

Development of Thermal Image System Based Multi-Core Image Processor

Cha Jeong Woo[†] · Han Joon Hwan[†] · Park Chan^{††} · Kim Young Jin^{†††}

ABSTRACT

The thermal image system was widely used in the defence-related industry because of detect infrared light from the object without light. but, as the demand in the security system and automobile market increases, the civilian industry are expanding to the private sector. There are difficult to apply various requirement because of previous systems are based by FPGA, so it need new system that apply to various requirement. The proposed paper is thermal image processing system using common image processor. It has various requirement and scalable to support image input/output interface and device driver. If it is used to proposed system, it reduce development cost and period than previous system based FPGA. Because there has very high accessibility. In addition, it expect to have satisfaction of customer requirements, development cost, development period, release date of product.

Keywords : Thermal Image, Image Signal Processing, Multi-Core Image Processor, Thermal Image Signal Processing

멀티코어 이미지 프로세서 기반 열화상 이미지 시스템 개발

차 정 우[†] · 한 준 환[†] · 박 찬^{††} · 김 용 진^{†††}

요 약

열화상 시스템은 물체로부터 발산되는 적외선을 영상화하여 물체를 탐지하는 장점으로 인해 군수 분야에 많이 활용되었다. 그러나 Security 시스템과 자동차 시장에 수요가 증가함에 따라 민수 분야로 활용분야가 넓어지고 있다. 기존에는 대부분 FPGA 기반으로 열화상 열상 모듈을 개발하였지만 민수 분야에 다양한 요구사항 및 범용성에 유연한 대처가 힘든 실정이다. 따라서 다양한 요구사항과 범용성을 만족하기 위한 시스템의 필요성이 대두되었다. 본 논문에서는 멀티코어 이미지 프로세서를 이용한 열화상 영상 처리 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 기존 FPGA 기반 시스템이 아닌 멀티코어 이미지 프로세서를 사용함으로써 범용 영상 입출력 인터페이스 및 각종 디바이스를 지원함에 따라 다양한 요구사항과 범용성을 만족한다. 따라서 시스템 구축 시 뛰어난 접근성으로 인하여 시스템 추가/변경으로 인한 개발 비용 및 기간을 단축할 수 있다. 이러한 장점으로 다양한 고객 요구사항 만족, 개발 비용 및 시간 단축, 제품 출시일 등 다양한 이점을 얻을 것으로 기대한다.

키워드 : 열화상 이미지, 이미지 신호 처리, 멀티코어 이미지 프로세서, 열화상 영상 신호 처리 기법

1. 서 론

열화상 시스템은 물체로부터 발산되는 적외선을 영상화하는 시스템이다. 이와 같은 특징으로 CCD(Charge Coupled Device) 또는 CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor) 기반 영상 시스템으로 확인이 불가능한 사물을 식별함에 따라 열화상 영상 시스템은 다양한 군사 분야에 활용되었다[1]. 그러나 최근 열화상 관련 제품의 수요가 증가하고 핵심 부품인 열화상 센서의 가격이 낮아지고 성능이 향상됨으로써 군수 분야뿐만 아니라 민수 분야까지 활용도가 증가하고 있다[2, 3]. 활용 분야로는 차량의 나이트비전과 자율주행, Security 시

스템에 많이 활용된다. 현재 열화상 시스템의 민수 적용 범위는 고급 차종 및 특수 환경의 현장에서 활용이 되고 있다. 그러나 차량의 나이트비전의 시장범위가 2019년에는 210만대 수준으로 증가할 것으로 예상됨에 따라 관련 수요가 폭발적으로 증가될 것으로 예상된다[4]. 적외선 검출기는 외부에 냉각기를 보유하고 있는 냉각형 검출기와 냉각기 기능을 대신하는 열전소자를 탑재한 비냉각형 검출기로 구분한다[5]. 본 논문에서 사용하는 검출기로는 비냉각형 검출기를 사용한다. 비냉각 검출기의 특징은 외부 냉각기를 보유하고 있지 않기 때문에 비용, 크기, 전력소모 등 다양한 장점이 있다. 그러나 냉각기 기능이 존재하지 않아 영상 신호 처리에 추가적인 작업이 필요하다.

본 논문에서는 기존에 활용되고 있는 FPGA 기반 열화상 모듈의 장단점을 설명하고 단점 보완을 위한 상용 멀티코어 이미지 프로세서를 적용하여 기존의 시스템보다 효율적인 열화상 영상 처리 시스템을 제안한다. 제안한 시스템은 기존 시스템들에 비해 약 10%의 전력소모 감소와 20%의 크기 감소 등 시

[†] 정 회 원 : 한화시스템 전자광학연구소 전문연구원
^{††} 비 회 원 : 한화시스템 전자광학연구소 선임연구원
^{†††} 비 회 원 : 한화시스템 전자광학연구소 수석연구원

Manuscript Received : October 2, 2019

First Revision : November 5, 2019

Accepted : November 15, 2019

* Corresponding Author : Kim Young Jin(anorid.kim@hanwhasystems.com)

템 성능 향상을 보인다. 뿐만 아니라 제안된 열화상 영상 처리 시스템은 기존 시스템에 비해 범용 영상 입-출력 인터페이스, 관련 디바이스 지원을 통하여 뛰어난 접근성을 보인다.

2. 관련 연구

2.1 열화상 영상 신호 처리 기법

적외선 센서 열화상 영상 처리 기법은 크게 3가지로 구성된다. 첫째로 열화상 센서의 고정 패턴 노이즈를 제거하기 위한 NUC(Non Uniformity Correction), 비냉각 열화상 센서의 온도 변화에 따른 출력값을 보정해주기 위한 TEC (Thermal Electric Cooler)less, NUC와 TECless 후 대조비 개선을 위한 CEM(Contrast Enhancement Mapping)으로 구성된다.

모든 다차원 배열 검출기는 각 픽셀 엘리먼트 간의 기하학적인 차이나 전송 및 증폭 단의 이득의 차이로 고정적인 패턴이 나타나는데, 이를 고정 패턴 노이즈(Fixed Pattern Noise: FPN)라고 한다. 이러한 현상은 가시광 대역을 검출하는 CCD에 비해 적외선 검출기, 1차원 검출기에 비해 2차원 검출기, 냉각형 검출기에 비해 비냉각형 검출기에서 심하게 나타난다. 2차원 배열의 비냉각 검출기는 행과 열 단위로 처리하는 ROIC(Read-Out Integrated Circuit)의 특성상 수평과 수직방향으로 FPN이 발생하게 되는데, 이러한 영상의 불균일을 보상해주는 방식이 NUC이다. TEC-less는 검출기의 온도변화 및 시간에 따른 Drift 값을 보상해주는 알고리즘이며, 이는 열전소자가 없는 검출기에서 열전소자가 있을 경우를 감안하여 적용하는 역으로 보상하는 알고리즘이다[6].

2.2 이미지 신호 처리 프로세서

이미지 영상 신호 처리 프로세서는 CCD/CMOS 기반으로 이미지 처리가 가능하도록 설계가 되어 있다[7]. CCD/CMOS 센서에서 RAW 영상 데이터를 입력받아 이미지 처리 Block을 거쳐 표준 영상 출력 format으로 변환하여 출력한다. 범용 이미지 처리 프로세서에서 사용하는 기능들은 화소 데이터의 분포를 균등하게 재배치하여 명암 대비를 향상시키기 위한 Histogram 평활화, CCD/CMOS 센서에서 출력되는 화소 중 정상적으로 출력이 되지 않거나 생산과정에서 반응을 하지 않는 불량 화소들을 처리하기 위한 Dead Pixel Correction, 영상의 윤곽선에 대한 처리를 위한 Edge Enhancement, 저조도 혹은 신호레벨이 낮은 영상입력 시 발생할 수 있는 영상 노이즈에 대한 처리를 위한 Noise Filter, 빛의 세기로 동작하는 센서의 단점인 밝은 영상과 어두운 영상이 혼합해 있을 경우 식별 가능한 범위 비율을 조절하기 위한 Wide Dynamic Range, 출력 영상의 명암비를 조절하기 위한 Contrast, 출력 영상의 밝기를 조절하기 위한 Brightness로 구성된다.

현재 대부분의 시스템에 사용되고 있는 CCD/CMOS 센서의 이미지 처리 과정은 아래 Fig. 1과 같다. 우선적으로 RGB Bayer 패턴으로 구성된 입력 데이터를 입력받는다. 하드웨어 구조적으로 발생할 수 있는 CCD/CMOS 센서 데이터의 Dark Current를 조절하여 이미지의 Black 영역에 대한 보

상을 하는 Black Level Adjustment를 수행한다. 그 후 영상에 대한 잡음 및 노이즈를 제거하여 영상 데이터의 품질을 향상시킨다. 색상을 구현하기 위해 RGB 값에 대한 Gain 및 Offset을 조절하여 White Balance를 수행한다. Bayer 패턴을 RGB로 분리하는 CFA Interpolation을 수행하게 되면 기본적인 색상에 대한 처리가 끝나게 된다. 영상 출력 장치들에 최적화된 Gamma Curve를 적용하기 위한 Gamma Correction을 수행한다. RGB 데이터를 YCbCr로 변환하여 영상의 Edge 변화를 통해 선명도를 높이는 작업을 하고 데이터의 최대 밝기 값이 변화되는 것을 방지하기 위한 False Color Suppression 작업을 수행하고 밝기 및 명도를 조절하는 Contrast Enhancement를 수행하고 마지막으로 영상 출력에 적합한 사이즈로 조절하는 것을 마무리로 한다.

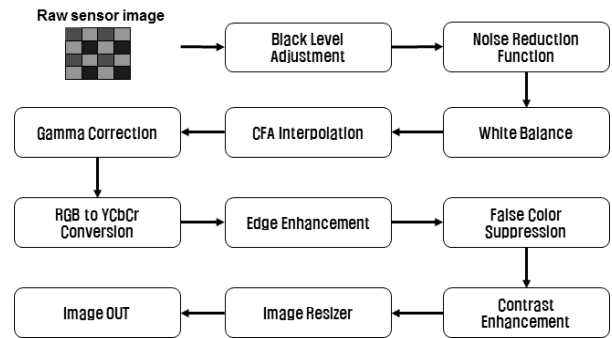


Fig. 1. CCD/CMOS Image Signal Process Sequence

2.3 FPGA 기반 열화상 영상 모듈

현재 대부분의 열화상 영상 모듈의 경우 FPGA 기반 프로세서를 사용하여 설계되고 제작된다. 자사의 열화상 영상 모듈 제품도 FPGA로 구성되어 있으며 현재 다양한 군사 분야에 활용되고 있다.

FPGA 기반 시스템 설계는 다양한 장점을 보유하고 있다. FPGA 기반 열화상 영상 모듈의 경우 요구사항에 최적화된 시스템을 구성할 수 있으며, FPGA 기반으로 시스템을 구성 시 원하는 시스템 구성에 맞춰 다양한 알고리즘을 최적화 할 수 있는 장점이 있는 반면 다양한 입력/출력 표준 인터페이스 및 각종 디바이스 지원이 부족한 단점이 있다. 그리고 새로운 시스템에 적용하거나 시스템 요구사항이 추가변경됨에 따라 Chip-set이 변경되면 기존 시스템의 재활용이 불가능하여 불필요한 개발비용 및 개발기간이 소요된다.

Fig. 2는 FPGA 기반 열화상 영상 모듈이고 Fig. 3은 내부 구조이다. 자사에서 개발된 FPGA 기반 열화상 영상 모듈의 경우도 위와 같은 문제점을 보유하고 있다[8].

이러한 FPGA 기반 시스템의 단점으로 인하여 상용 프로세서를 사용하여 문제점을 해결하고자 하는 시도가 이루어지고 있다[9]. 그러나 이와 같은 시스템의 경우 기존의 단점이 보완되지만 열화상 영상 처리를 위한 FPGA 프로세서를 사용한 상태에서 추가적으로 영상 출력 관련 프로세서를 사용함으로써 시스템 오버헤드가 증가하는 단점이 있다.

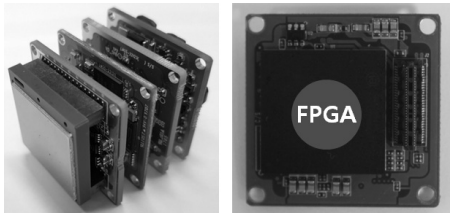


Fig. 2. Product based FPGA in Own Corporation

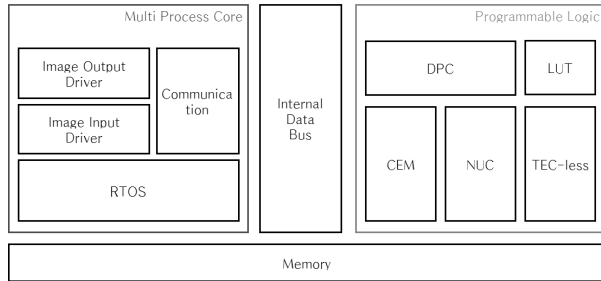


Fig. 3. FPGA System Structure in Own Corporation

3. 본 문

본 논문에서 제안하는 멀티코어 이미지 프로세서 기반 열화상 카메라 시스템은 기존의 FPGA 기반 프로세서를 사용하지 않고 상용 멀티코어 프로세서를 사용한다.

상용 이미지 프로세서의 경우 CCD/CMOS 기반 이미지를 처리 방식으로 내부 시스템이 Fig. 1과 같이 Black Level Adjustment, White Balance 등과 같은 RGB Pattern 기반 영상 데이터를 처리하도록 구성되어 있다. 그러나 열상 센서의 경우 열 에너지를 데이터로 환산한 값을 출력하기 때문에 이미지 생성을 수행하기 전에 2.1절의 열화상 영상 신호 처리 기법으로 선처리 후 이미지 생성을 수행하여야 한다. 따라서 이미지 처리 구조가 기존의 이미지 프로세서에서 수행하는 구조와 다르기 때문에 상용 이미지 프로세서에 적용하는 것이 힘든 실정이다. 제안한 시스템은 기존의 FPGA 기반 열화상 영상 신호 처리 기법을 적용하기 위해서 멀티프로세서를 사용하며 DSP core에 2.1절의 열화상 영상 신호 처리 알고리즘을 적용하고 열화상 센서에서 출력되는 열 데이터를 RGB 기반 이미지 데이터로 변환하기 위한 작업을 M4 core에서 수행한다. 그로 인해 기존의 이미지 프로세서에서 사용하는 이미지 처리 Block이 사용가능하다. 이미지 처리 Block을 CCD/CMOS 센서와 공용으로 활용이 가능하도록 설계함으로써 시스템 환경에 따라 선택적으로 CCD/CMOS 영상처리와 열화상 영상처리가 가능하다.

본 논문에서 제안한 시스템을 적용한 프로세서의 성능은 Table 1과 같다. 사용한 멀티코어 이미지 프로세서의 경우 열상 이미지 처리를 위한 2개의 DSP(Digital Signal Processor)와 시스템 및 기존의 이미지 처리를 위한 2개의 ARM M4 Core를 보유하고 있다.

제안한 시스템의 하드웨어 구성은 Fig. 4와 같다. 크게 3

Table 1. Performance of Proposed System

Item	Performance
Processor	2x ARM M4, 2x DSP
Input Interface	MIPI CSI-2, CPI
Output Interface	Analog(NTSC/PAL) Parallel 24bit Digital Output HDMI
External Port	MCAN, SPI, I2C, UART
Storage Device	MMC/SD/SDIO
Memory	LPDDR2

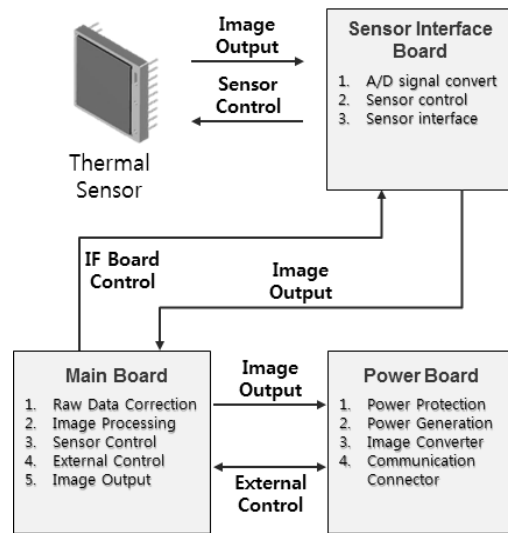


Fig. 4. Proposed Hardware Structure

가지 기능을 담당하는 기판으로 구성된다. 검출기 인터페이스 기판은 Analog 신호 변환으로 메인 기판에 Digital 영상 데이터로 전송하고 열상 검출기 제어를 위한 제어 프로토콜 Block, 검출기 연결을 위한 검출기 인터페이스로 구성된다. 메인 기판은 검출기 인터페이스 기판으로 전송받은 RAW 데이터 보정, 보정된 영상 데이터의 영상 처리 Block, 외부 통신을 위한 통신 디바이스 드라이버, 영상 출력을 위한 영상 출력 드라이버로 구성된다. 전원 기판은 검출기 인터페이스 기판과 메인 기판에 소모되는 전원 생성 및 보호회로, 메인 기판에서 전송되는 영상 신호를 전달하는 외부 인터페이스와 통신 인터페이스로 구성된다.

제안한 시스템의 하드웨어 블록 다이어그램은 Fig. 5와 같이 구성된다. 크게 영상 입력, 영상 출력, 외부 통신, 메모리, 센서 하드웨어로 구성된다. 현재 구조는 범용성을 보장하기 위해 설계가 되었다. 따라서 기존의 FPGA 구조와는 다르게 메인 기판 인터페이스를 표준 영상 입출력 인터페이스로 설계를 하여 다양한 센서 및 영상 출력장치 장착이 가능하도록 되어 있다. 시스템의 요구사항에 따라 다양한 입력(MIPI CSI-2, CPI, BT.1120, BT.656), 출력(HDMI, Camera Link, NTSC/PAL, LCD)이 가능하다.

제안한 열화상 영상 처리 시스템의 영상 처리를 위한 데이터 처리 순서는 Fig. 6과 같이 수행된다. 기존의 영상처리와 다른

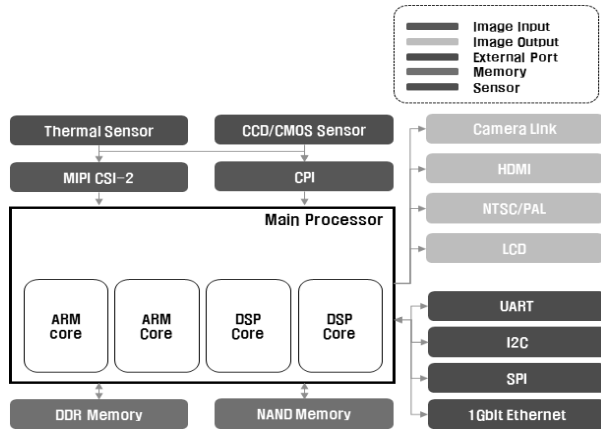


Fig. 5. Proposed Hardware Block Diagram

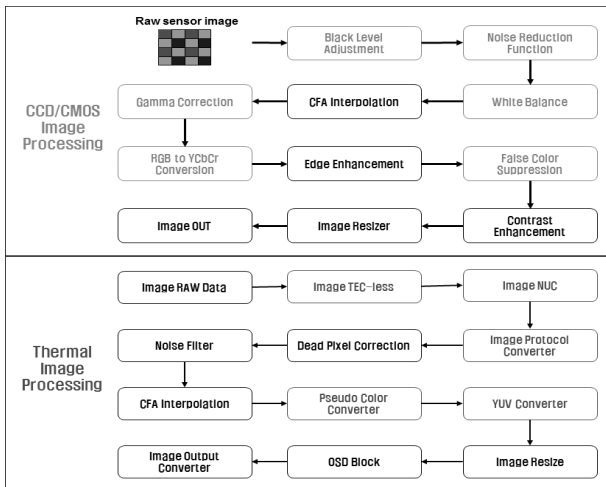


Fig. 6. Image Data Process Flow

점은 이미지 데이터 수신 후 일반적인 영상처리를 수행하기 전에 TEC-less와 NUC 등 열상 영상처리를 먼저 수행하도록 설계되어 있고 영상 프로토콜 변환을 통해 표준 영상처리 포맷으로 변경하여 기존의 시스템을 활용하도록 시스템이 구성된다.

본 논문에서 제안한 시스템의 세부 구조는 Fig. 7과 같이 구성된다. 메인 Core는 시스템을 제어/관리하는 RTOS(Real-Time OS), Image Signal Process 기능을 담당한다. 세부 구성은 Bootloader, Bootloader Utility, BIOS, BIOS Device Driver, Network Support Driver, Codec, User Interface이다. Second Core에는 Network 및 통신을 담당한다. 세부 구성은 Network Driver, BIOS Support Driver, Network Device Driver, Audio Device Driver, 통신 Device Driver이다. 2개의 DSP에서는 열상 영상에 대한 영상처리를 담당한다. 세부 구성은 검출기 인터페이스에서 수신되는 열상 영상 처리를 위한 NUC Block, TEC-less Block, CEM Block, DPC Block, Vision Processing Library, BIOS Support Driver이다.

현재 시스템의 핵심 기능인 열상 영상 처리 Block은 다른 시스템에서도 사용하도록 모듈화 설계가 이루어져 있다.

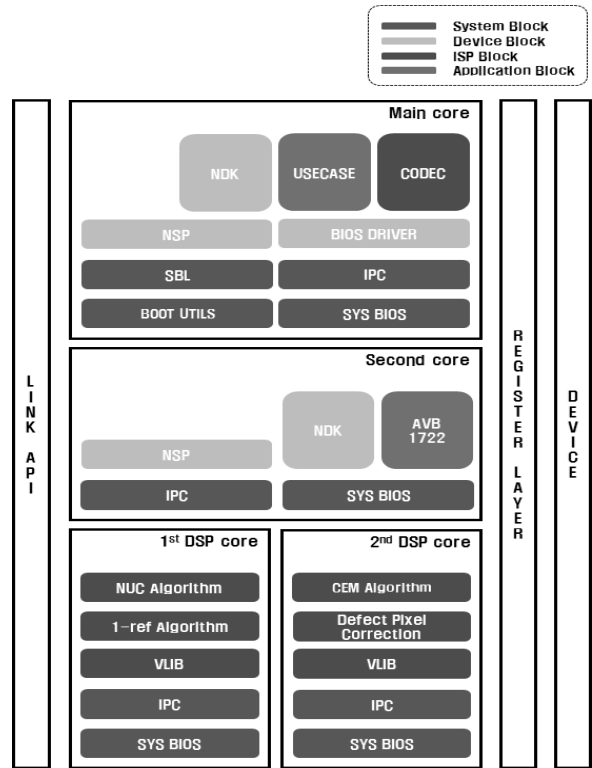


Fig. 7. Proposed Software System Structure

4. 성능 평가

본 절에서는 본 논문에서 기존 시스템[8]과 제안한 시스템의 성능 분석 결과이다. 멀티코어 시스템에서 중요한 프로세스 사용량과 다른 제품과의 전력소모, 크기를 비교한다.

현재 시스템은 CCD/CMOS에 활용되는 ISP 기능을 적용이 가능하도록 내부 구조가 설계되었다. 현재 적용된 기능으로는 DPC와 Edge Enhancement, Digital Zoom/PIP, Contrast/Brightness가 있다. 아래 Fig. 8은 열화상 이미지에 발생하는 Dead Pixel을 처리한 그림이다. 상단과 센터에 Dead Pixel이 발생하여 White Dot이 발생한 부분이 DPC 기능 적용으로 처리가 된 것을 볼 수 있다.

Fig. 9는 Edge Enhancement를 적용 전과 후의 비교사진



Fig. 8. Comparison of Dead Pixel Correction Processing

이다. 열화상 영상의 특성 상 CCD/CMOS와는 다르게 Edge에 대한 구분이 쉽지 않다. 그래서 Edge Enhancement 기능을 적용함으로써 영상의 경계선이 명확해지는 효과를 볼 수 있다.



Fig. 9. Comparison of Edge Enhancement Processing

Fig. 10은 Digital Zoom과 PIP 기능이다. 이 두 기능은 FPGA로 구현 시 메모리 할당 및 재분배 등 많은 리소스가 소모되어 제한적으로 제공되거나 제공이 되지 않던 기능이지만 멀티코어 이미지 프로세서 기반에서는 기존에 제공하던 기능을 활용하여 열화상 이미지 출력에 적합하도록 변경하여 구현하였다.

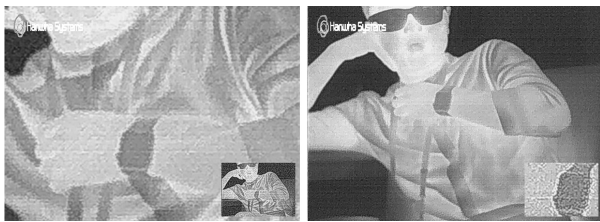


Fig. 10. Zoom Function and PIP Function

아래 Fig. 11은 각각의 기능별로 프로세서 사용량을 나타낸다. 시스템 1은 CCD/CMOS 센서 기반 영상 처리 시스템, 시스템 2는 열화상 센서 기반 NUC 알고리즘 적용 시스템, 시스템 3은 열화상 센서 기반 NUC, TEC-less 알고리즘 적용 시스템, 시스템 4는 열화상 센서 기반 NUC, TEC-less, CEM 알고리즘 적용 시스템이다.

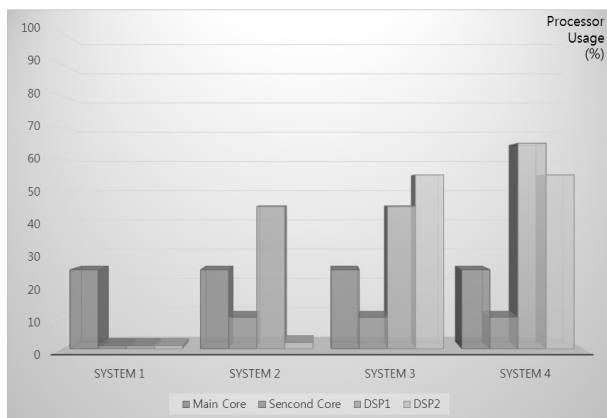


Fig. 11. Processor Usage of Proposed System

멀티코어 프로세서를 사용함으로써 가장 큰 장점으로서는 전력소모 감소이다. 기존의 FPGA 기반 시스템의 경우 사용하지 않는 Logic을 core 대기상태로 전환이 불가능하지만 제안한 시스템은 메인 core만 활성화 상태로 사용하지 않는 core의 경우 대기상태로 변경이 가능하다. 아래 Fig. 12은 기존의 FPGA 기반 열상 시스템과 제안한 시스템의 전력소모를 비교한 그림이다. [11]과 [12]의 출력과 동일한 시스템 (without Display)으로 구성 시 제안한 시스템에 비해 약 10%의 전력소모 감소를 보이지만 표준 영상 출력, OSD(On Screen Display), PIP 등 다양한 영상 출력 기능이 포함된 시스템(Full Fuction)을 추가 구성하면 [11]과 [12]의 전력소모보다 약 20%의 전력소모 증가를 볼 수 있다. 그러나 [11]과 [12]의 시스템에 위와 같은 기능을 추가하기 위해서는 [9]와 같이 영상 출력 프로세서가 추가로 필요하며 추가 시 제안한 시스템보다 전력소모가 증가할 것으로 예상된다.

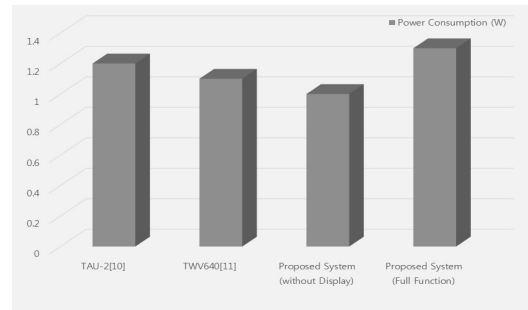


Fig. 12. Power Consumption Comparison of Other Company and Proposed Product

아래 Table 2는 제안한 시스템과 기존 FPGA기반 시스템의 크기를 비교한 표이다. [10]과 [11]의 비해 제안한 시스템의 하드웨어 크기가 [11]에 비해 약 20% 정도 감소되었다.

Table 2. Size Comparison of Other Company and Proposed Product

Product	Size(mm)
TAU-20[10]	44.45(W)×44.45(H)×29.9(D)
TWV640[11]	26.2(W)×33.3(H)×22.9(D)
Proposed System	26(W)×26(H)×18.5(D)

아래 Fig. 12는 개발한 제품의 실제 사진이다. 전력소모 및 크기가 감소됨에 따라 휴대용 장비 혹은 저전력 장비에 사용이 가능함으로써 기존 방식의 시스템보다 활용성이 증대되게 되었다.



Fig. 13. Module Size of Proposed System

5. 결 론

본 논문에서의 멀티코어 이미지 프로세서를 이용한 열화상 영상 모듈은 다양한 요구사항인 범용 영상 입출력 인터페이스, 각종 디바이스 지원, 접근성을 만족시키기 위해서 멀티코어 기반 멀티코어 이미지 프로세서를 세부 기능별 분류하고 각 코어의 성능을 분석하여 설계하였다.

기존의 FPGA 기반 영상 처리 시스템이 아닌 상용 멀티코어 프로세서를 사용함으로써 기존 방식보다 접근성이 뛰어나고 다양한 내외부 인터페이스를 장착할 수 있다. 공용 플랫폼설계로 인해 새로운 시스템 및 추가 요구사항 적용 시 모듈 재활용이 가능하다. 그리고 기존 방식에 비해 약 10%의 전력소모 감소, 20%의 크기 감소 등 시스템 성능 향상을 보였다. 따라서 시스템이 구축이 되면 뛰어난 접근성으로 인하여 시스템 추가/변경 시 기존의 시스템에 비해 개발 비용 및 시간을 단축할 수 있으며 그로 인하여 다양한 고객 요구사항 만족, 개발 비용 및 시간 단축, 제품 출시일 등 다양한 이점을 얻을 것으로 기대한다.

References

- [1] Hanwha System [Internet], www.hanwhasystems.com
- [2] S. M. Hong, "Advanced LWIR Thermal Imaging Sight Design," *Korean Journal of Optics and Photonics*, Vol.16, No.3, pp.209-216, 2005.
- [3] C. H. Song, "Applying tilt mechanism for high- resolution image acquisition," *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, Vol.19, No.12, pp.31-37, Dec. 2014.
- [4] KITIA, "Global M&A promising field Target Research - ADAS Sensor (Camera, Infrared)," 2016.
- [5] A. Rogalski, "Infrared Photon detectors versus thermal detectors," *Physics of Semiconductor Devices*, pp.754-761, 1998.
- [6] Y. J. Kim, "Novel control scheme for the absence of the thermoelectric (TEC) of infrared detector in an Uncooled thermal system," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol.16, No. 10, Oct. 2012.
- [7] G. C. Holst and T. S. Lomheim, "CMOS/CCD sensors and Camera Systems," SPIE-International Society for Optical Engine, 2007.
- [8] J. H. Shin, "Image Correction Method for Uncooled IR TECless Detector with Non-linear characteristics due to Temperature Change," *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, Vol.22, No.10, pp.19-26, Oct. 2017.
- [9] W. Hwang, "A Study on the Thermal Camera System and Image Processing," *Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences*, pp.1128-1129, 2019.

[10] FLIR, 12um Longwave Infrared Thermal Camera core TAU-2 [Internet], <https://www.flir.com/products/tau-2>

[11] BAE systems, 12um Longwave Infrared TWW640 Thermal Camera core [Internet], <https://baesystems.com/en/product/tww640-thermal-camera-core>



차 정 우

<https://orcid.org/0000-0003-2316-3593>

e-mail : jeongwoo.cha@hanwhasystems.com

2008년 대구대학교 멀티미디어공학부(학사)

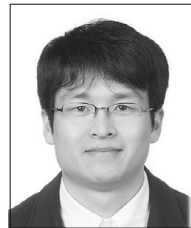
2010년 대구대학교 컴퓨터정보공학과(석사)

2013년 대구대학교 컴퓨터정보공학과(박사)

2017년 ~ 현 재 한화시스템

전자광학연구소 전문연구원

관심분야 : Image Signal Processing, Image Processing by AI



한 준 환

<https://orcid.org/0000-0002-1469-1792>

e-mail : joonwhan.han@hanwhasystems.com

2003년 광운대학교 전기전자공학부(학사)

2018년 ~ 현 재 아주대학교 NCW학과

석사과정

2002년 ~ 현 재 한화시스템 전자광학연구소 전문연구원

관심분야 : Analog & Digital Image Processing of IR



박 찬

<https://orcid.org/0000-0002-3810-8661>

e-mail : chan.park@hanwhasystems.com

2014년 경희대학교 전자전파공학과(학사)

2016년 경희대학교 전자전파공학과(석사)

2016년 ~ 현 재 한화시스템

전자광학연구소 선임연구원

관심분야 : Thermal Image Processing, Image Processing by AI



김 용 진

<https://orcid.org/0000-0002-4111-3445>

e-mail : anorld.kim@hanwhasystems.com

1997년 경희대학교 전자공학과(학사)

2012년 아주대학교 전자공학과(석사)

1997년 ~ 현 재 한화시스템

전자광학연구소 수석연구원

관심분야 : Analog & Digital Image Processing of IR