

다중 SL-AVS 동기화 유지기법

박현문¹ · 박수현^{2*} · 서해문¹ · 박우철¹

Multiple SL-AVS(Small size & Low power Around View System) Synchronization Maintenance Method

Hyun Moon Park · Soo-Huyn Park · Hae-Moon Seo · Woo Chool Park

ABSTRACT

Due to the many advantages including low price, low power consumption, and miniaturization, the CMOS camera has been utilized in many applications, including mobile phones, the automotive industry, medical sciences and sensoring, robotic controls, and research in the security field. In particular, the 360 degree omni-directional camera when utilized in multi-camera applications has displayed issues of software nature, interface communication management, delays, and a complicated image display control. Other issues include energy management problems, and miniaturization of a multi-camera in the hardware field. Traditional CMOS camera systems are comprised of an embedded system that consists of a high-performance MCU enabling a camera to send and receive images and a multi-layer system similar to an individual control system that consists of the camera's high performance Micro Controller Unit. We proposed the SL-AVS (Small Size/Low power Around-View System) to be able to control a camera while collecting image data using a high speed synchronization technique on the foundation of a single layer low performance MCU. It is an initial model of the omni-directional camera that takes images from a 360 view drawing from several CMOS camera utilizing a 110 degree view. We then connected a single MCU with four low-power CMOS cameras and implemented controls that include synchronization, controlling, and transmit/receive functions of individual camera compared with the traditional system. The synchronization of the respective cameras were controlled and then memorized by handling each interrupt through the MCU. We were able to improve the efficiency of data transmission that minimizes re-synchronization amongst a target, the CMOS camera, and the MCU. Further, depending on the choice of users, respective or groups of images divided into 4 domains were then provided with a target. We finally analyzed and compared the performance of the developed camera system including the synchronization and time of data transfer and image data loss, etc.

Key words : CMOS Image Sensor, Around View System, Multi Camera, Fast Synchronization Firmware, 360 Degree Appraisal

요약

CMOS 카메라는 저가격, 저전력, 소형화의 장점을 이용해 휴대폰카메라, 자동차 산업, 의학 및 센서 네트워크, 로봇제어, 보안 분야의 연구에서 이용되고 있다. 특히 다중카메라(Multi-Camera)기반의 360° 전방향 카메라(Omni-directional Camera)의 소프트웨어, 통신간섭 및 지연과 복잡한 영상제어 문제가 있으며, 하드웨어 분야에서는 다중카메라의 효율적인 관리 및 소형화의 문제를 지닌다. 기존 시스템은 다수 카메라를 제어하고 카메라 영상을 송수신하기 위해 카메라별 고성능 MCU로 구성된 임베디드 시스템(embedded system)과 별도의 제어 시스템(control system) 같이 다계층 시스템(Multi-layer system)으로 구성된다. 하지만 본 시스템은 단일구조로 저성능 MCU 기반에 고속 동기화기법으로 카메라 제어 및 영상 수집이 가능하도록 SL-AVS(Small size/Low power Around View System)을 제안하였다. 화각 110° CMOS 카메라 여러 대를 이용하여 360° 전방향을 촬영하는 저성능 MCU로 카메라의 제어 및 영상 수집이 가능한 전방향 카메라 초기모형이다. 결과적으로 저전력 CMOS 카메라 4대를 하나의 MCU에 연결하여 개별 카메라에 대한 동기 유지, 제어 및 송수신을 구현하고 이를 기존의 시스템과 비교하였다. MCU를 통한 개별 인터럽트 처리로 카메라별 동기를 제어, 기억하여 Target과 CMOS 카메라와 MCU간의 재동기를 최소화하여 데이터 전송의 효율성을 높였다. 또한, 사용자 선택에 따라 4개의 영역으로 구분된 영상을 각기 또는 하나로 Target에 제공할 수 있도록 하였다. 마지막으로 개발된 카메라 시스템의 동기 및 데이터 전송 시간, 이미지 데이터 유실 등의 성능 비교, 분석을 하였다.

주요어 : CMOS 이미지 센서, 전방향 시스템, 다중 카메라, 빠른 동기화 펌웨어, 전방향카메라

1. 서 론

CMOS 카메라를 이용한 응용분야는 생활가전, 정보통신 가전, 자동차, 항공기 등 다양한 영역에 적용되고 있다. 이는 기존 CCD(charge coupled device) 카메라보다 저전력, 가격대비 고성능을 보장하기 때문이다. CMOS 카메라는 점차 소형화됨에 따라 최근 360° 전방향 카메라 시스템에 활발한 연구가 진행되고 있다. 특정방향을 촬영하기 위한 360°회전카메라가 있으나 촬영하려면 별도의 모터가 필요하며 단시간의 반대면 사진 촬영이 어렵다. 다중 카메라(Multi-CMOS Camera)를 통한 연구는 일본에서는 자동차, 교통, 항공 회사분야에 미국, 영국은 항공, 로봇, 교통, 해양, 국방 등 다양한 분야에서 적용되고 있다^[3-7,15-17]. 전방향 카메라는 휴대보다는 차량, 항공기에 주로 이용되기 때문에 하드웨어 내구성 및 안정성이 중요하다. 하지만 다양한 산업 및 연구영역에서 요구되면서 경량화 및 소형화가 대두하였으며, 이에 따라 시스템 자원과 크기, 전원소비, 가격 등의 다양한 문제가 발생하고 있다. 국내는 계속 및 차량검지, 보안 분야의 산업에 일부 사용되며, 점차 그 영역이 항공, 항만 등으로 확장되고 있다. 통상적인 360° 카메라(real 360°view)는 가격도 \$500 이상의 높은 가격일 뿐만 아니라 일부 \$100이하의 저가형 CMOS카메라는 별도의 디지털 보드를 포함하거나 셋톱박스를 포함한다^[2,9,14-15,19].

본 연구에서는 저전력 기반에 자동차, 소형항공기 및 교통망에 활용할 수 있는 전방향 시스템에 대한 선행 연구^[10]를 기반으로 구현하였다. 하지만 하나의 MCU로 4개 카메라의 제어 및 데이터 송·수신을 하기 때문에 기존 및 선행 연구를 바로 적용할 수 없다^[1-2,5-7,10]. 전방향 시스템에 다른 영역의 연구로 전방향 촬영 및 제어 시스템 연구와 영상의 결합 및 복원도 활발히 구현되고 있다^[6,9,17]. 하지만 두 영역의 연구는 상이한 분야이므로 본 연구에서는 시스템 영역만 언급한다.

본 연구에서는 저속 MCU가 다수 카메라를 제어, 동기화시키는 것이 중요하다. 다수 카메라 전환에서 발생하는

* 본 연구는 지식 경제부 및 정보통신 산업진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구 결과로 수행되었음.
(NITA, 2009-C1090-0902-0044)

2009년 6월 17일 접수, 2009년 9월 16일 채택

¹⁾ 전자부품연구원(KETI)

²⁾ 국민대학교 비즈니스트IT학부

주 저 자 : 박현문

교신저자 : 박수현

E-mail; shpark21@kookmin.ac.kr

동기화로 인한 지연 시간이 시스템 전체의 실시간 이미지 제공 및 효율성에 직결되기 때문이다. 또한 저속 8/16bit MCU를 적용함으로써 발생하는 송수신 이미지 처리 제약과 시리얼 통신(RS232C)으로 57600bps, 115200bps 입출력 데이터 폭(Bandwidth)의 처리 방안이 중요하다. 부가적으로 동기 변화에 따른 빠른 싱크방안도 필요하지만 선행연구^[10]로 일부 해결되었다.

본 논문 II장에서는 연구에 적용된 CMOS 모듈 설명 및 전방향 카메라의 종류, 문제점을 설명하였다. 그리고 선행연구에서 제안된 압축이미지를 지원하는 CMOS 카메라와 성능 비교를 하였다. 그리고 III장에서는 제안된 전방향 카메라 시스템 및 단일 MCU 기반의 시퀀스 다이어그램(Sequence Diagram)을 설명한다. MCU를 이용하여 다수 카메라의 동기화 유지기법을 통해 재접속 최소화 및 효율적인 전송 방안을 구현하였다. IV장에서는 구현된 시스템과 구조에 대한 설명하며, CMOS 카메라에서 수집된 4개의 영상 수신 시간 및 목적지 시스템(Target Mobile system)까지 도착한 시간을 측정하였다. 또한 시스템 강건성(System Robustness), 안전성을 위해 연결 유지시간 및 재접속시간을 측정하였다. 결론에서는 앞으로 응용 내용 및 적용 분야에서 대해 간략하게 논의한다.

2. 관련 연구

2장에서는 전방향 카메라를 이용한 연구와 관련된 카메라 모듈에 대해 설명하고, 선행연구와 비교로 본 연구의 요구, 도출 사항 및 정량적 성능비교를 한다.

2.1 CMOS 모듈 및 전방향 카메라

일본 샤프(Sharp), 소니(SONY)사의 CMOS 카메라 모듈이 전방향 시스템에 적용되고 있으며, 두 회사의 제품은 하드웨어 압축 코덱을 지원하지 않기 때문에 고클럭 프로세서 및 별도의 영상처리 보드가 필요하다. 닛산은 이와 관련 AVM(Around View Monitor)을 제안하였다. 소니사의 CMOS 카메라 모듈을 이용하여 30km/h이하에서 차주변의 360°영상을 LCD 화면에 보여주며, 저속에서 자동차 주변의 모든 시야각을 볼 수 있는 장점을 지닌다. 또한 혼다에서도 JDM이라는 전방향 시스템을 개발 중이다^[8,22]. 국내에서는 벤처기업을 중심으로 전방향 시스템을 개발·판매하고 있지만 소형화 및 저전력에 대한 연구는 미진한 실정이다.

사이클롭스(Cyclops), 웹캠(We-Cam), CMUcam 등의 CMOS 카메라가 연구 및 제품에 활발하게 적용되고 있

다. 하지만 하드웨어 압축을 지원하지 않기 때문에 고사양의 MCU나 별도의 영상 처리 시스템이 요구된다^[11-14]. 본 연구에 사용된 CMOS 카메라 모듈은 하드웨어 압축을 지원하는 COMedia의 OV7670 제품을 사용하였다. CO-Media 카메라는 시간당 60mW의 전원을 소모하며 저가격의 제품으로 640x480까지의 JPEG 하드웨어 압축 모드를 지원 한다. 주로 낮은 대역폭(Low Bandwidth)를 지원하는 센서 네트워크의 보안이나 현장데이터 수집의 역할 및 초소형 로봇에 장착되어 무인감시, 안전감시, 주변인식, 모션 인식, 사람 분류 등 여러 분야의 영상처리에 사용되고 있다. 또한 JPEG 압축을 하드웨어적으로 지원하지기 때문에 영상처리의 효율이 높으면서도 저전력, 저속 프로세서 기반 시스템에서 많이 사용되고 있다^[1-5,10].

전방향 관측 방식은 크게 3가지로 구분되고 있다. 첫 번째는 180~360° 어안렌즈(fish-eye len)로 초광각을 촬영한다. 현재 다양한 분야에 가장 많이 사용하고 있으며, 렌즈에서 발생하는 이미지 왜곡 문제를 소프트웨어 보정으로 보완할 수 있다. 둘째는 반사경 타입으로 90년대부터 많은 연구가 진행되었으나 볼록거울은 카메라와 거울 위치에 따른 별도의 높은 사양 보정 시스템이 요구된다. 또한 정밀한 상을 획득하기 어렵고, 이를 처리하기 위한 시스템 구조도 복잡하다^[8,9]. 일부 영역에서는 영상처리에 효율성을 갖는 어안렌즈나 다중카메라로 대체되고 있다. 세 번째로 멀티카메라 방식이다. 넓은 사각 범위를 해결하기 위해 연구되고 있다. 하지만, 다수 영상을 처리하기 위해 다면체 맵핑(polyhedrad mapping)과 같은 별도의 영상처리 시스템이나 다중처리(Multi-processing system), 다중 초점 시스템(Multi-focusing system)이 요구된다. 최근에는 시스템이 소형화되고 CMOS Image Sensor가 보급됨에 따라 어안렌즈와 멀티카메라 기술이 적용되고 있다. 또한 시스템 분야에서는 어안렌즈의 넓은 화각을 통해 기존 멀티카메라를 최소화하고, 시스템을 간결화하면서 기존 어안렌즈에서 문제가 되었던 이미지 프로세싱을 적게 처리하는 방법으로 연구·개발되고 있다^[5,7-9,15-16,19].

2.2 전방향 카메라 시스템

일반적인 전방향 카메라 구조는 중앙 카메라를 제어하는 MCU와 나머지 카메라와 연결된 각각의 MCU로 구성된다. 카메라들은 개별 임베디드 보드(embedded board)가 구성되어 단일 카메라에 대한 제어나 영상수신을 담당한다. 그리고 각각의 임베디드 보드에서부터 전송된 데이터, 카메라 제어 및 영상처리 신호를 처리하는 임베디드 보드로 연결하거나 타깃 시스템(Target system)으로 전송

표 1. 전방향 카메라 비교

| 종류 | 크기 | 전원 | 가격(\$) | 방식 |
|---------------------------------|-------------------------------|--------------|--------|--------|
| SOIOS55-Cam (CCD) 640x480 | 102(W) 250(H) 102(D) | 12V 1.45A | 230 | 쌍곡면 거울 |
| SONY IMX021 (CMOS) 640X480 | 23.4(W) 23.4(H) 21.7(D) | 240mW | 1500 | 다중 렌즈 |
| One-Shot 360° (CMOS) 8.0Mpix | - | 12V 5A | 999 | 쌍곡면 거울 |
| Dodeca 2360 | - | - | 45000 | 다중 렌즈 |

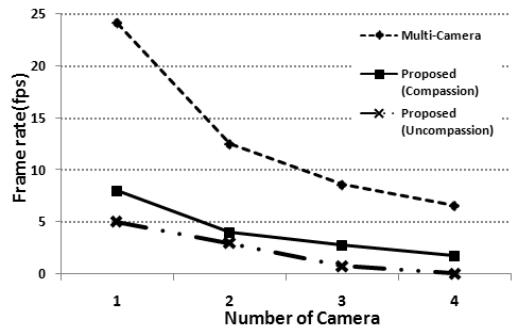


그림 1. 카메라 숫자와 평균 수신 프레임과의 관계

되는 구조로 되어 있다. 타깃 시스템은 여러 개의 카메라로부터 받아들이는 들어진 영상을 별도의 계산절차를 통해 하나의 영상으로 표현하거나 다중부를 구성하여 사용자에게 제공한다.

표 1에 전방향 카메라의 종류 및 가격에 대해 나타낸다^[6-8,17-22]. 구현된 제품보다 큰 사이즈를 지닌 소니사의 CMOS 카메라는 닛산 N35 자동차에 적용되며, 본 연구가 추구하는 목적과 일치한다. 하지만, 구동이나 시스템 방식은 비공개다. 소형화를 위한 쌍곡면거울 기반 제어 영상 시스템이 주요 되었으나 최근 다중렌즈 기반의 전방향 시스템이 활발하게 연구되고 있다. 전체적인 시스템에서는 점차 소형화 및 저전력화에 연구가 이루어지고 있다^[9,17,19-22].

그림 1은 논문^[9]에서 멀티카메라 영상 수신 프레임(Frame Rate)과 본 연구에서 구현한 영상 수신 프레임을 정량적으로 비교한 것이다. 프레임 차이에서 보면^[9]에 적용한 CMOS 카메라는 최대 30fps를 전송하지만, 구현 시스템 카메라는 10fps 전송한다. 논문^[9](Muti-Camera)와 비교

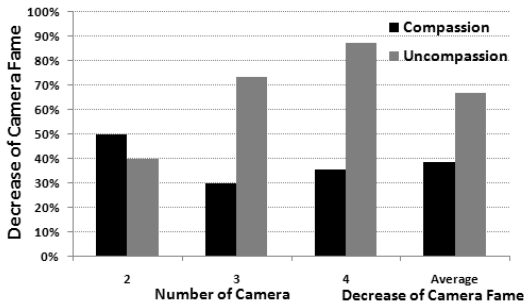


그림 2. 카메라 숫자와 영상압축 비압축의 프레임감소 관계

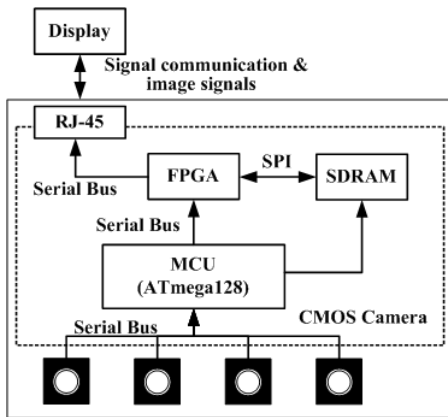


그림 3. 제안된 카메라 모듈과 연결구조

하면, 카메라 당 전송 버스폭(Bus band)의 제약으로 수신 프레임이 52~77%까지 감소한다.

그림 1의 Proposed와 그림 2는 적용된 카메라에서 압축·압축에 대한 성능비교를 카메라 수와 연관해서 테스트한 결과다. 그래프에서 압축·비압축 영상은 대역폭(Bandwidth)과 상관관계를 지닌다. 비압축 상태에서는 이미지 데이터 수신은 압축보다 50% 이하이며, 카메라가 4대의 이미지를 모두 수신하려면 약 2.4~4s의 시간이 요구된다. 이는 전반적인 이미지 사이즈가 많이 증가하면서 시스템 전반에 부하가 크기 때문이며 모든 카메라에 전송되는 영상과 영상 사이의 지연시간 및 체크시간도 동시에 증가하기 때문이다.

압축 영상에도 선행연구⁹⁾와 비교할 때 동일한 결과를 지니며, 본 연구에 추가고려 사항으로 대역폭뿐만 아니라 여러 영상 정보를 처리하는 MCU 성능(MCU performance)이 좌우하게 된다. 이 외에도 메모리관리 스케줄러, 동기화 및 접속관리도 중요하다. 그림 2와 같이 카메라 수에 따라 50%이상 이미지 전송에서 차이를 보여주고 있다.

이런 결과는 MCU와 카메라들 간에 전송 폭(transmission bandwidth)이 제한되기 때문이다. 그림 2와 같이 비압축 모드(uncompression mode)에서는 4개 카메라의 데이터 수신은 4배 이상의 대역폭이 요구되지만 실제로 버스의 폭은 1.5배 정도로 낮을 뿐만 아니라 순차적인 이미지를 처리해야 하기 때문에 지연시간(Time delay)의 할당 등 추가 시간이 요구된다. 그래서 본 시스템에서 비압축모드는 적용할 수 없으며, 압축모드로 구현한다.

3. SL-AVS 시스템

제안된 SL-AVS 내부 블록 및 다중 카메라의 동기 유지 및 제어를 위한 프레임 구조를 설명한다. 또한 SL-AVS와 Target의 데이터 송수신 블록 다이어그램으로 제안된 기법을 논의한다.

3.1 SL-AVS 구조 및 기능

본 절에는 그림 3의 멀티 카메라 모듈 블록도에는 이미지를 촬영하는 4대의 CMOS 카메라, SPI 포트를 가진 FPGA와 수신된 영상 및 동작 제어하는 저속 MCU(ATmega128)가 존재한다. FPGA, MCU의 SPI는 600Kbps, 1.2Mbps와 3.4Mbps 동작모드를 지닌다. 그리고 MCU는 시리얼 버스를 이미지 사이즈 및 데이터 크기에 따라 57600 or 115200bps로 통신을 하며, 수신 데이터 이미지는 320×240와 640×480 픽셀(Pixel)이다. 수신된 JPEG 압축 이미지의 데이터 크기는 평균 5600~8000byte로 320×240에 대한 전송 및 수신 대역폭에 문제가 없다. 하지만 앞장에서 언급한 것처럼 다중 카메라에 대한 데이터 전송폭이 부족하다. 낮은 대역폭을 이용하여 다수 카메라와 Target과의 데이터 전송 및 제어를 위해 MCU의 동기유지, 카메라 ID 부여, 효율적인 재전송 및 재동기 기법이 요구된다. 목적지 보드에서 4개의 영상을 결합하여 나타내는 것이기 때문에 타겟 보드에서는 320×960, 640×1920 이내의 전방향이미지로 나타낼 수 있다. 시스템의 총 소모 전력은 카메라 및 MCU, FPGA, SDRAM 영역을 포함하여 300mA/h 이하로 구동한다.

그림 3과 같이 구현 시스템에서는 FPGA와 MCU의 연결제어 및 MCU와 CMOS 카메라를 위한 다양한 프레임 구조가 필요하다. 또한 핵심적인 FPGA와 MCU의 프레임 구조를 나타낸다. 다수의 카메라를 외부의 메모리 없이 제어 및 관리를 하기 위해서는 MCU의 기능 및 처리가 중요하며, 효율적인 인터럽트 처리에 대한 선행 연구 및 구현이 이루어졌다¹⁰⁾.

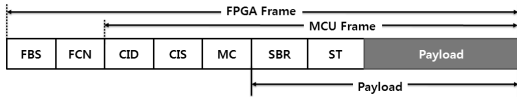


그림 4. FPGA와 MCU 프레임 구조

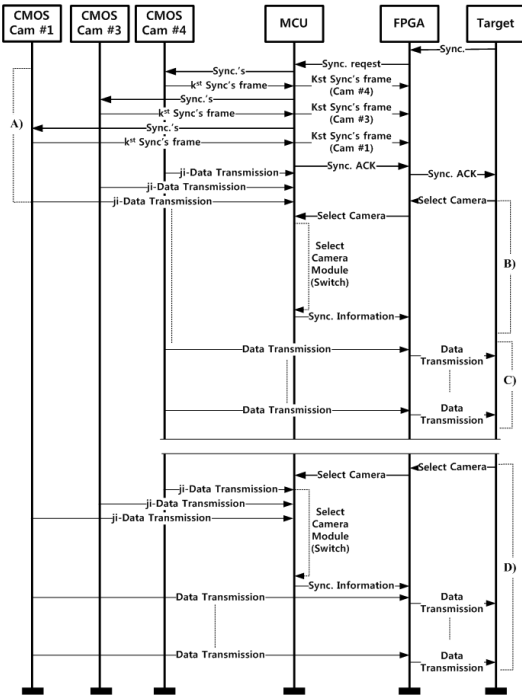


그림 5. 멀티 카메라와 타겟보드의 연결 모형 (Multi-Camera to Target Board for flow chart)

Target이 특정 카메라의 이미지 및 제어 요청을 구분하고 위해 목적지에서 제어 요청을 제공한다. 카메라와 영상에 대해 ID를 부여하고 이를 연결하고 제어할 장치가 필요하다. 앞에서 논의한 다중카메라와 단일 MCU와의 연결, 제어, 송수신을 위해 구현된 MCU 기능을 아래와 같이 나열 하였다.

- 카메라 송수신 신호 및 이미지를 Target에 연결
- 네 방향으로 연결된 카메라 각각에 대한 카메라 ID를 부여
- 연결 카메라들의 동기 유지 및 정보 기록
- 연결된 모든 카메라의 카메라 제어 담당
- Camera ON/OFF/Reset 등 하드웨어 부가 제어 기능

이를 기반으로, 사용자가 원하는 특정 카메라의 데이터 송수신 신호(Command) 및 데이터 수신(Data Transmis-

sion)을 담당하며, Target과 CMOS 카메라간의 동기 및 다른 카메라와의 연결 요구에 따른 카메라의 동기 정보를 유지한다. 만약 Target과 CMOS 카메라 동기변화가 발생할 경우 인터럽트로 구성된 MCU, FPGA는 정보를 기록한다. 프레임 구조는 그림 4와 같이 FPGA와 MCU 프레임으로 구성되어 있다. MCU는 카메라별 ID를 부여하고 동기를 처리하는 확장된 기능을 지닌다. 그리고 ID를 식별하고 수신된 영상처리 정보를 카메라 ID와 수신된 영상 번호(Image frame sequence number)에 따라 순차적으로 목적지에 전달한다. FPGA는 수신되는 데이터 크기에 따라 프레임 메시지를 전달한다.

FBS(FPGA Bandwidth Speed)는 FPGA와 MCU와의 대역폭을 설정하는 역할을 하며, MCU는 하위 카메라와의 대역폭을 설정한다. FCN (FPGA Command Number)는 타겟 컴퓨터에서 수신된 정보를 기반으로 원하는 방향의 이미지 및 전방향 이미지 수신을 위한 명령을 MCU에게 알리는 기능을 한다. CID(Camera ID)는 MCU에 연결된 카메라별 ID를 할당하며, 이 정보를 Target에 알려준다. FPGA는 MCU 프레임 정보를 기반으로 타겟 보드에 이미지를 전달하는 역할을 한다. 이는 초기 값으로 사용자 설정 후 변경되지 않는다. CIN(Camera Image sequence Number)로 수집된 이미지에 대한 넘버를 체크하고 수신된 프레임의 에러를 체크한다. MC(MCU Command)는 FPGA에서 카메라 제어 및 상위 계층에 카메라 동기 정보를 알려주는 역할을 한다.

지속적인 동기화를 위해 동기화 패턴 필드로 SBR(Synchronization Baud-Rate)와 동기화 타이머 필드ST(Synchronization Timer)로 구성된다. 동기화 패턴 필드는 속도(baud-rate)로 카메라와 MCU간 영상 데이터 전송 속도(Data transmitted speed)를 나타낸다. 그리고 동기화 시간은 접속 유지를 위한 하드웨어 시간이다. 두 개 프레임은 카메라와 MCU에서 초기 동기화에 사용되는 메시지로 동기화된 카메라들은 다른 카메라의 영상 정보를 전송에도 동기화 유지를 위해 3s마다 5ms 이내의 시간을 할당 받는다. 3s는 다중카메라와의 동기화 유지를 위한 최대 지연값(MAX delay time)으로 실측치이다.

3.2 SL-AVS 내부 전달 구조

제안된 카메라 시스템은 그림 5와 같이 크게 A)는 카메라 동기화 영역(synchronization scheme) 및 응답영역(ACK area) 그리고 카메라의 ID가 할당된다. B)는 타겟에서 요청하는 카메라를 선택하고, 선택 정보를 FPGA에 송신(Sync. Information)과 재동기 영역(resynchronization

scheme)으로 나뉜다. C, D)는 Target에서 요청하는 카메라 및 CMOS 카메라의 직접 동기화와 해당 카메라 이미지 정보의 전송 및 재수신(retransmitting)으로 구성된다.

MCU는 다수 카메라의 동기 정보 및 대역폭 정보를 지니며, 타겟에서 카메라를 변경할 경우 FPGA와 해당 카메라의 링크를 연결한다. 마지막으로 Target에는 상위계층으로 사용자가 원하는 영상을 송수신 하고 카메라를 제어하는 영역으로 구성된다. 다음은 각 영역에 대한 세부 설명이다.

A) Target으로부터 Sync.가 요청되면 FPGA는 MCU에 동기화 요구(Sync. request)를 한다. MCU는 연결된 카메라에 동기화 요구(Sync.'s)를 한다. 이 때 카메라들과 MCU는 일정시간 동안 송신하면서 보오레이트를 확인하는 동기 과정을 거친다. 각각의 카메라에 대한 동기화 시간은^[10]을 참고하며, 카메라의 동기화 시간은 $\left(\frac{\lambda T}{3}\right)k$ 로 전체 카메라와 MCU의 동기 시간은 수식 (1)로 설명할 수 있다. MCU와 카메라 동기를 위한 동기 메시지 수(k), 동기 시간(T) 및 신호(λ)는 일정한 수신 주기를 지닌다.

$$ES_m(T_{All}) = \left(\frac{\lambda T_{C_1}}{3}\right)k + \left(\frac{\lambda T_{C_2}}{3}\right)k + \dots + \left(\frac{\lambda T_{C_n}}{3}\right)k \quad (1)$$

$$= \sum_{i=1}^n \left(\frac{\lambda T_{C_i}}{3}\right)k$$

총 수신 시간은 전체 이미지 수신 시간과 재동기 시간 그리고 카메라와 MCU간에 처음 동기시간으로 구분된다.

카메라와 MCU간의 처음 동기시간을 수식 (1)이라 한다면, 전체 이미지 수신 시간은 개별 이미지 수신시간의 합임으로 개별 이미지 수신 시간 $m(k_{ij})$ 을 수식 (2), (3)과 같이 정의할 수 있다. $B(i)$ 는 완성된 하나의 이미지일 때, 한 개의 프레임 $b(i)$ 의 합($\sum_{i=1}^n b(i)$)이다. 한 프레임 합과 한 개의 이미지 사이즈를 나누면 1이므로 수식 (2)와 같이 나타낼 수 있으며, 한 개의 이미지 수신 전체 시간(P_i)일 때, 개별 프레임의 수신 시간 합($\sum_{j=0}^n p_j$)이다.

$$m(k_{ij}) = 1 = \frac{B(i)}{b(1) + b(i) + \dots + b(n)} \quad (2)$$

$$= B(i) = \sum_{i=1}^n b(i)$$

$$P_i = \sum_{j=0}^n p_j \quad (3)$$

전체 이미지 수신시간은 수식 (4)로 정의 될 수 있다.

$$F(T_{ij}) = \sum_{i=1}^N \left(\sum_{j=0}^n p_j\right) \quad (4)$$

재동기 시간은 기존의 재접속 기법으로 수식 (1)이 요구되고, 전체의 이미지 수(N)만큼 요구 된다. 하지만 제안된 동기 유지 기법은 수식 (1)이 필요 없고 ACK만 요청된다.

B) 영상 정보를 Target에 요구할 때 발생하는 순서를 나타내었다. FPGA는 ID를 기반으로 해당 카메라에 영상 정보를 요청하고 MCU는 기존 카메라 연결을 변경한다. MCU는 연결된 카메라들과 동기를 유지하고 있기 때문에, 카메라 변경(Switch) 요구에도 동기화를 확인후 재동기화 과정 없이 연결된다. MCU에서 다중카메라를 제어할 경우 카메라의 변경 때 마다 해당 이미지 수신을 위해 재동기가 이루어져야 한다. 하지만, MCU 인터럽트로 각 카메라의 동기 정보를 계속 유지한다면, 변경된 카메라의 재동기 시간을 최소화 할 수 있다. 개별 인터럽트로 유지하는 다수 카메라 동기 정보는 상위 계층인 FPGA와도 공유(Sync. Information)한다.

이러한 기능은 전방향 영상 정보 습득에 매우 유리하다. 만약 Target에서 순차적으로 카메라 영상을 요청하면, 수식 (1)은 매번 동일한 동기 요구로 프레임의 지연이 발생될 것이다. 몇 분이상 유지될 경우 초당 10프레임(M-JPEG) 이상을 전송하는 카메라들은 재동기나 프레임 재전송(frame request), 최악의 경우 이미지 유실이 발생될 수 있다.

C)는 동기이후 발생하는 해당 카메라로부터의 데이터 전송을 나타내며, 본 연구 구현은 144byte의 전체 크기에 128byte의 데이터 포맷을 지닌다. 이중 FPGA와 MCU에서 사용하는 프레임 크기는 3byte이다.

D)는 앞에 A~C)까지 초기 동기화 과정을 제외하고 나타내었다.

만약 카메라들의 이미지 정보를 메모리에 저장할 경우 이미지 데이터의 효율적인 메모리 저장, 이미지 관리 및 이미지 제공 지연(Delay)이 발생된다. 하지만 본 구현에 적용할 경우 JPEG에서는 실시간 이미지 정보보다는 1~4s 이전의 정보가 제공되기 때문에 Target 보드의 표시 이미지는 과거 정보가 된다. 본 제안과 같이 MCU의 인터럽트로 각 카메라에 대한 동기화를 유지하면서 수신되는 4방향에 대한 이미지 데이터 프레임은 별도의 메모리 영역이 존재하지 않아도 실시간으로 제공할 수 있다.

표 2. 시스템 구조

| | | |
|------|------------|---|
| 시스템 | 카메라 연결 시스템 | CMOS Camera 4set (1set, 4대 카메라로 구성) MCU : ATmega 128L FPGA : XC2S Serie Memroy : 256k 확장메모리 |
| | Target보드 | Alchemy AU 1250 (700Mhz / 256MB DDR) |
| | Map | 디지털 맵 (분당구 수내 1동 4거리) |
| 운영체제 | 카메라 연결 시스템 | 펌웨어 타입(MCU) / FPGA |
| | Target보드 | Window CE 5.0 |

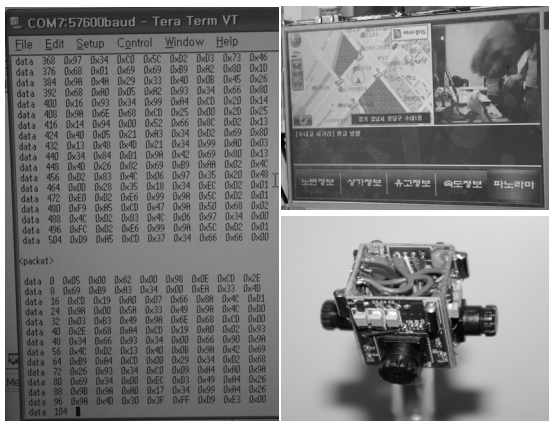


그림 6. 구현된 카메라 모형과 단말기

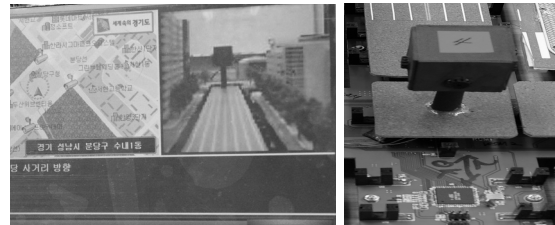
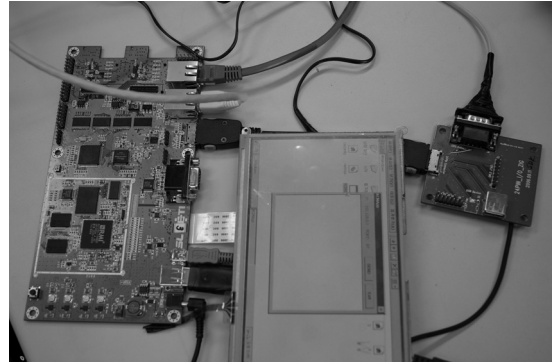


그림 7. 구현된 단말기 및 설치된 카메라 모듈

카메라 선택하고 제어할 수 있다. Target 보드는 Windows CE 5.0으로 이루어진 임베디드 시스템이다. Target 보드는 카메라 전체의 영상 정보를 수집하여 제공하고 다중 카메라의 특정 이미지 수집, 카메라 제어 명령을 한다. 응용 프로그램에서는 외부 메모리의 정보를 저장하여 저장 이미지 정보를 제공하고 지도를 연동한다.

단말기는 SPIO, Ethernet, WLAN 등으로 구성된 임베디드 시스템으로 KETI에서 개발되었다. 카메라 영상을 SPIO로 송수신할 수 있을 뿐만 아니라 제어 기능까지 담당한다. 이터넷은 수집된 영상 정보를 사용자가 지정한 목적지로 제공한다.

4. 구현 및 성능평가

4.1 응용 데모 시스템

구현된 데모 시스템은 표 2와 같으며 카메라와 단말기 그리고 지도와 연동되어 있다.

그림 3, 6과 같이 4개의 카메라를 한쌍(SL-AVS)으로 제작하여 총 4쌍을 지도상 4곳의 교차로에 위치하였다. 지도는 상용지도로써 표 2와 같이 일정 지역 정보를 제공받아 단말기에 이식하였으며, 일반 내비게이션의 지도와 동일한 프로토콜 구조를 지닌다. 실제 영역에 장착, 테스트 할 수 없는 공간적 제약으로 GPS 정보를 가상으로 제공한다. GPS 정보와 카메라 위치를 매핑하기 위해 접속 센서를 카메라에 장착하였다. 접속 센서를 터치하면 카메라 근처 센서들은 매핑된 가상 GPS 정보를 단말기에 전달한다.

단말기는 파노라마 모드 및 지도 터치에 의해 영상 및

4.2 성능 평가

제안 논문의 수신 이미지 테스트를 위해 M-JPEG보다는 JPEG으로 카메라와 Target사이 전송 테스트가 이루어졌다. JPEG으로 비교할 경우 성능에 대한 비교가 극명하게 나타낼 수 있으며, 이에 비해 영상은 측정, 비교하기가 매우 어렵다. 한 프레임 크기는 128byte로 320x240pixel의 이미지를 완성하기 위해서는 약 20~30번 전송이 필요하다. 본 구현에서 JPEG으로 데이터를 수신할 경우 동기화 시간을 제외하고 약 1.1s~1.4s가 필요하다.

그림 8은 첫 MCU와 카메라의 동기시간을 나타낸 것이다. 제안된 방식에서는 초기 동기화에 가장 많은 시간이 요구되는 것으로 나타났다. 그 이유는 다수 카메라 동기

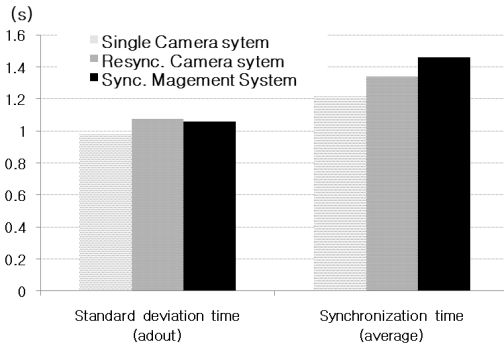


그림 8. 카메라와 MCU간 동기 시간

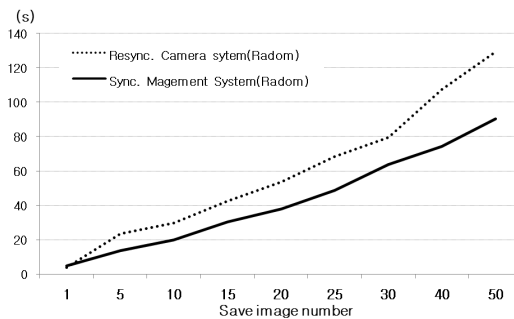


그림 9. 카메라 전환에 따른 이미지 수집 시간

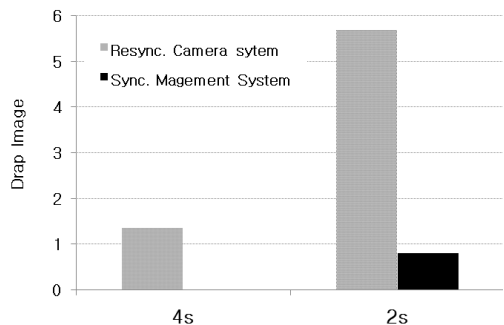


그림 10. 이미지 전송에 따른 손실 프레임 수

정보를 저장 제어하기 위한 프레임 구조의 오버헤드뿐만 아니라 MCU, FPGA와 정보를 유지하기 위한 기능이 포함되기 때문이다.

사용자가 요청하는 특정 카메라들의 이미지 정보를 실시간 측정 제공하기 위해 제안된 동기 관리 방법(Sync. Magement)과 재동기 카메라 시스템(Resync. Camera system)의 JPEG 이미지 수신 시간을 측정하였다. MCU와 다수 카메라의 재동기를 유발하기 위해 Target 보드는 1~4번 카메라를 랜덤으로 선택하여 이미지를 요구하였으

며, 총 JPEG 수는 총 50개이다. 카메라로부터 수신된 이미지가 서로 다름으로 데이터 사이즈는 약 10%의 오차가 발생한다.

그림 9와 같이 다수 카메라가 연결된 단일 MCU의 경우, Target의 카메라 변경 요청이 있을 때마다 재동기로 카메라 이미지를 제공하는 것보다 제안된 방식이 동기를 유지하고 관리하는 것 보다 10~20%이상 높은 성능을 보여주고 있다. 제안 기법에서 50장의 평균 이미지 수신 시간은 90.46s이며, 기존 재동기 방식은 129.25s, 1장당 이미지 평균 수신 시간은 2.58s가 걸리는 반면에 싱크 유지 기법은 1.8s이 필요하다. 또한 이미지 수신 시간을 제외한다면 전환된 연결 카메라의 동기 시간은 기존 1.4~1.6s에 비해 0.71~0.93s로 최소 30%이상 짧게 이루어진다.

그림 10은 그림 9와 동일한 실험 환경에서 2분의 영상 수집시간으로 제한한다. 그리고 몇 장의 이미지가 드롭되었는지를 상호 비교하였다. 2, 4초마다 Target에서 카메라 전환 요청 명령을 발생하였으며, 약 2초의 경우 60장, 4초의 경우 40장의 이미지가 수집된다. 결과에서 기존 방식은 2s 전환에 약 6장의 이미지 손실이 있는 반면, 제안된 방식은 약 1장의 유실이 발생하였다. 제안된 시스템의 카메라 스위치 요청이 기존에 비해 20%이상 향상된 성능을 보여주었다. 하지만 카메라 전환 요청이 5s이상 클 경우 두 기법 모두 이미지 손실이 없을 것이라 예상된다.

5. 결 론

본 연구는 MCU에 연결된 다중 카메라에 대한 동기화 유지 기법과 다중카메라 제어 관리를 구현하였다. 그리고 MCU의 동기화 유지 기법으로 재동기 시간을 최소화 하여 실시간 이미지를 사용자에게 전달 효율성을 10% 향상시켰으며, 카메라 간의 전환에서도 30% 이상 높은 효율성을 보여주었다. 결과적으로 동기화 유지 기법이 동기 유지 관리로 인해 스위칭(Switching)된 카메라로부터 이미지 수신이 빨랐다. 향후 자동차 및 초소형 항공기, 지하 철 분야에 사용될 수 있으며, 연구, 개발할 내용을 바탕으로 현재 특허와 기술을 대학 및 중소기업에 이전 중이다. 또한 현재 차량 및 항공기 등 산업에 임베디드 영상 기록 장치로써 다양한 분야에 사용하고 이동성을 지닐 수 있도록 전동식 렌즈 변경을 사용하며 WLAN과 ZIGBEE을 이용하여 무선으로 동일한 서비스를 제공하도록 개발 중에 있다.

감사의 글

상용 맵 엔진을 제공해주신 이너큐브와 단말기 플랫폼 프로그램을 제공해주신 마루정보통신 김동석 과장님에게 감사드립니다.

참고 문헌

1. The CMUcam Vision Sensors. <http://www.cs.cmu.edu/cmucam/>, 2008.
2. Sanae Shimizu1, Kazuhiko Yamamoto, Caihua Wang, Yutaka Satoh, Hideki Tanahashi and Yoshinori Niwa1 "Moving object detection by mobile Stereo Omni-directional System (SOS) using spherical depth image," Pattern Anal Applic 2006, January 2005.
3. COMedia Ltd., C328R User Manual, June, 2007.
4. Naoki MIDORIKAWA, Kazunori OHNO, Satoshi TADOKORO and Hiroyuki KUWAHARA, "Remote wireless face recognition employing zigbee," Proceedings of the 2007 IEEE International Workshop on Safety, Security and Rescue Robotics., Septmber 2007.
5. Davide Scaramuzza1, Agostino Martinelli and Roland Siegwart, "A Flexible Technique for Accurate Omnidirectional Camera Calibration and Structure from Motion," ICVS 2006.
6. Zoran Zivkovic and Olaf Booij, "How did we built our hyperbolic mirror omni-directional camera - practical issues and basic geometry," UvA technical report, 2005.
7. Zoran Zivkovic, Olaf Booij, Ben Kröse, Elin A. Topp and Henrik I. Christensen "Omnidirectional Mobile Robot Navigation based on Omnidirectional Vision.," IEEE Japan Vol. 01, No. 20-30, pp. 25-29, 2001.
8. inoru Shinohara, "Future Direction for Enhanced Safety," Niassn Motor Co., Ltd, June 2007.
9. hulsung Park, Pai H. Chou, "Development of Small-Size Multi Camera System for Snake-like Robot, and Display of Wide View-Angle Image," ACM 2006, pp. 359-360, 2006.
10. 박현문, 박수현, 이명수, 서해문, 박우철, 장윤정, "Stepwise 동기화 지원을 위한 CMOS 이미지 센서 Firmware 설계 및 개발," 시뮬레이션학회지, Vol. 17, No. 4. pp. 199-208, 12. 2008.
11. Rahimi, R. Baer, Obimdinachi I. Iroezzi, Juan C. Garcia, Jay Warrior, Deborah Estrin, and Mani Srivastava, "Cyclops: In Situ Image Sensing and Interpretation in Wireless Sensor Networks," in Proceedings of the 3rd international conference on Embedded networked sensor systems, November. 2005.
12. COMedia Ltd., C328R User Manual, June, 2007.
13. Ikdong Kim, Jaechang Shim, Jason Schlessman and Wayne Wolf, "Remote wireless face recognition employing zigbee," DSC 2006, in conjunction with ACM SenSys 2006, October 2006.
14. Chulsung Park, Pai H. Chou, "eCAM: ultra compact, high data-rate wireless sensor node with a miniature camera," ACM 2006, pp. 359-360, 2006.
15. X Chen, J Yang and A Waibel, "Calibration of a Hybrid Camera Network," ICCV'03, Vol. 1, pp. 150-155 October 2003.
16. Fuad Khan, Michael Chapman and Jonathan Li, "Camera Calibration for a Robust Omni-directional Photogrammetry System," MMT2007, may 2007
17. Bakstein, H. and Pajdla, T. "Panoramic Mosaicing with a 180 degree Field of View Lens.," Proc. IEEE Workshop on Omni-directional Vision, pp. 60-67. 2002
18. Y. Yagi, "Omnidirectional Sensing and Its Applications," IEICE Trans. INF. & SYST., Vol. E82-D, No. 3, pp. 568-579, March 1999.
19. <http://www.suekage.com/>
20. <http://www.giroptic.com/>
21. <http://immersivemedia.com/>
22. <http://world.honda.com/>



박 현 문 (kimagu@naver.com)

2004년 한세대학교 정보통신학부 공학사
2006년 국민대학교 전자공학과 정보통신학 석사
2006년~2008년 8월 국민대학교 BIT 비즈니스 정보통신 박사수로
2008년 9월~현재 전자부품연구원 연구원

관심분야 : 위치인지, USN, WLAN, 해양 통신



박 수 현 (shpark21@kookmin.ac.kr)

1988 고려대학교 컴퓨터학과 이학사
1990 고려대학교 대학원 전산학 이학석사
1998 고려대학교 대학원 컴퓨터학 이학박사
1990 (주) LG 전자 중앙연구소 선임연구원
1999~2001년 동의대학교 공과대학 컴퓨터·소프트웨어 조교수
2002~현재 국민대학교 비즈니스 IT학부 부교수

관심분야 : USN, UW-ASN



서 해 문 (bmoons@keti.re.kr)

2000 경북 대학교 전자공학 공학석사
2009 경북 대학교 전자공학과 공학박사
2002~2004 삼성전자 통신연구소 R&D 센터
2004~현재 전자부품연구원 선임연구원

관심분야 : RFIC, RF 시스템, 통신시스템



박 우 출 (wcpark@keti.re.kr)

1997 한양대학교 전자공학 공학석사
2002 한양대학교 전자공학과 공학박사
2002~현재 전자부품연구원 책임연구원

관심분야 : ZigBee, 보안 시스템, USN, Mesh Networking