. 2005.
- [4] S. Arivazhagan, L. Ganesan, and T. G. Subash Kumar, "A modified statistical approach for image fusion using wavelet transform Signal," *Image and Video Processing*, vol. 3, pp. 137 - 144. Dec. 2009.
- [5] *JPEG2000 image coding system* ISO/IEC International Standard 15444-1. ITU Recommendation T.800. Dec. 2000.
- [6] C. Sidney Burrus, R. A. Gopinath, and Guo. Haital, *Introduction to Wavelets and Wavelet transform*, New Jersey : Prentice-Hall, 1998.
- [7] C. He, Q. Liu, H. Li, and H. Wang, "Multimodal medical image fusion based on IHS and PCA," *Procedia Engineering*, vol. 7, pp. 280 - 285, Fer. 2010.
- [8] P. J. Burt, and R. J. Kolezynski, "Enhanced image capture through fusion," in *Proceedings of 4th International Conference on Computer Vision*, pp. 173 - 182, Oct. 1993.
- [9] Y. Yang, D. S. Park, S. Huang, and N. Rao, "Medical image fusion via an effective wavelet-based approach," *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, Nev. 2010.
- [10] R. C. Gonzalez, and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Person Edition. Prentice Hall, 2009.



이 철(Cheol Lee)

1989년 2월 광운대학교 전자공학과 (공학사)
1990년 2월 광운대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
2002년 8월 광운대학교 대학원 제어계측공학과 박사수료
2004년 ~ 현재 (주)씨랩솔루션 대표이사
※관심분야 : 디지털 통신, 영상데이터 처리, 센서제어, 네트워크 통신