딥러닝과 영상처리를 활용한 영유아 사고 방지 스마트 모빌

함승훈, 한동호, 박유환, 최상익, 강우철
인천대학교 임베디드시스템 공학과
{hsh07260, dingho96, niconicoding, sangik125}@gmail.com,
wchkang@inu.ac.kr

Smart Mobile to Prevent Infant Accident Using Deep Learning and Video Processing

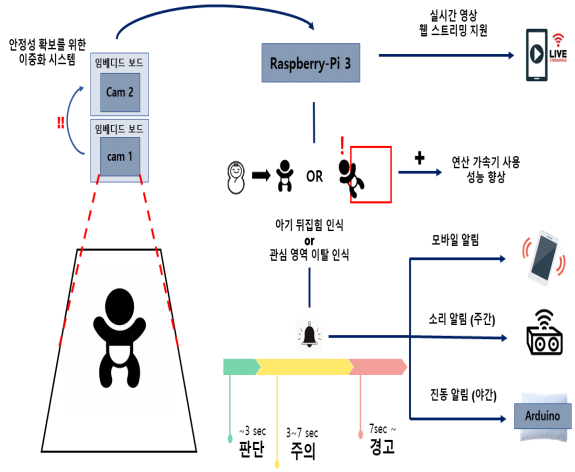
Seoung-Hoon Ham, Dong-Ho Han, Yu-Hwan Park, Sang-Ik Choi, Woo-Chul Kang
Dept of Embedded System Engineering, Incheon National University

영유아에 대한 안전사고는 꾸준히 발생하는 추세지만, 부모의 지속적인 관심만큼 효과적인 해결방안은 발표되지 않고 있다. 이 문제를 해결하기 위해 유아용 모빌에 카메라를 장착하여 아기가 촬영되고 있는 영상을 임베디드 보드에 전송하고, 딥러닝과 영상처리를 통해 영유아의 안전 상황에 대한 판단을 진행한다. 실시간 영상 스트리밍 서비스만을 제공하는 기존의 스마트 모빌에 대한 차별성과 모빌의 동작 오류에 따른 영유아 무방비 상황 노출을 방지하기 위한 이중화 시스템이 적용된 영유아 사고 방지 스마트 모빌을 구현한 후, 성능 평가를 통해 본 시스템의 우수성을 입증했다.

1. 서론

2017년 통계청의 사망원인 통계에 따르면 신생아 호흡곤란 및 특정병태는 전체 영아 사망의 51.7%를 차지하며 [1] 영아 사망원인의 1위이다. 12개월 미만의 영아는 엎드린 자세로 자거나 자면서도 계속해서 움직이며 이는 코와 입을 막아 질식으로 이어질 수 있어 부모는 항상 주의를 기울여야 한다. 국내, 외 스마트 모빌에 대한 기능들은 실시간 영상 스트리밍 서비스만 제공함으로써 기능의 한정이 존재한다. 따라서 본 논문에서는 실시간으로 영유아를 촬영한 영상에 딥러닝, 영상처리 기술을 사용하여 영유아 급사 증후군을 예방함과 동시에 육아에 의한 부모의 육체적, 정신적 스트레스를 감소시키기 위한 시스템을 제안한다.

제안된 방법은 얼굴, 객체인식과 ROI(Region Of Interest) 정의를 통한 객체 이탈 방지 감시 시스템을 구축하며 카메라로부터 들어온 영상을 MobileNet[2]과 SSD(Single Shot Multibox Detector) 모델을 이용해 영유아의 얼굴이 인식되는지, 영유아의 객체가 인식되는지, 영유아가 관심 영역에 이탈했는지를 확인한다. 위 판단에 하나라도 7초 이상 위반한다면 이상상황이 발생했다고 판단하여 사용자에게 모바일 알림을 주며 주간에는 부저를 이용해 소리로, 야간에는 부모의 베개에 부착된 진동 모듈을 통해 알림을 준다. 또한 웹서버를 구축하여 카메라가 연결된 보드로부터 실시간 영상 스트리밍 서비스를 사용자에게 제공하며 갑작스런 기능장애 발생상황에 대한 대안으로 이중화 시스템을 구축하여 어떠한 상황에도 영유아의 안정성을 확보할 수 있다.



(그림 1) 전체 구성도

2. 기존 스마트 모빌에 대한 문제점

시중에 유통되고 있는 스마트 모빌은 홈 CCTV의 실시간 스트리밍 기능과 본래의 모빌 기능을 포함한 제품들로 구성되어있다. 따라서 영유아의 사고 방지 기능에 초점을 맞추기보단, 외부에서 영유아의 모습을 확인하기 위한 CCTV 기능에 초점이 맞춰 제작된 제품들이다.

기존의 스마트 모빌의 경우 안전성에 초점이 맞춰진 제품이 아니기 때문에 일반 모빌과의 차이점이 없다. 따라서

본 논문은 과학기술정보통신부 정보통신창의인재양성사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.

영유아의 위험상황을 판단할 수 없기 때문에 부모의 지속적인 관심이 필요하다. 영유아의 생활패턴과 부모의 생활패턴은 다름으로 부모가 이에 맞춰 불규칙한 생활패턴을 가지게 된다. 또한, 다른 일을 하지 못하고 밤, 낮으로 육아에 몰두해야 하므로 부모들은 수면 부족으로 인한 육체적 피로와 양육 스트레스를 꾸준히 얻게 된다.[3]

부모와 자녀의 관계에서 어머니가 과도하게 양육 스트레스를 받게 되면 부모의 능력이 위축된다. 장기간 동안 지속되는 심리적인 스트레스는 우울, 불안 증상을 초래할 뿐만 아니라 신체적 건강을 위협한다고 Gove, Hughes (1979)는 언급했다.[4] 특히, 영유아 자녀를 둔 어머니 중 약 8-12%가 우울증을 보인다고 O'hara(1986)는 언급했다.[5]

이처럼 시중에 유통되고 있는 스마트 모빌은 영유아의 안정성 확보 기능을 제공하지 않을 뿐만 아니라 부모의 육아 스트레스에 의한 우울, 불안 증상 등을 해소시키지 못하여 부모, 영유아 모두에게 긍정적인 효과를 주기 힘들다.[6]

3. 임베디드 보드에서 H/W에 따른 S/W 제약

본 논문에서는 라즈베리파이 3B+ 임베디드 보드의 하드웨어 환경에서 실시간 이미지 연산 처리, 웹 스트리밍 및 블루투스 통신을 활용한 모듈 제어 기능 등 많은 기능을 구현한다. 많은 양의 작업을 하나의 보드 환경에서 처리함에 따라 동작되는 작업에 비해 낮은 성능의 프로세서를 사용함으로써 높은 발열이 발생하게 되고 보드는 이 문제를 해결하지 못해 스로틀링이 발생한다. 이로 인해 발생하는 성능 저하는 목표로 하는 Frame Rate를 얻지 못하도록 하여 스마트 모빌을 사용하는 영유아의 안전 상황 판단에 대한 문제로 이어질 수 있다. 따라서 많은 연산량이 요구되는 본 시스템에서 임베디드 보드 하드웨어에 최적화된 딥러닝, 영상처리 알고리즘을 선택함으로써 소프트웨어 성능 부분에서 제약이 발생한다.

4. 영유아 이상 상황 발생 감지 시스템

4. 1 영유아 이상 상황 발생 감지 시스템의 정의

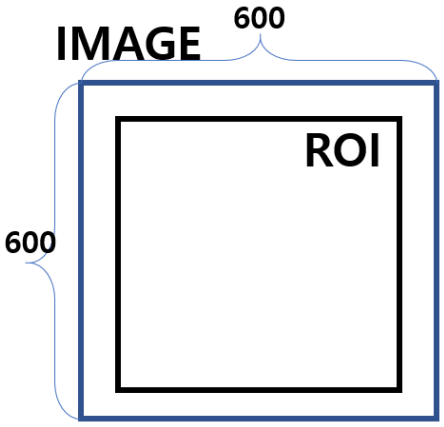
영유아 이상 상황 발생 감지 시스템은 영유아의 급사증후군을 예방하기 위한 시스템이다. 영유아의 얼굴인식, 객체인식, ROI(Region Of Interest) 이탈 여부를 통해 영유아의 이상 상황을 감지하며 사용자에게 실시간으로 알림을 주기 때문에 사용자의 육체적, 정신적 스트레스를 감소시켜주며 여가시간을 보장해준다. 또한 기존 제품과 동일하게 실시간 스트리밍 서비스도 제공하며, 높은 Frame Rate를 보장하기 위해 Intel 사의 NCS(Neural Compute Stick) 연산 가속기를 이용하였다. 현재 임베디드 환경에서 개발하기 때문에 모바일 장치에서 최적화되어 실시간으로 시스템이 동작 가능하도록 MobileNet 아키텍처를 사용하였고 단 한 장의 사진만으로 여러 가지 크기의 물체를 검출하기 위해 다른 Detector 보다 훨씬 빠르고 높은 정확도를 보이는 SSD(Single Shot Multibox Detector) 모델을 사용하였다.[7] MobileNet-SSD 프레임워크는 임베디드 시스템에서 차량 객체 인식 시스템을 동작시키는 사례에도 사용될 정도로 임베디드 보드의 성능을 최대한으로 끌어올려 주기 때문에 이 프레임워크를 사용하였다.[8] 사용자는 임베디드 보드에 부착된 모니터를 통해서 영유아 침대의 높이에 따라 ROI(Region Of Interest) 크기를 직접 설정할 수 있기 때문에 공간적인 제약받지 않는다.

4. 2 얼굴인식 및 객체 인식 알고리즘

영유아 이상 상황 발생 감지 시스템은 임베디드 환경에서 개발되기 때문에 얼굴과 객체를 인식하는 과정에서 하드웨어에 많은 부담을 주지 않으면서, 빠르고 높은 정확도를 도출시킬 수 있는 MobileNet 아키텍처와 SSD(Single Shot Multibox Detector) 모델을 이용하여 영유아를 인식한다. 또한, 객체 인식의 경우 기존에는 30개 이상의 클래스를 라벨링 하지만 제공하는 기능에 맞게 사람 인식만을 남겨놓고 모두 무시하도록 구현하여 인식률과 정확도를 높였다.

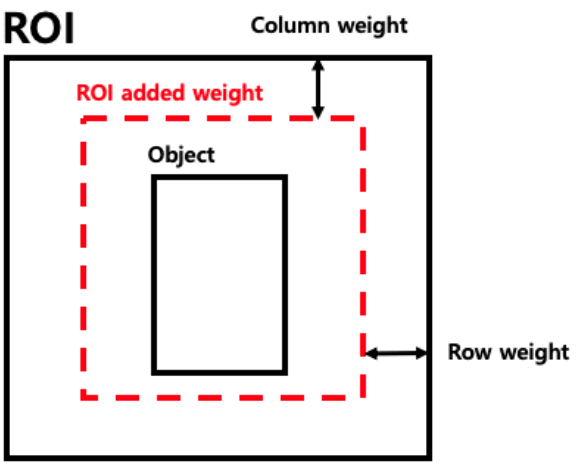
4. 3 ROI(Region Of Interest) 정의 및 영역이탈 알고리즘

영유아 이상 상황 발생 감지 시스템은 (그림 2)와 같이 기본 600 * 600 사이즈의 실시간 이미지를 받아오며, 사용자는 사전에 ROI 영역이탈 이벤트를 감지할 수 있도록 ROI 영역에 가중치 값을 설정할 수 있는 기능을 제공한다.



(그림 2) ROI(Region Of Interest) 영역

영역이탈 알고리즘은 객체가 인식되는 각 꼭짓점 좌표와 ROI(Region Of Interest) 좌표값을 이용하여 이탈 여부를 감지하며 객체가 ROI 영역을 이탈하는 상황이 7초 이상 지속된다면 이상 상황이라 판단되어 사용자에게 알람이 전송된다. 이후 정상상황임을 판단하게 되면 타이머가 초기화되어 본래의 기능인 실시간 영상을 통한 영유아 이상 상황 판단 기능을 제공한다.



(그림 3) 영역이탈 이벤트를 조기에 식별할 수 있는 ROI(Region Of Interest) 영역 이탈 알고리즘

4. 4 스트리밍 서비스를 위한 웹서버 구축

사용자가 영유아의 모습을 실시간으로 확인할 수 있도록 스트리밍 서비스를 제공하기 위해 웹서버를 구축했다.

서버 구현을 위해 별도의 서버용 임베디드 보드에 웹서버 소프트웨어 Apache 2를 설치하여 사용한다. 기본 언어로 사용되는 Python은 HTTP 서버를 구현하기 위한 기본 모듈을 제공하고 라이브 비디오 스트리밍 관련 모듈 또한 제공한다. 이를 이용해 Python Script로 간단하게 HTTP 서버를 구성하고 JPEG 프레임을 연속적으로 보낼 수 있는 M-JPEG(Motion JPEG) 방식을 사용하여 Pi Camera에서 들어온 실시간 영상을 클라이언트(Web Browser)에게 제공한다. 이 서비스는 모바일과 PC 환경 모두에서 접속 가능하다.

4. 5 아두이노 우노, 라즈베리파이3 B+ 블루투스 통신

영유아 이상 상황 발생 감지 시스템은 이상 상황 발생 시 주·야간에 따라 사용자에게 알림을 주는 방법이 다르며 야간일 경우 블루투스 통신을 이용해 알림을 준다.

사용자의 베개에 아두이노 우노와 연결된 진동 모듈을 부착하여 이상 상황 발생 시 라즈베리파이에서 블루투스 통신으로 신호를 주어 아두이노 우노와 연결된 진동 모듈에 동작시킨다. 또한, 진동 모듈에 필요한 전압을 맞추기 위해 아두이노 우노의 VCC와 GPIO, GND를 릴레이로 연결하여 VCC 입/출력을 통제한다.

수신부에 메인보드와 같은 라즈베리파이를 사용하지 않은 이유는 알림만 필요로 하는 기능으로 사용되기에는 오버스펙이라 판단되어 아두이노 우노를 사용하였다.

5. 스마트 모빌의 얼굴 및 객체 감지 성능 평가

현재 본 시스템의 개발환경은 <표 1>과 같다.

<표 1> 성능 평가 환경

구분	상세내용
디바이스	Raspberry Pi 3 B+
OS	Raspbian 4.19
개발언어	Python 3
연산 가속기	Intel NCS(Neural Compute Stick)

본 시스템은 스트리밍 서비스가 주목적이 아니며, 자연스러운 장면의 흐름보다는 영유아의 이상 상황에 대한 판단을 목적으로 한다. 높은 Frame Rate보다는 정확한 검출과 정밀 능력이 중요하다.

검출률은 Recall이며, 대상 객체를 놓치지 않고 얼마나 잘 잡는지에 대한 용어이다.

정확도는 Precision이며, 검출 결과 중 실체 객체가 얼마나 포함되어 있는지를 뜻하는 용어로 사용된다.

성능 평가 점수는 약 10분간 3번의 테스트를 통해 얻은 평균값이며, 검출률과 정확도의 산출식은 <표 2>와 같다.

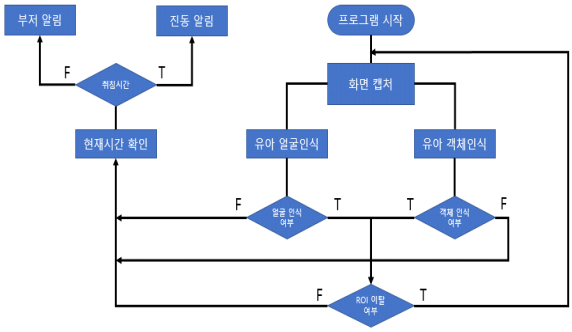
<표 2> 점수 평가 산출식

산출식	
검출률	$recall = \frac{detected\ TRUE}{total\ number\ of\ existing\ TRUE}$
정확도	$precision = \frac{TRUE\ detections}{whole\ detections\ of\ an\ algorithm}$

산출식을 통한 성능 평가 결과는 <표 3>과 같다.

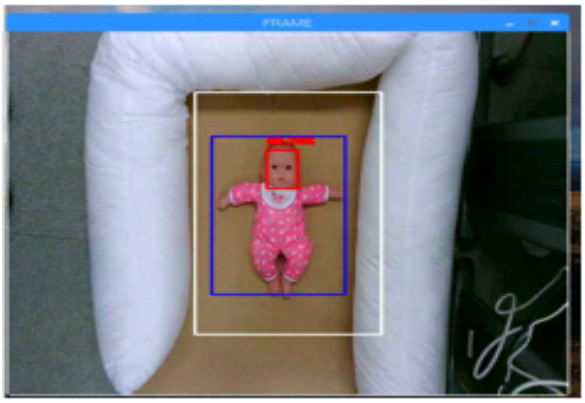
<표 3> 성능 평가 결과

성능 평가 결과	
검출률	93.42%
정확도	95.2%
Frame Rate	4.24 fps

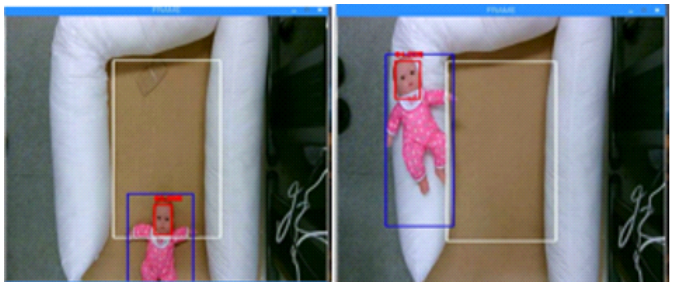


(그림 4) 스마트 모빌 동작 흐름도

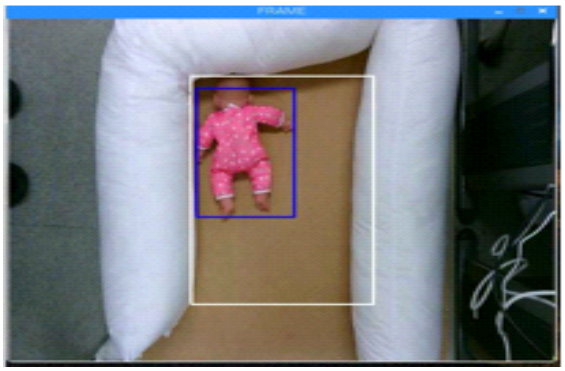
시스템의 기능을 테스트하기 위해 다양한 테스트 케이스를 설정해 테스트를 실시했다.



(그림 5) 안전한 상황 (얼굴인식 ○ 영역이탈 ×)



(그림 6) 이상 상황 (얼굴인식 ○ 영역이탈 ○)



(그림 7) 이상 상황 (얼굴인식 × 영역이탈 ×)

6. 결론

기존의 스마트 모빌의 경우 홈 CCTV 역할을 중점으로 하여 실시간 영상 스트리밍 서비스를 주 기능으로 제공하였다. 본 논문에서 제안된 스마트 모빌의 경우 실시간 영상 스트리밍 기능을 제공함은 물론 딥러닝과 영상처리를 이용한 영유아 사고 방지 시스템을 구축하여 영아급사 증후군을 예방하는 효과를 가져온다. 그뿐만 아니라 부모의 자기 계발, 수면 시간 확보 등을 이끌어 양육 스트레스를 줄이고 우울, 불안 증세를 방지하여 부모-자녀 간 상호관계를 더욱 단단하게 만들어준다.

시간이 지남에 따라 하드웨어, 소프트웨어의 기술은 점점 발달하게 되고 이에 따라 임베디드 보드의 퍼포먼스도 더욱 향상될 것이다. 임베디드 보드의 성능적인 제약조건이 기술발전에 의해 많이 완화된다면 MobileNet-SSD 프레임워크보다 높은 객체 검출률을 가진 YOLO 딥러닝 프레임워크와 향상된 Frame Rate를 이용할 수 있게 되면서 본 논문에 제안된 스마트 모빌의 수행능력을 향상시킬 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] 통계청, 『2017년 사망원인통계』 , 2018, pp. 25

[2] Andrew G. Howard, Menglong Zhu, Bo Chen, Dmitry Kalenichenko, Weijun Wang, Tobias Weyand, Marco Andreetto, Hartwig Adam, MobileNets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications(2017), p1.

[3] 김미예, 박동영. (2009). 영유아 어머니의 양육 스트레스, 우울 및 언어적 학대. Child Health Nursing Research, 15(4), 375-382.

[4] O'hara, M. (1986). Social support life events and depression duringpregnancy and Puerperium. Archives of General Psychiatry, 43,569-573.

[5] Gove, W. R., & Hughes, H. (1979). Possible causes of apparent sexdifferences in physical health: An empirical investigation. American Social Review, 126-146.

[6] 김근혜. (2019). 부모의 행복감과 양육스트레스가 양육행동에 미치는 영향. 한국영유아보육학, 116(), 1-20.

[7] 『Open Research』, http://openresearch.ai/t/ssd-single-shot-multibox-detector/74

[8] Seyed Majid Azimi (2018), ShuffleDet: Real-Time Vehicle Detection Network in On-board Embedded UAV Imagery.