상용 이미지 프로세서 기반 열화상 이미지 처리 모듈 설계

한준환*, 차정우*, 김보미*, 임재성**
*한화시스템 전자광학연구소
**아주대학교 일반대학원 NCW공학과
joonhwan.han@hanwha.com

Design Thermal Image Processing Module based Common Image Processor

Joon-Hwan Han*, Jeong-Woo Cha*, Bo-Mee Kim*, Jae-Sung Lim*
*Electro-Optronics R&D Center, Hanwha Systems Co.
**Department of NCW Engineering, Graduate School, Ajou University

요 약

열화상 장비는 빛이 없는 암흑 상태에서도 물체에서 발산하는 적외선을 탐지하여 이를 영상으로 제공하는 장비이다. 이러한 장점으로 기존 활용되던 군사 분야와 더불어 자동차 및 감시시스템 등 다양한 민수 분야로 활용분야가 넓어지고 있다. 따라서 기존 방식인 FPGA 기반 열화상 이미지 모듈은 민수 시장의 다양한 요구사항과 환경을 반영하기에는 힘들 실정이다. 그에 따라 FPGA 기반 시스템의 단점을 보완하고 추가적인 요구사항을 만족하는 시스템의 필요성이 대두되었다.

본 논문에서는 상용 이미지 프로세서 기반 열화상 이미지 처리 모듈을 제안한다. 기존 FPGA 기반 열화상 이미지 처리 방식이 아닌 상용 이미지 프로세서 기반 구조 설계로 함으로써 다양한 영상 입·출력 인터페이스 수신 및 표준 영상 출력 포멧을 지원한다. 따라서 상용 프로세서 기반 열상 처리 모듈을 통한 시스템 개발 시 뛰어난 접근성으로 시스템 구축이 용이하고 다양한 요구사항 적용이 가능함에 따라 개발 기간 및 비용 단축, 다양한 응용에 사용이 가능할 것으로 예상한다.

1. 서론

열화상 장비는 빛이 없는 암흑 상태에서도 물체에서 발산하는 적외선(열)을 탐지하여 이를 영상으로 제공하는 장비이다. 이러한 장점으로 열화상 영상 시스템은 다양한 군사 분야에 활용되었다. 그러나 최근 열화상 관련 제품 가격이 낮아지고 제품의 성능이 향상됨으로써 군수 분야를 넘어서 차량의 나이트비전과 자율주행, 감시 카메라 시스템 등 다양한 민수 분야까지 활용도가 증가하고 있다.[1-2]

냉각형 검출기는 고성능의 영상을 제공하지만 높은 비용, 장비의 부피, 시스템 초기화 시간 등 많은 단점으로 인해 현재 민수시장에서는 활용분야가 거의 없는 실정이다. 비냉각형 검출기는 과거 검출기 내부에 냉각기 기능을 하는 열전소자(TEC: Thermal Electric Cooler)를 탑재하여 냉각기의 기능을 대신하였지만 최근 기술추세는 열전소자를 삭제하여 낮은 단가, 소형의 제품을 출시하고 있으며, 그에 따른 해결방안으로 다양한 이미지 처리 기법이 활용되고 있다.[4-5]

따라서 위와 같은 장점으로 비 냉각 방식의 검출기가 현재 차량 및 Surveillance 시장에 적용이 되고 있다.

그러나 현재 대부분의 검출기 관련 이미지 처리 방식이 FPGA 기반으로 설계가 되고 있으며, 제품이 공급되고 있다. 그 이유는 FPGA 기반 설계가 진입장벽이 낮고 제품 개발에 대한 리스크(설계의 용이성, 쉬운 이미지 처리 알고리즘 구현)가 낮은 것을 가장 큰 장점이다.

현재까지는 대부분 요구사항이 명확한 방산 제품으로 제품 개발이 이루어져있었기 때문에 FPGA 기반 설계가 문제가 되지 않았다. 그러나 현재 민수시장의 경우 제품에 대한 요구사항이 방산 제품과는 다르게 많은 변화가 필요하며 다양한 고객의 요구사항을 만족하기에는 FPGA 기반 설계가 어려운 것이 실정이다.

본 논문에서는 기존에 활용되고 있는 FPGA 기반 열화상 이미지 처리의 장단점을 설명하고 상용 프로세서 기반 열화상 이미지 처리의 방식을 제안한다. 제안한 열화상 이미지 처리 모듈은 기존 시스템에 비해 다양한 검출기 연동 및 상용프로세서에서 활용 가능한 표준 영상 출력을 제공하여 높은 재활용성과 뛰어난 접근성을 보인다. 본 논문에서 제안한 열화상 이미지 처리 모듈의 경우 일반 상용 이미지 프로세서에 탑재가 가능하고 시스템 안정성 향상, 개발기간 및 비용 단축, 다양한 응용에 적용이 가능하다.

2. FPGA 기반 열화상 이미지 처리 모듈

열화상 이미지 처리 모듈의 경우 대부분 3가지 기능을 핵심으로 적용한다. 모든 다차원 배열 검출기는 각 픽셀 엘리먼트 간의 기하학적인 차이나 전송 및 증폭 단의 이득의 차이로 고정적인 패턴을 생성[6]하는데 이를 개선하는 NUC(Non Uniformity Correction) 모듈과 검출기의 기준 온도 제어를 통해 온도변화에 따른 영상화질 저하를 방지하는 역할을 하는 TEC(Thermal Electric Cooler)를 사용하지 않고 영상 처리 알고리즘으로 이 현상을 해결하는 TEC-less 모듈, 열화상 검출기 특성상 영상 출력 값의 분포가 밀집되어 있어 데이터 영상화 시 대조비 개선을 위한 CEM(Contrast Enhancement Mapping) 모듈로 구성된다.

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

(그림 1) 기존 자사의 FPGA 기반 열화상 영상 모듈

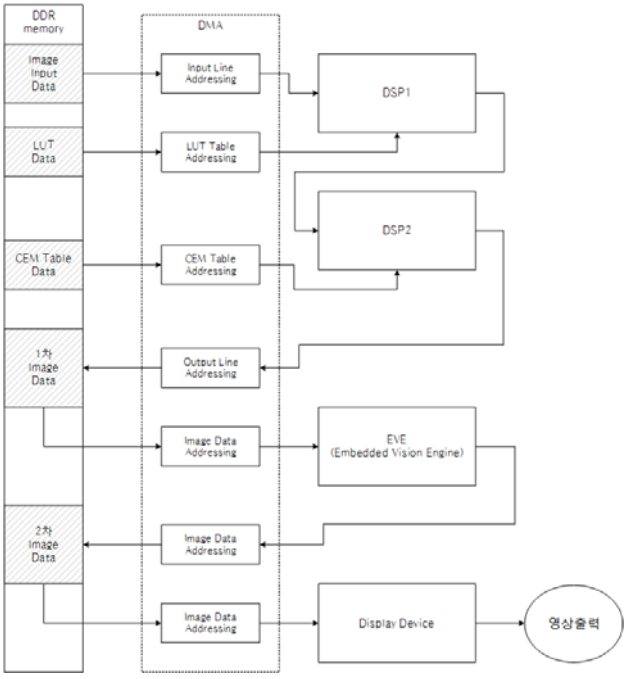
FPGA 기반 열화상 영상 모듈의 경우 요구사항에 최적화된 시스템을 구성할 수 있으며 FPGA로 구현 시 원하는 시스템 구성에 맞춰 다양한 알고리즘을 최적화 할 수 있는 장점이 있는 반면 다양한 입력/출력 표준 인터페이스 및 각종 디바이스 지원이 불가능한 단점이 있다. 그리고 새로운 시스템에 적용하거나 시스템 요구사항이 추가·변경됨에 따라 Chip-set이 변경되면 기존 시스템의 재활용이 불가능하여 불필요한 개발비용 및 개발기간이 소요된다.

3. 상용 이미지 프로세서 기반 열화상 이미지 처리 모듈 설계

본 논문에서 제안하는 상용 이미지 프로세서 기반 열화상 이미지 모듈은 기존의 FPGA 기반 프로세서 기반 시스템을 사용하지 않고 상용 프로세서 기반 시스템을 사용한다. 기존 시스템과 다른 방식인 DSP, RISC 프로세서 기반으로 시스템을 구성함으로써 FPGA 기반 시스템의 단점인 낮은 확장성 및 재활용성을 보완하고 시스템 안정성 및 개발기간 단축 등 여러 장점 적용이 가능하다.

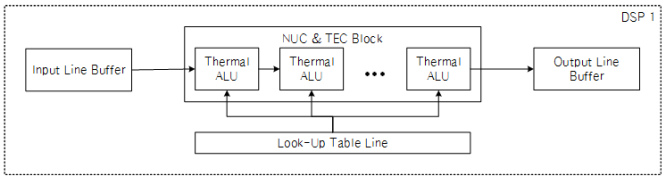
기존의 FPGA 기반에 비해 상용 프로세서에 적용을 하지 못한 이유는 대부분의 이미지 프로세서가 가시광 영상 센서 데이터 입력을 수신하여 영상화하는 가시광 센서 기반 영상 처리 시스템으로 구성이 되어 있기 때문에 열상 이미지를 처리하는 것이 불가능하였다. 그러나 본 연구에서는 DSP(Digital Signal Processor) 구조와 RISC 프로세서 구조를 활용하여 시스템 최적화 설계를 통해 기존의 가시광 센서 기반 이미지 처리 프로세서 사용이 가능하게 되었다.

상용 프로세서 기반 열화상 이미지 처리 모듈의 구조는 그림 2와 같다. 총 3가지 열화상 이미지 처리 Block으로 구성된다.



(그림 3) 제안한 열화상 이미지 처리 모듈 구조

기본 열화상 영상처리를 담당하는 DSP1은 열화상 영상 처리의 가장 핵심 기능인 NUC와 TEC-less 영상 처리를 수행한다. 입력 영상 frame 손실 방지를 위한 내부 Line

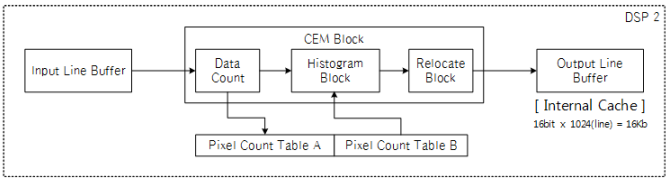


(그림 2) NUC & TEC-less 이미지 처리 Block

Buffer, NUC & TEC-less 연산이 수행되는 NUC & TEC-less Block, NUC & TEC 연산에 필요한 Gain, Offset data 전달을 위한 LUT(Look-Up Table) Line으로

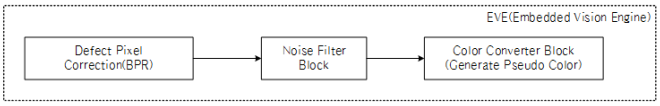
구성된다.

열화상 영상의 대조비 개선을 위한 DSP2는 입력 영상 frame 손실 방지를 위한 내부 Line Buffer, 입력 frame에 Histogram 적용을 위한 Pixel Count Table, 입력 영상 데이터 수집을 위한 Data Count, Histogram을 수행하는 Histogram Block, 대조비 재배치를 위한 Relocate Block으로 구성된다.



(그림 4) 대조비 개선을 위한 CEM Block

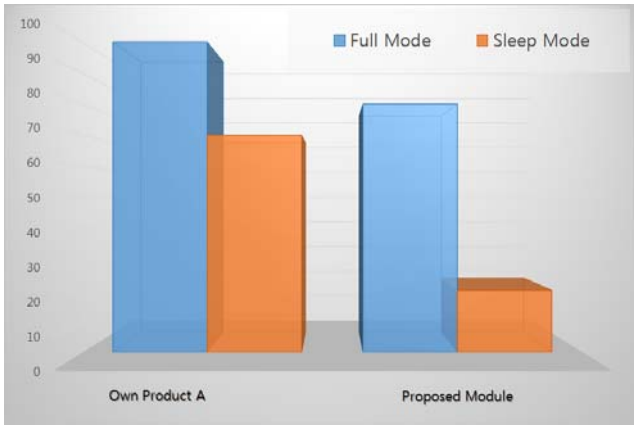
추가 영상 개선을 위한 EVE(Embedded Vision Engine)는 Dead Pixel을 처리를 위한 DPC(Defect Pixel Correction) Block, 영상 노이즈 개선을 위한 Noise Filter Block, 흑백으로 표현되는 열화상 영상에 Pseudo Color 적용을 위한 Color Converter Block으로 구성된다.



(그림 5) 영상개선 Block

위의 3가지 영상처리 Block들은 다른 프로세서에서도 적용이 가능하도록 모듈화 설계가 되어 있으며, 추후 메인 프로세서의 업그레이드 시에도 인터페이스 작업만으로도 구동이 가능하다.

아래 그림 6은 기존 자사 제품과의 소모 전력을 비교한 자료이다. 기존 제품의 경우 Full Mode와 Sleep Mode가 제공되며 Full Mode 시 제안한 제품이 20%정도 전력소모



(그림 6) 기존 자사 제품과의 소모전력 비교

감소를 예상한다. 그러나 가장 큰 장점은 기존 FPGA 기반 시스템은 Sleep Mode 시에도 기존 Logic들이 활성화 되어 있어서 전력소모 감소가 작지만 상용 프로세서의 경우 멀티프로세서로 구성되어 있어서 각각의 프로세서들을 Power Saving 모드로 동작시킴에 따라여 전력소모 감소가 기존의 Sleep Mode에 비해 2배 정도 감소가 될 것으로 예상한다.

4. 결론

본 논문에서의 상용 이미지 프로세서 기반 열화상 이미지 처리 모듈은 기존의 FPGA 기반 영상 처리 모듈의 단점인 프로세서 변경 시 기존의 시스템 활용이 어려운 점과 다양한 입·출력 인터페이스, 각종 디바이스 지원이 불가능한 낮은 접근성을 개선하고자 상용 프로세서 기반 열상 처리 모듈을 설계하였다. 시스템 모듈화를 위해 각 기능별로 Block 설계를 하였으며 추가 수정 없이 입/출력 인터페이스 변경으로 하드웨어 변경이 가능하다.

따라서 상용 프로세서 기반 열상 처리 모듈을 통한 시스템 개발 시 뛰어난 접근성으로 시스템 구축이 용이하고 다양한 요구사항 적용이 가능함에 따라 개발 기간 및 비용 단축, 다양한 응용에 사용이 가능할 것으로 예상한다.

참고문헌

[1] Seok-Min Hong "Advanced LWIR Thermal Imaging Sight Design", Korean Journal of Optics and Photonics, Vol. 16, No. 3, pp. 209-216, 2005

[2] Song, Cheon-ho "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.

[3] 한국소재부품투자기관협의회, “글로벌 M&A 유망분야 타겟리서치 - ADAS용 센서(카메라,적외선)”, 2016.

[4] A. Rogalski "Infrared detectors", Electro- component science monographs, Gordon and Breach Science Publishers, Vol. 10, pp . 12-14,91, 2000

[5] Park, Min-Young "Advanced CMOS Readout Integrated Circuit for 32 by 32 uncooled infrared focal plane array", Inje university, pp. 91-92, 2007

[6] Lee, Je il "Nonuniformity Correction Algorithm and First Implementation for Infrared Camera Including the Background Effect due to Camera Temperature Variation", Sae Mulli 11, pp. 269-274, 2000