

DSP(Digital signal processor)를 이용한 산업현장에서의 안전모 미착용 인식 기술

이용욱* · 송강석 · 정무일 · 임철후 · 문성모

*(주) 코어벨

Recognizing that a person doesn't put on a safety cap using DSP.

Yong-Woog Lee* · Kang-Suk Song · Moo-Il Jeong · Chul-Hoo Lim · Sung-Mo Moon

*CoreBell Systems Inc.

E-mail : ywlee@corebell.co.kr

요 약

본 연구는 DSP(Digital signal processor)상에서 영상 처리 기술을 이용한 안전모 미착용 인식 기술을 개발한다. 이는 산업 현장에 배치된 영상 입력 장치를 통해 입력된 영상을 영상 처리하고, 안전모를 미착용한 사람이 발견될 경우 감독관에게 해당 인식 결과를 전송하여 조치를 취함으로써 만약의 사고 발생시 안전모를 착용하지 아니하여 발생할 수 있는 추가적인 인명피해를 미연에 방지한다. 안전모 미착용을 인식하기 위해서는 입력된 영상에서의 오브젝트 추출, 노이즈 제거, 사람/사물 판단, 머리 영역 추출, HSV 색공간을 이용한 안전모 착용 유/무 판단 등의 과정을 거친다. 영상입력 및 영상처리는 DSP를 이용해 처리하고 알고리즘의 속도 개선을 위하여 C언어 기반의 코드를 DSP가 제공하는 고유 함수(Intrinsics)들을 이용하여 최적화 한다.

ABSTRACT

This paper proposes a method of recognizing that a person doesn't put on a safety cap using image processing method in DSP(Digital Signal Processor). It processes inputted images by image input devices that equipped in a industrial settings. If the method recognizes a person that doesn't put on a safety cap, a system transfers relevant recognition result to a supervisor and takes proper measures. If an accident happens and someone doesn't put on a safety cap, additional casualties could be. Proposed method can nip additional casualties in the bud. To recognize that a person don't put on a safety cap, images are processed by object abstraction, removal of noise, decision of a thing or a person, abstraction of a head part in a image, recognizing whether a man puts on a safety cap using HSV color space or not, and so on. Image input and image process are processed by DSP. And C language-based codes are optimized by an eignefunction(Intrinsics) for speed improvement of algorithms.

키워드

영상처리, 안전모, DSP, 산업현장

1. 서 론

산업현장에서의 사고유형 중 가장 많은 비율을 차지하는 사고는 추락, 낙하로 인한 사고이다. 산업안전보건공단이 조사한 '03년도 산업재해 원인 조사에 따르면 산업현장에서의 업무상 사고사망

자 1230명을 조사한 결과 안전모, 안전대 등의 개인보호장비를 착용해야하는 작업중에 사망한 근로자 436명(35.4%)중 91.7%에 이르는 400명의 근로자가 개인보호장비를 착용하지 않았음을 보여 준다. 그리하여 노동부는 개인보호장비를 착용하지 않은 근로자 적발시 해당 근로자 및 사업주에게 과태료를 부과하여 개인보호장비의 착용을 의무화하고 있다.

본 논문은 산업현장에 배치된 영상 입력 장치

※"본 연구는 지식경제 프론티어 기술개발사업의 일환으로 추진되고 있는 지식경제부의 유비쿼터스컴퓨팅 및 네트워크원천기술개발사업의 09CI-H2-205 과제로 지원된 것임"

와 DSP(Digital signal processor) 기반의 임베디드 보드를 이용하여 현장에 있는 근로자들을 영상 처리하고, 안전모를 미착용 한 근로자가 인식 되었을시 해당 인식 결과를 현장 감독관에게 통보하는 기술을 개발한다. 이는 안전모를 미착용한 근로자에게 빠른 조치를 취함으로써 만약의 사고 발생시 안전모를 착용하지 아니하여 발생할 수 있는 추가적인 인명피해를 미연에 방지하는 효과를 볼 수 있다. 안전모 미착용을 인식하기 위해서는 차영상을 이용한 오브젝트 추출, 노이즈 제거, 사람 인식, 거리 기반의 객체 추적, 머리 영역 추출, 안전모 착용 유/무 판단 등의 과정을 거친다. 영상의 입력 및 영상처리는 DSP에서 처리되고 처리 속도의 개선을 위해 영상처리 알고리즘을 DSP가 제공하는 고유 함수(Intrinsics)들을 이용하여 코드 레벨에서 최적화한다.

II. DSP 보드 설명

본 논문에 사용되는 DSP 보드는 TI사의 TMS320DM6437 프로세서를 기반으로 설계되었고, 프로세서 보드와 I/O 보드가 적층형으로 구성되어 있다. I/O 보드에는 영상 입력 장치를 통해 NTSC 방식의 영상을 입력 받기 위한 입력 단자와 출력을 위한 출력 단자가 있고, 영상 처리된 결과를 전송하기 위한 이더넷 포트 및 전원을 받기 위한 전원 단자가 있다.



그림 1. DSP 보드

표 1. DSP 보드의 제원 및 사양

제원	사양
DSP	TMS320DM6437 660MHz
메모리	256MByte DDR2
	32MByte Boot Flash
	64MByte NAND Flash
비디오	Composite 입력 2포트
	Composite 출력 1포트
오디오	입력 4포트
	출력 1포트

인터페이스	RS-232 CAN Ethernet 100Mbps Extended I2C
Power	DC +5V
OS	DSP/BIOS
Dimension	DSP보드 : 70mm x 55mm I/O보드 : 100mm x 100mm

III. 소프트웨어 설명

본 논문에서 구현된 영상 처리 소프트웨어는 [그림 2]와 같은 흐름을 가진다.

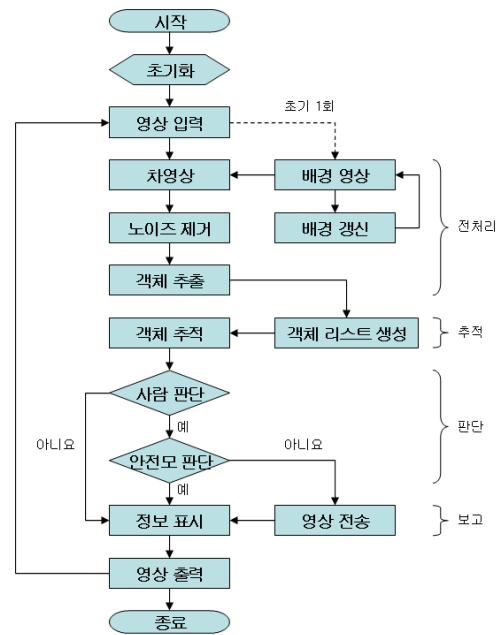


그림 2. 소프트웨어 흐름

III-I 초기화

초기화 단계에서는 프로그램 수행에 필요한 모든 장치 및 작업 영역을 설정한다. 영상 입/출력 포트, 이더넷 포트, JPEG 코덱, 소켓 클라이언트의 초기화 및 영상처리에 사용되는 임시 메모리 공간들을 할당한다.

III-II 영상 입력 및 출력

영상의 입력은 DSP 보드의 Composite 비디오 입력 포트를 통해 NTSC 방식으로 영상 입력 장치로부터 입력되고, DSP는 입력 받은 영상을 가로*세로 720*480 크기의 YCbCr 4:2:2 포맷으로 받아와 처리한다. 영상의 출력 역시 입력과 같은 포맷의 영상 데이터를 Composite 비디오 출력 포트를 통해 NTSC 방식으로 출력된다.

III-III 전처리 과정

입력 받은 영상 데이터는 움직이는 객체를 추출하기 위한 전처리 과정을 거친다. 우선 입력된 영상 데이터들은 처리량을 줄이기 위해 그레이 스케일(Gray scale) 영상으로 변환한다. 그레이 스케일은 YCbCr 영상 데이터에서 Y 채널의 값만 이용한다. 그레이 스케일로 변환된 영상은 약간의 노이즈를 제거하기 위해 Smooth 연산을 수행한다. 객체의 추출은 차영상을 기반으로 수행된다. 이를 위해 최초 입력된 영상 데이터 1프레임을 배경 영상으로 설정하고, 이후부터의 영상 데이터와 설정된 배경 영상을 이용해 차영상을 구한다. 구해진 차영상은 문턱치값(Threshold)을 이용해 이진화된다. 배경 영상은 각 픽셀당 가중치가 있어 일정 시간 움직이지 않는 객체가 있을 경우 배경으로 갱신한다. 이진화된 차영상이 구해지면 모폴로지(Morphology)의 개방(Open), 폐쇄(Close) 연산을 수행하고, 라벨링(Labeling)을 이용해 독립된 객체들을 추출한다. 추출된 객체들 중에 일정 크기 이하의 객체는 제거하고, 남아있는 객체들은 각각의 번호, 위치, 크기 등의 속성값을 저장하고 리스트로 추가된다.

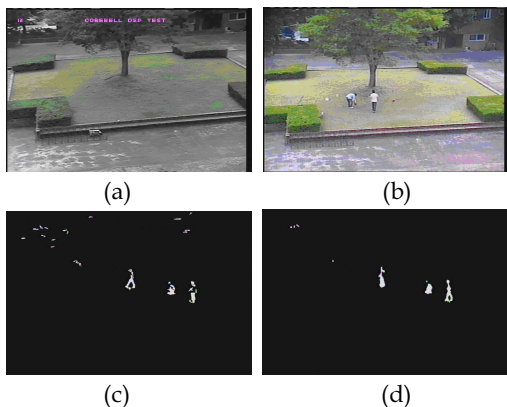


그림 3. 전처리 과정 - (a)는 배경 영상, (b)는 현재 영상, (c)는 이진화, (d)는 노이즈 제거 결과

III-IV 객체 추적 & 객체 리스트

전처리 과정에서 추출된 각 객체들은 각각 번호, 위치, 크기, 가중치 속성을 가지고 있다. 각 객체들의 리스트는 매 프레임 생성되고, 객체 추적을 위해서는 이전 프레임의 객체 리스트와 현재 프레임의 객체 리스트를 이용하여 이전 객체와 현재 객체의 위치를 판별, 가장 가까운 객체들끼리 연결하여 기존의 속성 값들을 전이 시킨다. 그리고 남은 객체들이 서로 일정 거리(ex : 100픽셀) 이상 떨어져 있다면 새로 등장한 객체로 판단하고 새로운 속성을 배정한다.

III-V 사람 판단

객체 추출에 의해 추출된 객체들이 사람인지 사람이 아닌지 판별한다. 여기서 사람이라고 판별하기 위한 방법은 사람으로 판단하기 위한 최소

크기(ex: 가로*세로500)이상인지, 사람이 서있는 경우 가로 길이보다 세로 길이가 크기 때문에 객체의 가로/세로 비율(ex: 가로:세로 1:2)이 일정 비율 이상인지를 먼저 계산하고, 이 두 가지가 만족된다면 객체의 위(머리)부분의 모양을 판단한다. 모양의 판단은 객체의 일정 상단 위치(ex: top+3)를 가로로 검사하여 머리가 있을 경우 머리 영역에 해당하는 영역을 찾아낸 뒤 그 영역의 좌/우의 높이를 검사하여 좌/우 높이의 합이 머리보다 일정치 이상 낮은 경우 사람이라고 판단한다. 사람이라고 판단된 객체는 객체의 속성 중 자신이 사람인지를 표시하는 속성 값을 올리고, 사람이 아닐 경우 이 값을 내린다. 이 값이 일정치(ex: 20 - FPS 20일 경우 1초) 이상일 경우 최종적으로 사람이라고 판단한다.

III-VI 안전모 판단

사람이라고 판단된 객체는 안전모를 쓰고 있는지 판단하게 된다. 안전모 검사는 사람 객체의 머리에 해당하는 영역의 각 픽셀들의 YCbCr 색 공간을 RGB 색 공간을 거쳐 HSV 색 공간으로 변환한 후 안전모의 색깔인 빨강, 노랑, 흰색인지를 판단하여 통계를 낸다. 이 통계 데이터에서 가장 큰 수를 차지한 안전모의 색 수가 머리 영역의 전체 픽셀 수 중에 일정치(ex: 3분의1) 이상을 차지할 경우 안전모를 썼다고 판단한다. 안전모의 착용 유무 또한 사람 판단과 마찬가지로 객체 속성에 기준치를 두어 일정치 이상 안전모를 착용하지 않았다고 판단된 경우 최종적으로 안전모 미착용자로 판단한다.

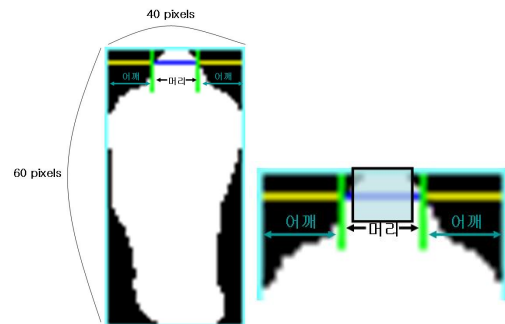


그림 4. 사람 판단 및 머리 영역 표시

III-VII 결과 보고

안전모 판별을 통해 안전모 미착용자가 발견되면 이를 소켓 통신을 통해 현장 감독관에게 전송하게 된다. 전송하는 정보는 상황 영상과 미착용자에 대한 영역 정보이다. 영상 압축의 종류는 무압축(YCbCr), 압축(JPEG) 두 가지 포맷으로 전송할 수 있다. 그리고 출력 영상에는 현재 처리 과정에 대한 정보를 사각형, 혹은 문자열로 표시할 수 있다. 기본적으로는 FPS(Frame per second), 추출된 사람 객체의 머리 영역, 색깔 통계 수치, 안전모 미착용자 발견시 영역 표시 등을

표시한다. 영상의 좌측 상단에 FPS가 출력되고 각 객체들의 옆에 머리의 색 통계 수치가 표시된다. 그리고 안전모 미착용자로 판단된 객체는 빨간색 사각형으로 표시한다.

IV. 인식 결과

영상 처리를 이용한 안전모 미착용 인식을 실험하기 위해 실외의 트인 장소에서 약 3층 높이의 위치에 플랫폼과 영상 입력 장치를 설치하였다. 실험을 위해 총 7명의 인원이 영상에 등장하며, 그 중 5명은 각각 빨강, 노랑, 흰색의 안전모를 착용하였고, 나머지 2명은 안전모를 미착용한 상태로 돌아다니도록 하였다.

사람으로 판단되는 객체에는 머리 부분을 표시하고 그 영역 안의 색상 통계치를 출력한다. 그리고 안전모 미착용자로 판단될 경우 빨간색 사각형으로 표시하도록 하였다.

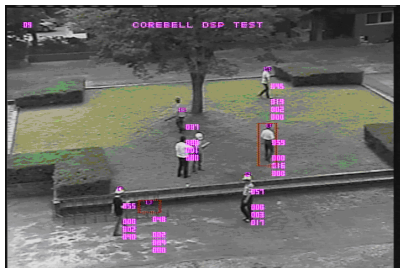


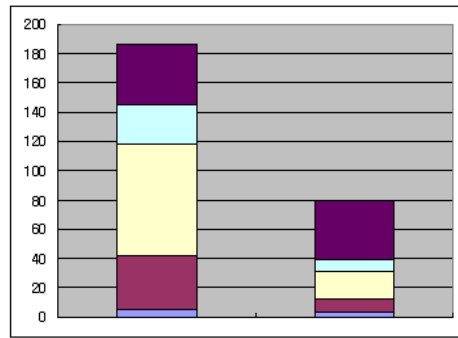
그림 5. 인식 결과 영상

V. DSP 최적화

영상처리에서 가장 많은 시간을 소모하는 부분은 영상 데이터의 모든 픽셀에 대한 반복문이다. 이 시간은 이미지의 크기에 비례하여 증가한다. 본 논문에서 제시하는 영상처리의 경우 720*480 크기의 영상 1프레임당 Grayscale 변환, 차영상 및 이진화, 배경 갱신, Smooth, Morphology (Erode와 Dilate를 각각 2회씩 총 4회 반복), 라벨링 등의 과정을 거쳐 최소 720*480*8 회 이상의 반복을 수행한다.

DSP에서의 소프트웨어 개발은 C언어를 기반으로 되어있고, 추가적으로 DSP의 종류에 따라 제공되는 고유 함수(Intrinsics)들을 사용할 수 있다. 고유 함수를 사용하면 32비트 데이터 안에서 각 8비트 혹은 16비트 단위의 연산을 할 수 있어 적절히 사용하면 반복문의 횟수를 크게 줄일 수 있는 효과가 있다. [표 2]은 C 코드 기반의 기능들을 DSP의 고유 함수를 사용함으로써 변화된 처리 시간이다.

표 2. DSP 최적화 결과



	C 코드	고유 함수
초당 프레임	5 frames	13 frames
1 프레임 처리	186ms	77ms
Grayscale 변환	6ms	3ms
차영상 및 이진화 및 배경 갱신	36ms	9ms
Morphology	19ms * 4	5ms * 4
Smooth	27ms	7ms

8비트 단위의 처리를 32비트 단위로 처리하면서 반복문의 반복 횟수가 1/4로 줄어들어 시간 또한 그에 거의 비례하게 줄어들었다는 것을 확인할 수 있다.

VI. 결론

임베디드를 이용한 안전모 미착용 인식 플랫폼은 이동성 및 설치가 쉽고, 산업 현장의 안전을 관리하는 측면에서 매우 유용하다고 판단된다.

하지만 임베디드 프로세서의 특성상 영상 처리를 감당하기에 성능이 너무 낮기 때문에 고급 영상 처리 기술을 적용하지 못한다는 한계가 있다.

참고문헌

- [1] 조위덕, "뉴 트렌드의 리딩: 유비쿼터스 지능공간," 한국지능정보시스템학회 2006 춘계학술대회논문집, pp.3-17, 2006
- [2] 정덕진, 송병철, 이승열, 조위덕, "상황인지 센서네트워크 기술동향," 2004.
- [3] Texas Instruments, "TMS320C6000 Programmer's Guide," SPRU1981 March 2006.
- [4] Texas Instruments, "TMS320C62x Image/Video Processing Library" SPRU400B October 2003.
- [5] Texas Instruments, "TMS320C6000 Network Developer's Kit(NDK) Software User's Guide," SPRU523G May 2001-Revised January 2009.