

특징기반 주의 모듈을 사용하는 CMOS 디지털 이미지 센서

박민철* · 최경주** · Takayuki Hamamoto***

요약

본 논문에서는 A/D 변환기, 모션 예측 회로와 ROI(Region of Interest) 탐지를 위한 주의 모듈로 구성된 CMOS 디지털 이미지 센서를 소개한다. 현재 논문에서 제시하고 있는 이미지 센서의 A/D 변환기와 모션 예측 기능은 하드웨어인 0.6 μm 의 CMOS 프로세싱 회로(processing circuit)로 구현되어 있으며, ROI 탐지는 주의 모듈로서 소프트웨어로 구현되어 있다. 현재의 이미지 센서는 명암도의 변화에 반응하며, 모션을 예측하기 위해 시간정보를 사용하기 때문에 이미지 센서의 응용분야는 한정되어 있다. 센서라는 본래의 특징을 가지게 하면서 이의 응용분야를 확장하기 위하여 정지영상 및 동영상을 위한 특징기반 주의 모듈을 사용하여 이미지 센서에 인지기능을 부여하고자 한다. 이러한 접근법을 통해 이미지 센서는 모션이 예측되지 않거나 명암도 변화가 감지되지 않을 경우에도 부가적인 기능을 할 수 있다. 실험결과를 통해 현재 구현된 이미지 센서의 효율성 및 다양한 분야로의 확장가능성을 확인할 수 있었다.

키워드 : 이미지 센서, A/D 변환기, 모션 예측, 인지, 주의 모듈

A CMOS Digital Image Sensor with a Feature-Driven Attention Module

Min-Chul Park* · Kyungjoo Cheol** · Takayuki Hamamoto***

ABSTRACT

In this paper, a CMOS digital image sensor, which consists of A/D conversion, motion estimation circuits, and an attention module for ROI (Region of Interest) detection is presented. The functions of A/D conversion and motion estimation are implemented by 0.6 μm CMOS processing circuit as hardware, and the attention module is implemented outside the circuit as software currently. Attention modules are taken to improve limited applications of the smart image sensor. The current smart image sensor responds to the changes of intensity, and uses the integration time to estimate motion. Therefore it is limited in its applications. To make up for inherent property of the sensor from circuit design and extend its applications we decide to introduce perception solutions to the image sensor. Attention modules for still and moving images are employed to achieve such purposes. The suggested approach makes the smart image sensor available with additional functions for such cases that motion estimation or intensity changes are not observed. Experimental result shows the usefulness and extension of the image sensor.

Key Words : Image Sensor, A/D Conversion, Motion Estimation, Perception, Attention Module

1. 서론

영상 감지(sensing) 및 처리(processing)의 통합은 영상 신호를 병렬적으로 사용하게 함으로써 전통적인 패러다임인 “감지-입력-처리” 기반의 영상 처리 시스템에 비해 빠른 처리를 할 수 있도록 한다[1]. 본 논문에서 소개하는 디지털 이미지 센서는 이러한 목표를 달성하기 위하여 고안된 것이다.

본 논문에서 제시하는 CMOS 디지털 이미지 센서는 A/D 변환기, 모션 예측 회로로 구성된다. A/D 변환기는 모든 디

지탈 이미지 센서에서 필요한 것으로, 입력되는 정보를 비교기(comparator)에서 미리 정의된 비트 형태(8비트)로 변환한다. 모션 예측은 영상 시퀀스를 압축하는 데 있어서의 핵심적인 영상 처리 기술 중 하나이다[1-4]. 현재 구현된 이미지 센서는 명암도 변화에만 반응을 하며, 모션을 예측하기 위해 시간정보를 사용하므로 센서 자체의 높은 성능에 비해 그 응용분야가 매우 제한될 수 밖에 없다. 본 논문에서는 하드웨어적인 면에 있어서의 이러한 제약사항을 뛰어넘기 위하여 인지적 해결책을 새롭게 제안한다.

최근 CMOS 공정기술이 발전됨에 따라 단순히 광신호를 전기신호로 변환하는 영상센서의 개발 뿐 아니라, 얻어진 영상정보에 대한 처리기능을 담당하는 하드웨어 구현에 대한 연구도 이루어지고 있다[5-10]. 그러나 CMOS 회로로 필요한 모든 프로세스를 구현하려면 비용이 꽤 들 뿐만 아니

* 정 회 원 : 한국과학기술연구원 시스템연구부 선임연구원
** 정 회 원 : 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 조교수(교신저자)
*** 비 회 원 : 일본 동경이과대학 전기공학과 조교수
논문접수: 2007년 11월 30일
수정일: 2008년 2월 4일
심사완료: 2008년 2월 18일

라, 필요로 하는 모든 기능들을 가진 이미지 센서를 설계하는 것도 쉽지 않은 일이다. 이러한 기능들은 아주 명세화 되어있으며, 복잡하고, 또 어떤 경우에는 이러한 기능들 간 서로 상관관계가 없는 경우가 많기 때문이다. 이러한 이유 때문에 우리는 이미지 센서를 감지(sensing)나 처리(processing)와도 같은 보편적인 기능 회로(circuit)로 구현하고, 그 외의 처리는 소프트웨어로 구현하는 이미지 센서를 설계하였다. 물론 현재 소프트웨어로 구현된 주의 모듈이 하드웨어 센서 내로 통합된다면, 영상을 구성하고 있는 모든 화소들을 회로 밖으로 출력시키지 않고도 영상의 ROI를 추적하는데 이 센서를 사용할 수 있다.

시각적 주의에 관련된 많은 연구결과들에 의하면, 인간의 시각 시스템은 시각적 주의 능력에 의하여 눈으로 주어진 영상을 모두 처리하는 것이 아니라, 사람 눈에 가해지는 몇몇 주의영역으로부터 필요한 몇몇 정보만을 추출하여 그 정보에 대하여 다른 정보에 비해 더 자세한 처리가 수행되도록 한다고 한다[11]. 시각적 주의에 관한 연구로는 인간의 시각적 주의에 대한 심리학적인 계산 모형[12], 어느 정도의 선까지만 생물학적인 증거에 기반을 두고, 실질적인 데이터를 가진 응용 분야에 적용하기 위한 컴퓨터 시각에서의 시각적 주의 시스템[13], 능동 시각에서의 시각적 주의 시스템의 쓰임 연구[14], 그리고 시각적 주의에 대한 신경심리학적 연구[15] 등이 있다. 비록 고수준의 특징이 주의 영역을 결정하는데 있어 아주 유용하지만 일반적으로 이미지가 무엇을 담고 있는지에 대한 정보를 미리 알기는 힘들다.

본 논문에서는 사용되는 주의 모듈은 비디오 영상을 받아들이며, 비디오 프레임 간 특징 추출에서는 모션 벡터를, 프레임 내에서의 특징 추출에서는 명암도, 색상 등과 같은 일반적인 정지영상에 대한 시각적 주의 시스템에서 주로 채택하는 특징을 사용하였다. 상향식 방식으로 설계된 시스템은 입력되는 시각 자극 전반에 걸쳐 분포되어 있는 여러 다양한 기본 특징을 추출함으로써 연계 되는 상향식 단서(또는 현재화 단서)에 의해 주의가 가해지는 영역을 탐지한다[15]. 따라서 제안된 주의 모듈은 정지영상과 움직이는 영상 모두에 작동을 하며, 제안된 주의 모듈을 통하여 스마트 이미지 센서가 모션 예측 또는 명암도 변화를 감지하지 못했을 때에도 이를 처리할 수 있는 부가적인 기능을 가질 수 있다.

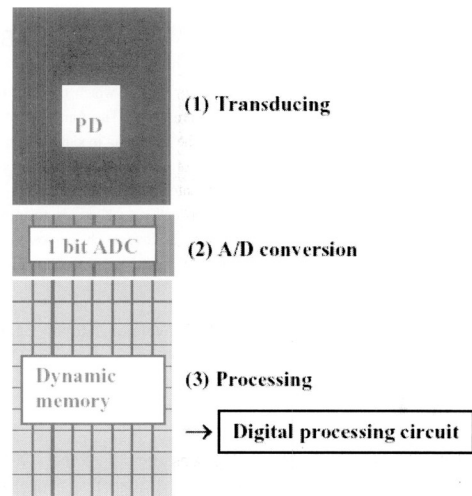
현재 국내에서 가장 활발히 연구되고 있는 시각(인식) 센서의 응용분야는 로봇분야이며, 목적에 따라 기능적으로 사람 눈과 같은 생체구조를 갖는 시각인식 모듈, 저조도 환경용, 액체렌즈를 활용하거나 또는 WDR(Wide Dynamic Range) 성능을 갖는 시각인식 모듈 등으로 구분될 수 있다. 하지만 본 연구논문과 같이 사람 눈과 같은 생체 구조를 갖는 시각인식 모듈은 의학적 및 심리학과에서 많은 연구가 진행 중이나 아직 그 실현가능성은 매우 낮은 것으로 판단되고 있는 형편이다. 국내에서는 연구되고 있는 많은 연구가 시각 인식 모듈을 하드웨어로 구현하는 것을 지향하기 보다는 소프트웨어 차원에서 구현하는 것으로 보고되고 있다[16-19].

다음 2장에서는 디지털 이미지 센서의 회로 설계에 대해 설명하고, 3장에서는 이미지 센서의 추가적인 기능을 위한 인지적 해결책으로 고안된 주의 모듈에 대해 설명한다. 이어 4장에서는 실험 결과를 분석하고, 5장에서 결론을 맺는다.

2. 이미지 센서 설계

본 논문에서는 [3]과 [4]에 구현된 이미지 센서에 주의 모듈을 적용한다.

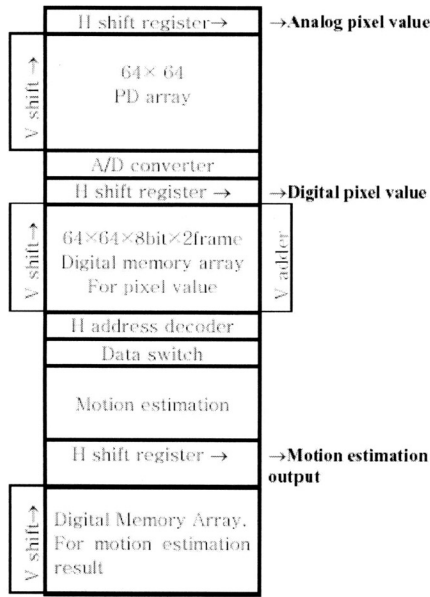
이미지 센서는 열 병렬(column parallel) 구조로 설계되었는데, 열 병렬 구조는 PD 어레이와 열 병렬 ADC 회로, 그리고 모션 예측 회로로 되어 있다.((그림 1) 참조). 각 열의 화소는 하나의 A/D 변환 회로를 공유하므로 처리속도가 빠르다. 센서는 PD 어레이, 디지털 메모리 어레이, ADC 회로, 그리고 모션 예측을 위한 디지털 처리 회로 등 4개의 요소로 구성된다. 각 열은 8비트의 A/D 변환 당 1비트의 작은 ADC 회로를 공유한다. 또한 1비트의 비교기는 반복적으로 각 단계에 있어서의 2비트의 픽셀값을 결정한다. ADC는 PD값을 통합하기 위해 4단계(s1, s2, s3, s4)로 나뉘어 프로세싱이 이루어진다. 각 단계에서 2비트의 픽셀값이 결정되므로 8비트값은 모든 통합이 끝나면 결정된다. A/D 변환기의



(그림 1) 이미지 센서 설계

<표 1> 각 서브 프레임 별 참조 전위

	MSB bit8	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1
S1(1/8)	16	8						
S2(1/4)	32	16	8	4				
S3(1/2)	64	32	16	8	4	2		
S4(1)	128	64	32	16	8	4	2	1



(그림 2) 프로토타입의 블록 다이어그램

<표 2> 프로토타입 요강

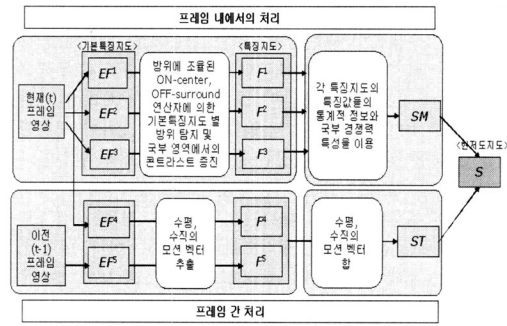
		CMOS 이미지 센서 (CMOS Image Sensor)
프로세스 (Process)		0-6[μm] 2-poly 3-metal
센서 유닛 (Sensor Unit)	크기	40X40[$\mu\text{m}^2/\text{pixel}$]
	화소 수	64X64[pixels]
	Fill Factor(%)	74.7[%]
메모리 유닛 (Memory Unit)	비트 수	16bit
	구조	DRAM
	트랜지스터 수	32[Numbers of Tr./pixel]
디지털 프로세스 유닛 (Digital Process Unit)		모션 예측 (Motion Estimation)

처리 회로는 8 비트의 A/D 변환을 수행하기 위해 1비트의 비교기를 사용하기 때문에 아주 작다. ADC 프로세싱의 각 단계의 간격은 동일하지 않는데, s1, s2, s3, s4의 프로세싱은 각각 1/8 프레임, 1/4 프레임, 1/2 프레임, 1 프레임의 시간이 걸린다. 이러한 원리에 따라 참조값(reference value)의 수는 14에서 8로 줄어들게 되어 주변회로 크기 역시 작다.

<표 1>은 각 서브 프레임 별 참조값을, (그림 2)와 <표 2>는 이미지 센서의 프로세싱 원리와 프로토타입 요강을 보여준다[3-4].

3. 특징기반 주의 모듈

주의 모듈은 인간의 지식, 생각하는 방식, 개인의 경험수



(그림 3) 주의 모듈의 전반적인 처리과정

준에 따라 다르게 정의될 수 있다. 그러나, 주의 모듈의 목표는 결국 영상 내에 ROI를 탐지하는 것이라 할 수 있다. 본 논문에서 제안하는 주의 모듈은 현저도지도를 기반으로 ROI를 탐지한다. 현저도지도란, 시각적인 환경에 놓여있는 특이할만한 물체들에 대한 정보를 가지고 있는 2차원 지도를 뜻하는 것으로써 시각장의 각 장소마다 현저한 물체를 표시한다. 이러한 영상의 공간적인 현저도를 기반으로 한 현저도지도를 이용하면 주의가 가해진 장소를 찾기가 용이해진다. 이 현저도지도를 탐지하고자 하는 ROI에 대한 선지식이 필요없는 시각적 주의의 상향식 방식에 기반을 두고 구성된 것이다[16].

본 논문에서 제안하는 주의 모듈의 전반적인 처리과정은 (그림 3)과 같이 크게 특징 추출과 통합으로 나누어 처리된다. 특징 추출 및 통합은 프레임 내에서의 특징 추출과 프레임 간 특징 추출로 구분되어지는데, 프레임 내에서의 특징 추출은 현재 입력된 프레임 영상 내에서 밝기 및 색상, 방위에 관련된 특징(F^1, F^2, F^3)을 추출하는 것이며, 프레임 간 특징 추출은 현재 프레임 영상과 이전 프레임 영상 간 모션특징(F^4, F^5)을 추출하는 것이다. 이렇게 프레임 내부 및 프레임 간 추출된 특징은 특징 통합 단계에서 하나의 전역적인 현저도지도(S)로써 재구성된다. 이 전역적인 현저도지를 통해 ROI를 탐지한다.

3.1. 특징 추출

3.1.1 프레임내 특징 추출

기본특징지도 인간의 시각적 주의에 영향을 미친다고 알려진 무색상과 색상에 관련된 2가지 종류의 특징지도를 입력영상으로부터 추출한다. 무색상 특징지도로는 입력영상의 밝기값을 사용한 1개의 무색상 관련 기본특징지도가 추출되었고, 색상 특징지도로는 인간의 색상 처리 과정에서 보이는 '색상 대립(color opponency)'을 바탕으로 한 2개의 색상 관련 기본특징지도가 만들어졌다. 색상은 인간의 시각이 물체를 구분할 수 있는 가장 큰 특징 중의 하나이며, 정신생리학적 결과에 의하면 색상이 전-주의 단계에 있어 특징 선택 작업에 큰 역할을 한다고 한다. 또한 밝기 정보는 시

각장면의 현저한 영역을 선택하는데 유용한 특징이 될 수 있으며, 색상정보가 사용될 수 없는 경우에도 유용하게 사용될 수 있다. 본 연구에서는 밝기정보를 사용하여 무색상 관련 기본특징지도(EF^1)를 만들고, 인간의 색상처리에 관련된 정보를 바탕으로 하여, '적/녹', '청/황'의 2가지 색상대립을 모델링하여 2개의 색상관련 기본특징지도를 만들었다 (EF^2 , EF^3). 무색상 관련 기본특징지도는 밝기정보를 이용하는데, 밝기정보는 컬러영상을 입력받았을 경우 색상정보를 사용하여 식(1)과 같은 형식으로 추출할 수 있다. 여기서, R , G , B 는 각각 적색, 녹색, 청색을 나타내는 추상채 반응이라 가정한다.

$$EF_{x,y}^1 = (R + G + B) / 3 \quad (1)$$

색상에 관련된 기본특징지도를 만드는 순서는 다음과 같다. 먼저, 3가지 추상채 R , G , B 로부터 $r = R - (G + B) / 2$, $g = G - (R + B) / 2$, $b = B - (R + G) / 2$, $y = R + G - 2(|R - G| + 2)$ 와 같이 다른 색상과 조금도 회색되지 않은 순수한 색상에 조율된 채널 r , g , b , y 를 생성한다. 이렇게 생성된 채널 r , g , b , y 를 사용하여 '적/녹' 대립 세포에 따른 EF^2 을, '청/황' 대립 세포에 따른 EF^3 을 식 (2)와 식 (3)에 의해 만든다.

$$EF_{x,y}^2 = r - g \quad (2)$$

$$EF_{x,y}^3 = b - y \quad (3)$$

재구성된 특징지도 이렇게 생성된 모든 기본특징맵들을 서로 다른 특징추출기법에 기인한 across-modality 상이점을 배제하기 위해서 생성된 3개의 독립적인 기본특징맵들을 모두 0~1 사이의 값으로 정규화하고, 각각의 기본특징맵들로부터 방위를 탐지하고, 국부적인 영역에 있어서 주변과 크게 다른 영역을 부각시키는 반면 그 주변부는 억제시키는 효과를 나도록 하기 위하여 8가지 방위($\theta \in \{0, \pi/8, 2\pi/8, \dots, 7\pi/8\}$)를 가진 ON-중심, OFF-주변 연산자인 $h(\theta)$ 필터를 사용하여 식 (3)과 같이 계산한다.

$$F_{x,y}^k = \sum_{\theta} \left[\sum_{m,n} EF_{m,n}^k \cdot h_{x-m,y-n}(\theta) \right]^2 \quad (4)$$

식 (4)에서, 각각의 기본특징지도는 $h(\theta)$ 필터와 회선되어지며, 회선 후 회선된 영상의 콘트라스트를 증가시키기 위해 회선된 결과가 제곱되어지고, 방위별로 나누어진 여러 지도들은 가장 반응이 큰 하나의 방위로 통합되어진다. 여기서 $h(\theta)$ 필터는 식 (5)와 같이 계산된다.

$$h_{x,y}(\theta) = |K_1 \cdot G_{x,y}(\sigma, \gamma_1 \cdot \sigma, \theta) - K_2 \cdot G_{x,y}(\gamma_2 \cdot \sigma, \gamma_1 \cdot \gamma_2 \cdot \sigma, \theta)| \quad (5)$$

식 (5)에서, $G(\cdot, \cdot, \cdot)$ 은 방위를 가진 2차원 가우시안 함수이며, K_1 , K_2 는 양수, γ_1 은 2개의 가우시안의 이심률, γ_2 는 ON과 OFF 가우시안 간의 폭 비율을 뜻한다.

3.1.2 프레임 간 특징 추출

이전 프레임 영상과 현재 프레임(t) 영상과 이전 프레임(t-1) 영상의 명암도 영상 EF^4 , EF^5 을 사용하여 수평, 수직 모션 벡터 F^4 와 F^5 를 추출한다. 프레임 간 시간변화는 강한 시각적 주의를 일으키므로 이러한 프레임 간 변화는 시각장면의 현저도를 결정하는데 있어 중요한 역할을 한다.

$$F^4 = EF_{x,y}^4 - EF_{x-1,y}^4 - (EF_{x,y}^5 - EF_{x-1,y}^5) \quad (6)$$

$$F^5 = EF_{x,y}^5 - EF_{x,y-1}^5 - (EF_{x,y}^4 - EF_{x,y-1}^4)$$

3.2 특징 통합

3.2.1 프레임 내 및 프레임 간 특징 통합

본 논문에서 사용하는 특징 통합 방법은 각 특징지도들 구성하고 있는 특징값들의 통계적 정보와 국부적인 경쟁력 특성을 이용한 아주 간단한 방법으로, 그 수는 적지만 의미 있는 활성성을 보이는 특징이 함유된 지도는 강조되고, 그렇지 않은 지도는 억제한다.

먼저 프레임 내부에서 추출된 여러 특징지도를 통합하여 하나의 현저도지도들을 생성하는 방법은 다음과 같다. 가장 먼저, 1.1절에서 계산된 각각의 특징지도 $F^k(k=1,2,3)$ 를 입력받아 이를 $LoG(Laplacian of Gaussian)$ 함수로 생성된 넓은 크기의 2차원 필터로 회선(convolution)한 후, 입력받은 원래의 영상과 더한다(식 (7) 참조).

$$F_{x,y}^k = \sum_{m,n} (F_{m,n}^k \cdot LoG_{x-m,y-n}) + F_{x,y}^k \quad (7)$$

이러한 과정이 일정횟수동안 반복되는데, 이러한 처리과정은 입력되는 지도안의 특징값들에 대해 좁은 범위에 있어서는 협동작용이, 넓은 범위에 있어서는 경쟁작용이 일어나는 효과를 내게 된다. 이는 특징지도 안의 국부적인 영역에서의 특징값들과 다른 주변영역의 특징값들을 비교하여 그 차이가 크면 해당 특징값을 활성화시키고 그렇지 않으면 억제시키는 경쟁 메커니즘이라 할 수 있으며, 이는 인간의 뉴런들이 측면억제에 의한 결합 방식을 띠고 있다는 실험적 증거를 모사하고 있다고 할 수 있다. 이러한 과정을 통해 결과적으로 계산된 지도 F^k 는 식 (8)과 같이 계산되어 3개의 현저도지도들을 만든다.

$$SM_{x,y}^k = \frac{SF_{x,y}^k - MinSF}{MaxSF - MinSF} \quad (8)$$

$$\text{단, } SF_{x,y}^k = F_{x,y}^k \times (MaxF^k - AveF^k)^2$$

여기서, $MaxF^k_{x,y}$ 는 $F^k_{x,y}$ 를 구성하는 특징값 중 가장 큰 값을, $AveF^k_{x,y}$ 는 $F^k_{x,y}$ 에서 $F^k_{x,y}$ 를 구성하는 특징값의 최대 값인 $MaxF^k_{x,y}$ 을 제외한 값들의 평균값을 뜻하며, $MaxSF$ 와 $MinSF$ 는 각각 $SF^4_{x,y}$, $SF^5_{x,y}$, $SF^3_{x,y}$ 를 구성하는 모든 특징값 중 가장 큰 값과 가장 작은 값을 뜻한다.

활동량이 있는 모든 지점에 대해서 전체 지도안에서 가장

큰 활동량과 평균 활동량을 비교하면 현재 지점의 활동량이 평균 활동량에 비해 얼마나 다른지 알 수 있게 된다. 이런 차이가 크면 클수록 해당 지도내의 특정 지점에서의 활동량이 다른 지점에 비해 두드러진다는 말이 되고, 그렇지 않으면 해당 지도는 별로 독특하지 활동양상을 보이는 값만을 가지고 있다는 말이 된다. 따라서 식 (8)에 의해 계산되어진 $SM_{x,y}^k$ 지도는 전체적으로 평이한 특징값을 가지고 있던 특징지도들은 전체적으로 그 특징값이 저하되고, 그렇지 않은 지도들은 예전에 비해 높은 값을 가지게 된다. 이를 통해 최종 목표 영역을 탐지하기 위해 필요없는 정보를 가지고 있는 특징지도들을 걸러낼 수 있다. 이에 제안된 주의모듈에서는 현재지도도 $SM_{x,y}^k$ 을 단순히 모두 합하여 프레임 내부에서의 현재지도도 $SS_{x,y}$ 를 만든다. 특정 정지영상에 대한 현재지도도를 통해 얻어진 영역 세그멘테이션(segmentation) 결과가 4장에 보인다.

또한 프레임 간 특징통합은 현재 프레임과 이전 프레임에서 얻어진 영상을 대상으로 수평, 수직 모션 벡터를 찾은 후, 이를 더하여 하나의 모션벡터를 생성한다. 이렇게 생성된 모션 벡터로부터 얻어진 현재도 강도를 프레임 간 현재지도도 $ST_{x,y}$ 로 사용한다.

3.2.2 프레임 내 및 프레임 간 현재지도도에서의 ROI 결정

프레임 내부, 그리고 프레임 간 얻어진 2개의 현재지도도에서의 ROI 결정은 특징통합과정을 통해 일어난다. 프레임 간 추출된 특징과 프레임 내부에서 추출된 특징이 통합되어 다시 하나의 현재지도도로 구성되고, 이 현재지도도의 현재도에 따라 ROI가 선택된다.

프레임 내부에서 추출된 특징은 현재의 영상에서의 공간 현재도를 나타내고, 프레임 간 추출된 특징은 현재 프레임 영상과 이전 프레임 영상 간 시간 현재도를 나타낸다. 일반

적으로 사람들은 공간변화보다는 시간변화에 먼저 주의를 주게 되므로 시간 현재도가 공간 현재도 보다 우선순위가 높다고도 볼 수 있겠다. 이런 이유 때문에 본 논문에서는 프레임 간 추출된 특징으로 만들어진 시간 현재지도도를 통해 얻어진 ROI에 해당하는 화소값에 대한 가중치를 프레임 내 추출된 특징으로 구성된 공간 현재지도도를 통해 얻어진 ROI에 해당하는 화소값에 대한 가중치보다 높게 설정한다. 따라서 현재 본 논문에서의 접근방법에 의하면 2가지 형태의 현재도(공간과 시간 ROI)가 하나의 현재도를 만들기 위해 경쟁하면, 결국 얻어지는 것은 시간 현재지도도의 ROI가 채택되어진다.

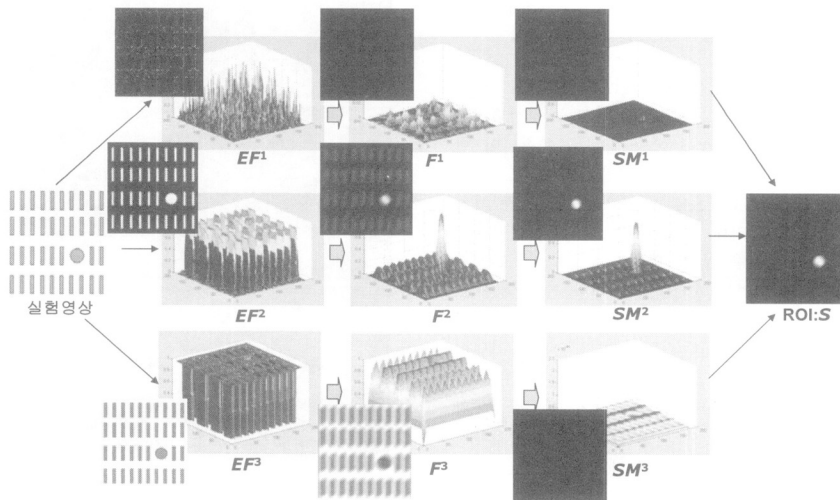
4. 실험결과

실험은 주의 모듈에 대한 간단한 성능분석을 위한 실험과, 실제 이미지센서로 감지된 실영상을 주의 모듈을 사용했을 경우의 성능분석을 위한 2가지의 실험을 수행하였다.

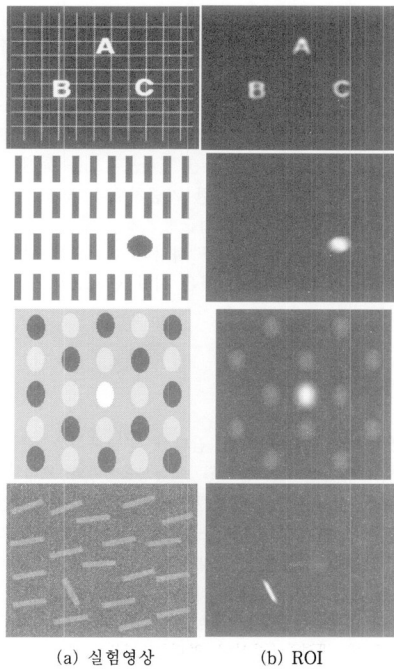
주의모듈에 대한 성능분석을 위해서 (그림 4)와 (그림 5)와 같은 간단한 인공영상을 대상으로 실험을 하였으며, 주의 모듈을 사용하는 이미지 센서에 대한 성능분석을 위해 (그림 6)과 같은 실영상을 대상으로 실험하였다. 각 영상의 ROI는 ROI에 대한 선지식이 없다는 가정하에 상향식 방식에 의해 탐지되었다.

4.1 간단한 인공영상에 대한 실험

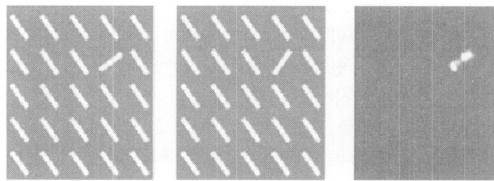
주의 모듈은 (그림 4)~(그림 6)에서와 같이 다른 부분과 현저히 다른 주의 영역을 제대로 탐지함을 볼 수 있다. (그림 4)는 제안하는 시스템이 간단한 컬러 인공영상을 입력받아 처리되는 과정을 보여준다. 각 단계별 지도영상과 함께 지도영상을 구성하고 있는 특징값들을 분포도를 함께 볼 수



(그림 4) 실험을 통해 본 전체적인 주의 모듈의 흐름도



(그림 5) 간단한 인공영상에 대한 실험 예 : 정지영상



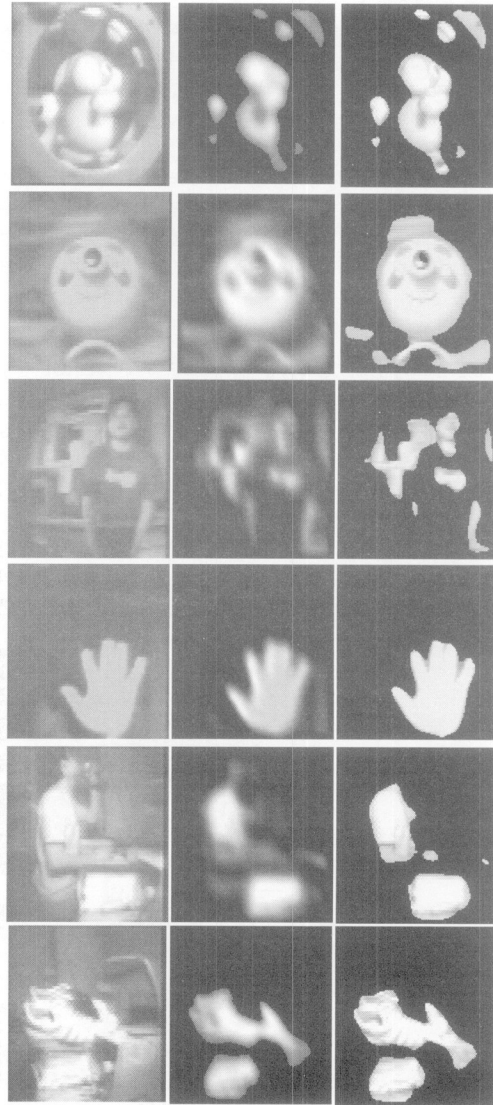
(그림 6) 간단한 인공영상에 대한 실험 예 : 동영상

있다. 입력 영상에서 기본 특징지도 3개(EF^1, EF^2, EF^3)가 추출되어지고, 이는 다시 특징 지도(F^1, F^2, F^3)로 재구성되어진다. 이렇게 추출되어진 특징들은 모두 하나로 통합되어 현재도 지도(S)를 생성함으로써 ROI를 추출하게 된다. (그림 4)에서 보여지는 SM^1, SM^2, SM^3 는 필요없는 정보를 가지고 있는 특징 지도를 걸러내는 과정으로 이 예에서는 SM^1 과 SM^3 가 걸러지고 있음을 알 수 있다.

(그림 5)는 움직임이 없는 정지영상에 대한 실험 예를 보인 것으로, (그림 5(a))는 실험영상을, (그림 5(b))는 실험영상에 대해 얻어진 ROI를 나타낸다. 또한 (그림 6)은 움직임이 있는 영상에 대한 실험 예를 보인 것으로, (그림 6(a))는 이전 프레임 영상을, (그림 6(b))는 현재 프레임 영상을, (그림 6(c))는 각각 프레임 영상으로부터 얻어진 모션 벡터로부터 얻어진 현재도 강도를 나타낸다. 실험결과에서도 보이듯이 주의 모듈은 공간과 시간 현재도를 모두 잘 탐지한다.

4.2 실영상에 대한 실험

이미지 센서로부터 얻어진 명암도 영상에 대하여 주의모듈에 대한 실험을 수행하였다. 테스트 결과로 얻은 결과를 통해 탐지된 ROI가 아무런 선지식을 사용하지 않고도 제대로 됨을 알 수 있었다. (그림 7(a))는 실험영상, (그림 7(b))는 각각의 실험영상으로부터 얻은 ROI를, (그림 7(c))는 각각의 실험영상으로부터 얻어진 ROI를 세그멘테이션 한 결과이다.



(그림 7) 디지털 이미지 센서로 찍은 실영상에 대한 실험 예

4.3 실험결과에 따른 제안하는 시스템의 평가

본 논문이 지향하는 아이디어는 이미지 센서에 인공시각 기술을 활용하여 이미지 센서가 수동적인 역할에서 벗어나 능동적으로 활용될 수 있도록 하는 것이다. 또한 특징기반 주의 모듈의 경우, 많은 연산량을 필요로 하기 때문에 실시간 처리가 불가능하여 실용화 하는데 많은 어려움이 있다.

연구실 차원에서라도 이미지 센서에 특징기반 주의 모듈을 실제로 구현하는 데는 많은 비용과 경험이 필요하다. 따라서 주의 모듈을 FPGA 또는 ASIC로 구현하기 전에 연구실 차원에서 실제 구현된 CMOS 이미지 센서를 이용하여 특징기반 주의 모듈을 적용하여 실험을 하였고 현재에는 FPGA로 구현하여 완전하지는 않지만 일부 결과를 얻어내고 있다.

논문의 실험결과에는 제안한 방법의 단점은, 이 논문에 제시되고 있는 영상들은 그레이 스케일의 영상들로 컬러 영상들에 대해서 제안한 특징기반 모듈들이 갖는 장점들을 모두 활용할 수 없는 것이 단점이라 할 수 있다.

제안한 특징기반 모듈을 실험하기 위해 의도적으로 합성된 이미지를 사용하였고 이 임상실험에서는 의도에 상응하는 결과를 얻을 수 있지만 자연 이미지를 사용한 임상 실험에서는 의도적으로 조작된 주의 영역이 없었기 때문에 실험 참여자별로 정확하게 일치된 결과를 얻어낼 수가 없었다. 오류는 아니지만 이에 대한 보다 깊이 있는 연구가 따로 수행되어야 할 것이라고 생각된다.

5. 결 론

본 논문에서는 A/D 변환기, 모션 예측 회로와 주의 모듈을 가진 CMOS 디지털 이미지 센서를 소개하였다. 주의 모듈은 센서의 제한된 응용분야를 개선하기 위하여 고안되었다. 이는 센서가 모션 예측 또는 명암도 변화를 감지하지 못했을 때 이를 처리할 수 있는 부가적인 기능을 가지도록 한다. 센서의 제한된 응용분야를 개선하기 위한 인지적 해결책 중 하나로 고안된 주의 모듈이 그 역할을 충분히 잘해주고 있음을 실험결과를 통해 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] T. Hamamoto, T. Wakamatsu, N. Inokihara, and K. Aizawa, "Column Parallel A/D Conversion on CMOS Image Sensor," IEEE CCD and AIS 01, pp.165-168, 2001.
- [2] T. Hamamoto, T. Wakamatsu, and K. Aizawa, "New method of on-sensor A/D conversion", IEEE ISCAS'01, Vol.IV, pp.818-821, 2001.
- [3] H. Kitami, N. Inokihara, and T. Hamamoto, "Design of digital smart image sensor with motion estimation function," Image Media Processing Symposium, I-2.21, pp.73-74, 2002.
- [4] S. Narisawa, T. Yamaguchi, H. Kitami, N. Inokihara, and T. Hamamoto, "Smart Image Sensor with Motion Estimation Function by Using Hierarchical Block Matching," ITE Annual Convention 2003, Vol.20, No.6, 2003.
- [5] J. Kong, S. Kim, J. Shin and M. Lee, "An Artificial Retina Chip Using Switch-Selective Resistive Network for Intelligent Sensor Systems, LNCS 4115, pp.701~710, 2006.
- [6] S.Kameda, T.Yagi, "An analog VLSI chip emulating sustained and transient response channels of the vertebrate retina," IEEE Trans. on Neural Networks, Vol.14, No.5, pp.1405-1412, 2003.
- [7] Y.Shih, C.Wu, "A new CMOS pixel structure for low-dark-current and large-array-size still imager applications," Vol.51, pp.2204-2214, 2004.
- [8] 공재성, 서성호, 김상현, 신장규, 이민호, "수광 회로와 윤곽 검출 회로의 분리를 통한 윤곽 검출용 시각칩의 해상도 향상," 센서학회지, Vol.15, No.2, pp.112-119, 2006.
- [9] 신영식 서상호 도미영 신장규 박재현 김훈, "고감도 이미지 센서용 실리콘 나노와이어 MOSFET 광 검출기의 제작," 센서학회지, Vol.15, No.1, pp.1-6, 2006
- [10] 서성호, 김정환, 공재성, 신장규, "픽셀의 고정 패턴 잡음을 감소시킨 윤곽 검출용 시각칩," 센서학회지, Vol.14, No.3, pp.191-197, 2005.
- [11] A. Yarbus, "Eye Movements and Vision," Premium Press, New York, 1967.
- [12] J. Tsotsos, S. Culhane, Y. Winky, L. Yuzhong, N. Davis, and F. Nuflo, "Modeling Visual Attention via Selective Tuning," Artificial Intelligence, Vol.78, pp.507-545, 1995.
- [13] L. Itti and C. Koch, "A saliency-based search mechanism for overt and covert shifts of visual attention," Vision Research, Vol.40, pp.1489-1506, 2000.
- [14] S. Olivier, K. Yasuo, and C. Gordon, "Development of a Biologically Inspired Real-Time Visual Attention System," Lecture Notes in Computer Science, Vol.1811, pp.150-159, 2000.
- [15] C. Colby, "The neuroanatomy and neurophysiology of attention," Journal of Child Neurology, Vol.6, pp.90-118, 1991.
- [16] K. Cheoi and Y. Lee, "A Feature-driven Attention Module for an Active Vision System," Lecture Notes in Computer Science, Vol.2449, pp.583-590, 2002.
- [17] 홍혜민, 조진수, 이일병, "깊이정보를 이용한 선택적 주의 처리 기법", 한국컴퓨터종합학술대회 논문집(B), pp.817-819, 2005.
- [18] 노상수, 박상범, 한영준, 한현수, "중요도 특정 지도 변화를 이용한 동영상 Visual Attention Model", 대한전자공학회 2007년도 하계종합학술대회 논문집(반도체/컴퓨터/시스템 및 제어), 제30권 제1호, pp.935-936, 2007.
- [19] 류광근, 이상훈, 서일홍, "이동로봇의 물체인식을 위한 질의 기반 시각 집중 알고리즘," 전자공학회논문지-SC, 제44권, 제1호, pp.50-58, 2007.



박민철

e-mail : minchul@kist.re.kr
1993년 홍익대학교 전자공학과(공학사)
1997년 일본 동경대학 전자정보공학과
(공학석사)
2000년 일본 동경대학 전자정보공학과
(공학박사)

2001년~현 재 한국과학기술연구원 시스템연구부 선임연구원
관심분야 : 멀티미디어, 3차원 영상 디스플레이, 컴퓨터비전 등



Takayuki Hamamoto

e-mail : hamamoto@ee.kagu.tus.ac.jp
1992년 일본 동경이과대학 전기공학과
(공학사)
1994년 일본 동경이과대학 전기공학과
(공학석사)
1997년 일본 동경대학 전자공학과
(공학박사)

1997년~현 재 일본 동경이과대학 전기공학과 조교수
관심분야 : 영상처리 및 스마트 이미지 센서 등



최경주

e-mail : kjcheoi@chungbuk.ac.kr
1996년 충북대학교 컴퓨터학과
(이학사)
1999년 연세대학교 대학원 컴퓨터학과
(공학석사)
2002년 연세대학교 대학원 컴퓨터학
·산업시스템공학과(공학박사)

2002년~2005년 LG CNS 연구개발센터
2005년~현 재 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 조교수
관심분야 : 컴퓨터비전, 뇌정보처리, 유비쿼터스컴퓨팅 등