

## 스마트 운전자 보조 시스템에서 영상인식기법의 실시간 처리를 위한 운전 상태 기반의 동적 프레임 제외 기법

손상현<sup>1</sup> · 전용수<sup>2</sup> · 백윤주<sup>3\*</sup>

### Driving Condition based Dynamic Frame Skip Method for Processing Real-time Image Recognition Methods in Smart Driver Assistance Systems

Sanghyun Son<sup>1</sup> · Yongsu Jeon<sup>2</sup> · Yunju Baek<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>R&D Center, SEMES, Hwaseong 18383, Korea

<sup>2</sup>Department of Electrical and Computer Engineering, Pusan National University, Busan 46241, Korea

<sup>3\*</sup>School of Computer Science and Engineering, Pusan National University, Busan 46241, Korea

#### 요 약

기술의 발전에 따라 다양한 응용을 위한 장치가 연구 및 개발되고 있으며 운전자 보조 시스템은 그 중 대표적인 기술이다. 운전자 보조 시스템 기술은 차량 주변의 정보를 인식하기 위해 영상인식 기법을 사용한다. 차량에 적용되는 운전자 보조 장치는 계산시간이 오래 걸리는 다수의 영상인식기법을 실시간으로 처리하는데 어려움이 존재한다. 이를 위해 제한된 하드웨어에서 영상인식 기법의 실시간 처리를 위한 동적 프레임 제외 기법을 제안한다. 기존의 연구에서 프레임 제외는 처리시간에 비례하여 정적으로 설정되었으며 처리 할 수 있는 영상인식기법의 수가 적음을 알 수 있다. 차량의 속도와 가속도를 통해 주행상태를 파악하여 동적으로 프레임 제외률을 설정하고 그에 맞게 영상인식 기법을 처리하여 그 수를 최대화시켰다. 실험을 통해 처리 수가 정적 기법에 비해 32.5% 상승함을 확인하였다.

#### ABSTRACT

According to evolution of technologies, many devices related to various applications were researched. The advanced driver assistance system is a famous technique effected from the evolution. The technique of driver assistance uses image recognition methods to collect exactly information around the vehicle. The computing power of driver assistance device has become more improved than in the past. However, it's difficult that processed various recognition methods at real-time. We propose new frame skip method to process various recognition methods at real-time in the limited hardware. In the previous researches, frame skip rate was set up static values, thus the number of processed frames through recognition methods was smaller. We set up the frame skip rate dynamically using a driving condition of vehicle through speed and acceleration value, in addition, the number of processed frames was maximized. The performance is improved more 32.5% than static frame skip method.

**키워드** : 주행 상태, 동적 프레임 제외, 영상인식의 실시간 처리, 스마트 운전자 보조 시스템

**Key word** : Driving condition, Dynamic frame skip, Real-time image recognition processing, SDAS

Received 18 August 2017, Revised 22 August 2017, Accepted 15 October 2017

\* Corresponding Author Yunju Baek(E-mail:yunju@pusan.ac.kr, Tel:+82-51-510-2873)

School of Computer Science and Engineering, Pusan National University, Busan 46241, Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkice.2018.22.1.54>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.  
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

## I. 서 론

최근 스마트 폰을 비롯한 다양한 스마트 장치가 경쟁적으로 시장에 등장함에 따라 주요 요소기술인 전자장치 및 무선통신 기술이 급격하게 발전하였다. 이러한 요소기술의 발전에 따라 다양한 응용을 위한 장치가 연구 및 개발되고 있으며, 운전자 보조 시스템이나 자율주행차 기술은 대표적인 예라고 볼 수 있다[1, 2].

기존의 첨단 운전자 보조 시스템인 ADAS (advance driver assistance systems)[3]에서 최근 활발하게 활용되는 기술인 영상 기반의 인지기술을 더한 스마트 운전자 보조 시스템인 SDAS (smart driver assistance systems) [4, 5]이 연구되고 있으며, 다양한 영상 인식 기술을 이용하여 기존의 센서가 측정하기 어려운 차량 주변의 상황 정보를 인지할 수 있다[6-9].

차량에 적용되는 운전자 보조 장치는 과거에 비해 고도화 되었으나, 계산시간이 오래 걸리는 다수의 영상인식기법들을 실시간으로 처리하는데 어려움이 존재한다. 5G 네트워크를 이용한 커넥티드 카 기술[10]을 통해 차량이 수집한 영상 정보를 처리 서버로 전송하여 실시간 처리를 구현할 수 있으나, 그 구조가 복잡할 뿐만 아니라 영상 데이터의 전송으로 네트워크 자원을 과도하게 사용해야 하므로 차량 내부에서 직접 처리할 필요성이 존재한다. 이러한 영상인식기법의 실시간 처리를 위해서 다양한 영상처리 경량화 기법이 적용된다. 대표적으로 입력받은 영상의 일부만을 계산하는 관심영역 기법인 ROI (region of interest)[11, 12]가 대표적이다.

ROI 기법은 인지하고자하는 대상이 존재할 수 있는 영역을 결정하여 일부 이미지(cropped image)만을 인식 기법에 제공함으로써 영상처리를 위해 발생하는 계산 시간을 최소화 시킬 수 있다. 특히 연속적인 이미지정보를 입력받는 환경에서는 기존에 찾은 대상을 다시 찾기 위해 더 축소된 이미지만을 제공하여 영상처리에 활용하는 동적 ROI 기법에 대한 연구도 존재한다. 이렇게 영상 처리 시간을 최소화하면 다음 이미지가 오기 전까지 더 많은 인지 기술을 적용할 수 있다.

일반적인 영상인식 경량화 연구에서는 단일 인식 기법에 대해 ROI 기법을 적용하여 처리 시간을 일정하게 감소시키므로 하나의 이미지 프레임을 처리하는데 걸리는 시간을 계산하여 정적으로 프레임 제외를 선정

하게 된다. 그러나 다수의 인지 기법을 적용해야하고 각 기법의 처리시간이 동적으로 계산되는 경우 프레임 제외율을 일정하게 정하기 어려우며, 일정하게 정할 경우 인식 처리를 짧은 시간 내에 끝냈을 때 프로세서가 IDLE 상태로 계산 자원을 낭비하게 된다.

이러한 문제를 해결하기 위해, 본 논문에서는 제한된 하드웨어에서 다수의 영상인식 기법을 실시간으로 처리하기 위해 입력 프레임을 동적으로 제외하는 기법을 제안한다. 동적으로 프레임을 제외하는 것과 동시에 차량의 상태에 따라 인지 기법의 적용을 다르게 활용하여 상황에 맞는 인지 기법의 수행을 최대화하기 위한 기법을 설계하였다. 차량에서 수집할 수 있는 데이터인 속도와 가속도를 통해 현재 주행상태를 파악하여 동적으로 프레임 제외율을 설정하고 그에 맞게 영상인식 기법을 처리하여 영상인식기법의 처리 수를 최대화시킬 수 있도록 하였다.

## II. 관련 연구

이 장에서는 영상인식 처리 경량화 기법에 대해서 살펴본다. 제한된 환경에서 더 많은 이미지를 처리하기 위해 영상인식 처리의 경량화 기법이 필요하다. 영상인식 처리의 경량화 기법은 크게 단일 이미지 프레임 처리를 경량화 하는 선처리 기법과 전체 프레임 중 일부만 처리하도록 하는 프레임 제외기법으로 나눌 수 있다. 입력 프레임 선처리 기법은 다양하게 존재하지만 그 중에서 정적, 동적 관심영역 기법만 살펴보기로 한다[5, 11, 12]. 또한 프레임 제외 기법은 일반적으로 정적 제외와 동적 제외 기법으로 나뉘며 여기서는 정적 제외 기법이 갖는 문제를 살펴보기로 한다.

### 2.1. 관심영역 기법

관심영역 기법은 입력받은 프레임 이미지의 일부 이미지만 선정하여 영상인식 기법에 제공하여 인식 기법의 계산량을 최소화한다. 관심영역은 응용에 따라 정적인 영역만을 탐색하는 기법과 동적으로 관심영역을 선택하는 기법으로 나뉘어진다. 일반적으로 정적 관심영역 기법이 이용되는 응용은 감시정찰 응용에 많이 적용되며, 운전자 보조 시스템에서도 정적 영역을 탐색하여 인식 기법의 계산량을 줄인다. V. Balisavira et al. [11]



Fig. 1 Example of operation of dynamic region of interest (D-ROI) for pedestrian recognition method

의 논문에서 도로에서 통과한 차량의 수를 측정하기 위한 정적 ROI 기법을 사용한다. 사람이 지나가는 도로 위의 일부 영역만 인식 처리를 수행하여 인식을 위한 처리량을 감소시켰다. 또한 Son et al.[4]의 논문에서 정적 관심영역을 이용하여 영상 인식 기법의 처리 시간을 최소화함을 보이고 있다. 각 인식 기법마다 다른 ROI 영역을 선정하여 처리량을 줄였다.

정적 관심영역과 함께 동적으로 관심영역을 선택하여 처리시간을 최소화 하는 기법으로 동적 관심영역 기법이 있다. 정적 관심영역 기법에서 가변적인 관심영역을 설정하는 방법으로, 이전 프레임 이미지에서 인지한 대상의 위치를 고려하여 다음 프레임에서 대상을 적은 계산으로 재발견할 수 있도록 좁은 영역을 관심영역으로 지정한다. C. Arth et al. [12]의 논문에서는 정적 관심영역에서 번호판을 인식하고 이 후의 프레임에서 번호판 영역만을 동적 관심영역을 통해 인지하고 그러한 작업을 통해 다수의 이미지에 OCR (optical character recognition) 기법을 적용하여 번호판 인식을 위한 계산 시간을 최소화 하고 번호판의 글자를 정확히 인지 할 수 있도록 하였다. 또한 Son et al.[5]의 논문에서 정적 관심영역 기법과 함께 동적 관심영역 기법을 함께 적용하여, 보행자 인식과 번호판 인식의 계산량을 최소화 할 수 있도록 설계하였다. 그림 1은 동적 관심 영역을 선정하는 방법을 나타내고 있다. 그림 1(a)에서 정적 관심영역에서 보행자를 찾기 위한 동작을 수행한다. 그림 1(b)에서 보행자를 찾게 되면 해당 보행자를 대상으로 새 관심영역을 만든다. 그림 1(c)에서 새롭게 만든 동적 관심영역을 보이고 있다. 관심영역이 줄어서 처리 시간이 더 감소하나 이렇게 확보한 시간은 다음 프레임을 처리하기 전까지 IDLE 시간으로 낭비된다. 이러한 자원을 효율적으로 활용하기 위해 동적 프레임 제외 기법이 필요하다.

## 2.2. 프레임제외 기법

영상인식 처리 경량화를 위한 다른 방법으로 입력 프레임을 제외하고 일부 프레임만을 선택적으로 처리하는 프레임 제외 기법이 존재한다. 프레임 제외 기법은 실시간 처리를 위해 사용하는 경우가 많으며 일부 프레임을 연산에서 완전히 제외시키므로 순간적으로 등장하는 인식 대상의 인지가 불가능하므로 인식 성공률의 저하가 일어날 수 있다. 그에 따라 비실시간 처리 응용에서는 그 활용도가 낮다. 일반적인 응용에서 프레임 제외는 고정 값을 가지고 일정하게 제외하며 처리 장치의 처리시간에 따라 제외할 프레임 수를 결정한다. 균등한 프레임 제외를 위해 균일하게 처리량을 감소시키는 기법과 함께 적용하는 것이 효과적이다. 그러나 처리량이 가변적으로 변하는 기법과 함께 사용할 때는 균등한 프레임 제외로 인한 CPU IDLE 시간을 증가시키는 단점이 존재한다. 그림 2는 영상 인식을 수행하는 응용에서 고정 프레임 제외 기법의 적용에 따른 프레임 처리와 제외를 나타내는 예시를 보이고 있다. 그림에서 20FPS로 입력 프레임이 들어오는 환경에서, 해당 프레임을 100ms 마다 처리하고 있다. 따라서 t 시간에 프레임 처리를 시작한 경우, t+50ms 시점의 프레임은 제외한다. 새로 들어온 t+100ms 시점의 프레임을 처리하고, t+150ms 시점의 프레임은 마찬가지로 제외한다. 해당 프레임의 처리가 100ms 보다 짧은 시간 내로 끝났으나 추가적으로 처리해야 할 작업이 없으므로 t+200ms 시점에서 새 프레임이 들어올 때 까지 CPU IDLE 시간을 갖는다. 시간의 흐름에 따라 프레임의 처리와 제외가 반복되나 처리시간의 단축에 따른 이득은 발생하지 않는 문제가 있다. 제안하는 기법에서는 다수의 인식처리 기법을 이용하여 간헐적으로 발생하는 처리시간의 단축에 대응하여 다른 처리 기법을 수행하는 방법으로 처리 횟수를 늘리고 효율적으로 동

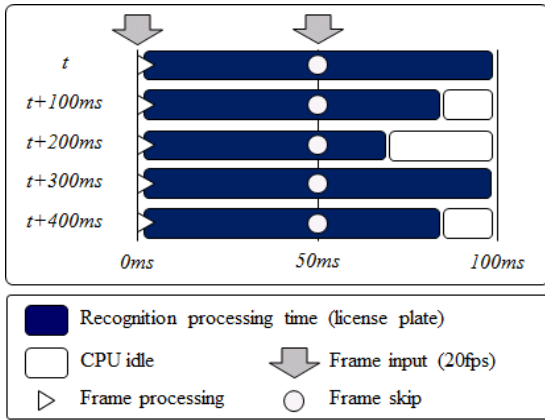


Fig. 2 Example of the static frame skip method

작할 수 있도록 한다. 또한, 다수의 인식기법을 실시간으로 처리하기 위해 주행 상태를 고려한 동적 프레임 제외 기법을 제안한다.

### III. 주행 상태 기반의 동적 프레임 제외 기법

입력 프레임을 전부 처리할 경우 정확도나 인식실패 부분에서의 성능향상을 노릴 수 있으나 장치의 연산 처리 능력이 제한적일 경우 실시간 처리가 불가능하므로 차량에 적용하여 활용하기 어렵다. 차량이 입력받는 영상 이미지는 비교적 일정한 영상을 입력 받을 경우가 많다. 그에 따라 모든 프레임을 대상으로 처리를 수행할 필요성이 감소한다. 영상의 변화가 거의 없는 고속도로나, 차량이 서행하고 있을 때 운전자가 돌발 상황에 쉽게 예측할 수 있는 상황이 좋은 예다. 그와 반대로 차량의 속도가 빠르고 급격한 가속과 감속으로 주행 환경이 급변할 수 있는 상황의 경우 중요한 인식 기법의 연속적인 처리가 필요하다. 그에 따라 차량의 주행상태를 안정주행과 위험주행으로 나누어서 상태에 따른 영상인식 기법의 적용과 실시간 처리를 위한 프레임 제외율을 결정하는 기법을 제안한다. 다음은 정의할 2가지 주행상태에 대한 구체적인 내용을 설명한다.

- 안정주행: 속도가 낮고, 가속도 변화가 작을수록 안정적인 주행상태로 판단. 그에 따라 연속적으로 들어오는 비슷한 프레임을 일부 제외하여 다양한 영상인식

기법을 수행

- 위험주행: 속도가 높고, 가속도 변화가 클수록 위험한 주행상태로 판단. 연속적인 프레임에서 안전에 영향을 주는 대상(보행자, 차선이탈)에 대한 지속적인 인식을 수행. 처리 후 시간이 남을 경우 우선순위가 낮은 인식기법을 추가로 수행

안정주행 중에는 연속된 프레임을 일부 제외함으로써 연산을 위한 시간을 더 많이 확보할 수 있으므로 차량용 스마트 카메라 장치가 수행할 수 있는 전체 영상인식기법을 수행한다. 위험주행 중에는 최소한의 인식기법을 수행하여 처리시간을 줄이고 그에 따라 프레임제외를 최소화한다. 이러한 상황의 인지를 위해 차량의 속도와 가속도 변화를 이용하여 주행 상황을 판단하는 모델을 설계하였다. 속도와 가속도 변화량에 영향을 주는 요소는 차량의 가속, 감속, 충격 및 방향전환이 있다. 속력과 가속도 변화량은 상호의존적 관계이며 두 정보를 이용하여 주행상황을 판정하고 그에 따른 동적 프레임 제외율을 결정할 수 있다. 본 연구에서는 두 값에 대해 평준화(normalization)를 수행한 후 가중치를 부여하여 주행상태를 결정하는 결정 모델을 제안한다. 최고 속도는 도로의 제한속도를 이용하여 도출할 수 있으며, 가속도 변화량은 운전자의 가속, 감속 성향을 기반으로 주행상태 추정 모델을 생성하였다. 해당 모델은 수식 1과 같다.

$$DC = R \left( \alpha \times \left( 1 - \frac{s - \min(s)}{\max(s) - \min(s)} \right) \times \left( 1 - \frac{\Delta A - \min(\Delta A)}{\max(\Delta A) - \min(\Delta A)} \right) \right) \quad (1)$$

제안하는 모델의 프레임 제외율인 FRskip은 주행상태 값인 DC (driving condition)와 입력 프레임의 수 및 인식기법의 처리속도 따라 결정되며, 안정주행과 위험주행에 따라 나눈 2가지 상태의 프레임 제외율을 가지도록 설계하였다. 스마트 운전자 보조 시스템에 적용한 보행자 인식, 차선 인식, 번호판 인식, 교통표지판 인식과 같은 4가지 영상인식기법 중 보행자와 차선 인식을 항상 수행할 영상인식처리 그룹으로 정하고 번호판 인식과 교통표지판 인식의 경우 처리시간이 여유롭게 주어질 때 처리하도록 설계하였다. 위험주행 상태일 경우에도 동적 ROI 기법으로 처리시간을 단축한 정도에 따라 추가적인 인식 기법을 적용하도록 하였다.

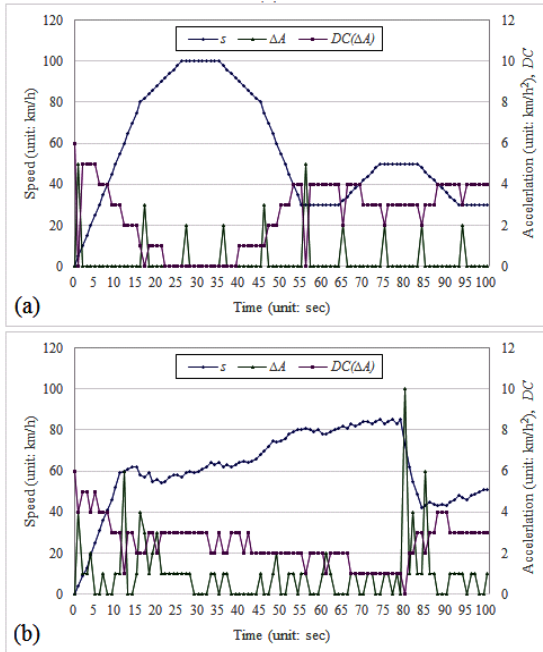


Fig. 3 Determination of driving condition according to  $s$  and  $\Delta A$  values

그림 3은 속도와 가속도 변화에 따른 주행상태를 산출한 예를 나타내고 있다(=6). 값을 6으로 설정하였기에 DC값이 3이상일 때 안정, 3미만일 때 위험 주행을 나타낸다. 그림 3(a)에서 속도와 가속도 변화에 대해 나타내고 있으며, 안정적으로 증가 혹은 감소 추세를 갖는 속도에 맞게 가속도 변화도 함께 산출함에 따라 주행상태를 나타냄을 확인할 수 있다. 가속도보다 속도 변화가 증감 추세를 바꾸는 순간을 인지하여 상태 전환에 이용되므로 더욱 적합함을 알 수 있다. 그림 3(b)는 차량 트래픽 시뮬레이터를 이용하여 생성한 속도 값을 측정하여 가속도 변화량을 계산하여 주행상태를 도출한 결과를 보이고 있다. 속도에 따라 주행상태가 큰 틀에서 정해지고, 가속도 변화에 따라 주행상태가 미세하게 조절되는 것을 확인할 수 있다. 본 논문에서는 주행상태를 2종류로 분류하였으므로, 값을 1로 설정하고 해당 값에 대한 프레임 제외율을 기법의 처리시간에 맞춰 설정하였다.

수식에서 표준화를 수행한 속도, 가속도 변화값에 값을 곱하여 운행 상태를 결정하고 각 상태에 따른 프레임 제외 값을 매핑하여 최종적인 프레임 제외율을 결

정한다. 프레임 제외율은 각 운행상태에서 처리되는 영상인식기법의 전체 처리시간을 토대로 결정된다. 예를 들어 초당 입력 프레임 수가 30일 경우 안정운행에서 영상인식기법의 처리속도가 100ms 이고 위험운행에서의 처리속도가 30ms 일 경우, 안정운행에서의 최대 초당 처리 프레임 수는 10이므로 20개의 프레임이 제외되도록 제외율을 2로 설정한다. 이 제외율 값은 하나의 프레임을 처리한 후 이어지는 프레임 개를 제외하는 것을 의미한다. 따라서 제외율 2는 3 프레임 중에 1 프레임을 처리하는 것으로 앞선 가정에서 10개의 프레임을 100ms 마다 처리하여 실시간 동작을 수행하는 것을 나타낸다. 위험운행에서의 인식기법 처리속도가 30ms라면 입력해 들어오는 프레임의 간격인 33ms 보다 빠른 처리가 가능하므로 제외 프레임 없이 전체 프레임을 처리하며 실시간 동작을 수행할 수 있다. 여기서 앞선 동적 관심기법으로 인해 처리속도가 더욱 단축될 경우, 처리시간이 짧은 추가적인 인식기법을 수행할 수 있다. 따라서 제안한 동적 프레임 제외 기법으로 운행상황에 맞는 제외율을 적용하여 실시간 처리와 최대한 많은 수의 영상처리를 수행시킬 수 있다.

그림 4는 기존 프레임 제외 기법과 동적 프레임 제외를 수행하는 예시를 나타내고 있다. 입력 프레임 레이트가 20으로 50ms 마다 하나의 프레임이 입력되는 환경이다. 그림 4(a)의 정적 프레임 제외 기법에서는 전체 기법을 하나의 트랜잭션 동작으로 두고 처리를 수행하여 전체 처리시간인 100ms 마다 한 프레임씩 처리하는 것을 확인할 수 있다. 정적 프레임 제외 기법 중  $t+200ms$  시점에서 동적 관심영역의 적용으로 처리시간이 단축되었음을 확인할 수 있다.

전체 인식처리를 수행할 만큼의 시간을 확보하지 못하여 장치가 다음 프레임을 받을 때까지 IDLE 상태를 갖게 되므로 동적 관심영역의 처리시간 감소를 효과적으로 활용하기 어렵다. 동적 프레임 제외를 보이는 그림 4(b)에서는  $t$  시점에서 2개의 인식기법을 50ms 간격으로 처리하는 것을 볼 수 있다.  $t+100ms$  시점에서 주행상태가 안정주행으로 변경되어 150ms에 입력될 프레임이 제외되고 100ms에 걸쳐 전체 인식기법을 수행한다.  $t+200ms$  시점에는 다시 주행상태가 위험주행으로 변경되어 일부 처리기법이 우선적으로 수행되나, 동적 관심영역으로 단축한 처리시간을 이용해 다른 기법을 추가적으로 수행함을 보인다. 이후  $t+300ms$  부터는



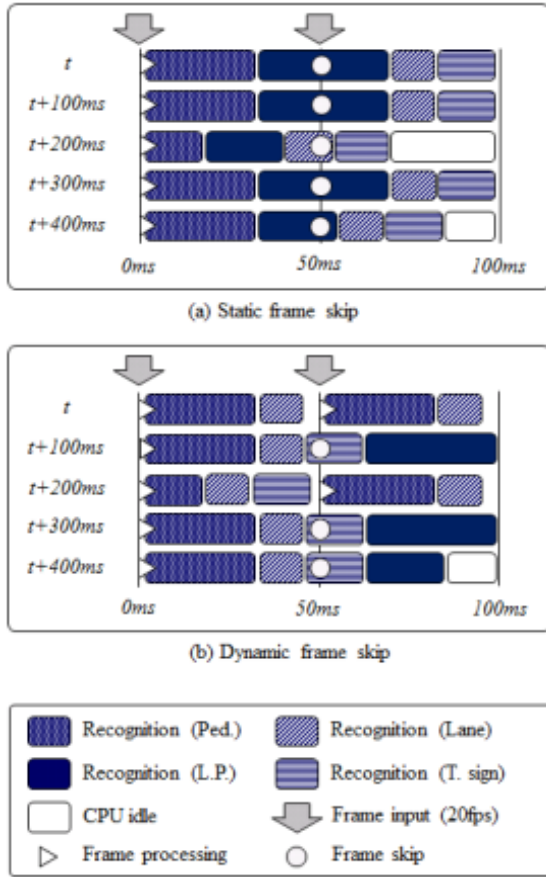


Fig. 4 Example of the static frame skip and dynamic frame skip method for variable recognition methods

다시 안정운행으로 변경되어 100ms 마다 하나의 프레임에 대해 전체 인식기법을 수행하는 것을 확인할 수 있다. 다수의 인식기법을 처리하므로 단축한 시간에 추가적으로 처리하는 것이 가능하고 동적으로 프레임 제외율을 변경시켜 제한된 환경에서 최대한 많은 프레임을 처리하는 모습을 보인다.

#### IV. 성능평가

본 장에서는 제안한 입력 프레임 경량화 기법의 성능 평가 내용을 다룬다. 입력 프레임 경량화 기법의 성능 평가를 위해 스마트 차량용 카메라 장치를 구현하였으며 해당 장치에서 다수의 인식기법을 적용하여 다수의

인식기법을 실시간으로 처리됨을 확인하였다.

구현한 차량용 스마트 카메라의 성능을 기존에 수집한 주행 영상을 이용하여 테스트 하였다. 샘플 영상은 차량용 블랙박스에서 녹화된 영상이며, 각각 24FPS, MPEG-4의 압축포맷, WVGA (800×480)의 해상도를 갖는 10종류의 10초 영상을 대상으로 실험을 진행한다. 차량의 이동속도와 가속도 변화가 필요한 동적 프레임 제외 기법의 성능평가를 위해 각 샘플영상에 존재하는 속도정보를 분석하여 일부영역에서 주행상태의 변화가 발생하도록 설정하였고 그에 따른 프레임 제외율을 결정할 수 있게 하였다.

엔비디아 테그라 K1 코어[13]를 적용한 스마트 차량용 카메라 장치에서 관심영역에 따른 처리 성능, 프레임 제외에 따른 처리 성능 및 병렬처리 구현에 따른 처리 성능에 대한 평가를 수행한다. 평가항목은 영상처리 속도, 인식률 및 처리 프레임의 수이며, 영상처리속도는 누적 초과처리시간을 기준으로 실시간 동작의 가능 여부를 두고 평가하였고, 인식률은 관심영역의 변화나 제외율에 따른 변화를 기준으로 비교 평가하였다.

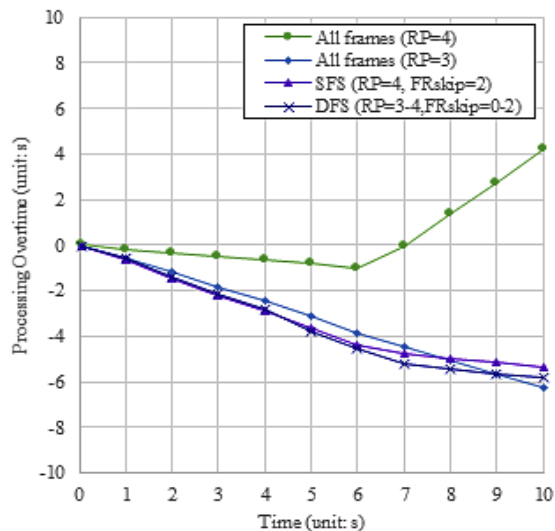
4가지 인식기법을 적용한 환경에서의 동적 프레임 제외 기법을 적용한 성능비교가 그림 5에서 이루어진다. 그림에서 동적 프레임 제외 기법의 성능평가를 위해 3가지 비교 대상을 설정하였다. 기존의 모든 입력 프레임에서 4가지 인식기법을 모두 수행한 경우 (All frames, RP=4) 와 모든 입력 프레임의 실시간 처리를 위해 번호판 인식기법을 제외한 3가지 인식기법만 적용한 경우 (All frames, RP=3), 기존의 조건에 정적으로 프레임 제외를 수행하는 경우 (SFS, RP=4, FRskip=2), 그리고 제안한 동적 프레임 제외 기법을 적용한 경우 (DFS, RP=3-4, FRskip=0-2) 이다. 제안 기법에서 안정주행시 프레임 제외율은 2로 설정하고, 위험주행시 프레임 제외율은 0으로 설정하였다. 위험주행시에는 보행자 인식, 차선 인식을 수행하고 동적 관심영역으로 인해 처리시간이 단축될 경우 추가로 원형 표지판 인식과 번호판 인식을 수행하도록 설정하였다. 위험주행상황은 실험에서 5-7초 사이에서 발생하도록 하였다. 가장 많은 처리시간이 소요되는 번호판 인식을 제외한 경우 각 프레임을 실시간으로 처리하여 일정한 처리시간이 걸림을 확인할 수 있다. 번호판 인식의 처리를 위해 프레임 2개를 제외한 경우와 제안 기법이 비슷한 처리시간이 소요됨을 확인할 수 있다.

**Table. 1** Comparison of the frame processing number according to frame skip methods

	Ped.	Lane	T. sign	L.P	Sum
All frames(RP=4, FS=0)	240	240	240	240	960
All frames (RP=3, FS=0)	240	240	240	0	720
SFS (RP=4, FS=2)	80	80	80	80	320
DFS (RP=3-4, FS=0-2)	118	118	118	70	424

번호판 인식 여부에 따라 처리속도가 미세하게 차이가 발생하나 비슷한 추세로 처리가 진행됨을 확인할 수 있다. 위험주행상황인 5-7초 사이에 동적 프레임 제외율이 변경되며 정적으로 프레임 제외를 수행한 경우에 비해 더 많은 인식기법의 처리가 수행됨을 확인할 수 있다. 표 1에서 각각의 경우에 따른 각 인식기법의 프레임 처리 수를 나타내고 있다.

보행자 인식 (Ped.), 차선 인식 (Lane), 원형 교통표지판 인식 (T. sign)과 번호판 인식 (L.P.)의 프레임 처리 수를 나타내고 있다. 제외율, 처리 종류에 따라 처리 수가 다르게 나타남을 확인할 수 있다. 실시간 처리가 가능한 결과 중에서 번호판 인식을 포기한 All frames (RP=3)의 인식 프레임 수가 가장 많음을 확인할 수 있다. 프레임 제외를 통해 4가지 기법을 모두 적용한 기법을 비교한 결과 동적 프레임 제외 기법이 더 많은 인식



**Fig. 5** Recognition processing overtimes using frame skip methods according to applied recognition methods and frame skip rate

프레임 수를 가짐을 확인 할 수 있었다.

처리할 프레임 수를 동적으로 변경하여 연산량을 줄일 수 있으나, 일부 프레임의 제외로 인한 인식률에 변화가 발생할 수 있다. 각 기법을 적용한 영상처리 결과로 나타나는 인식률을 비교하여 성능을 평가하였다.

프레임 제외 기법으로 인하여 처리를 수행한 프레임만 인식률에 반영할 경우 모집단이 변화하여 성능지표가 달라지므로, 제외된 프레임의 인식은 이전의 처리한 프레임에서 인식한 결과를 그대로 반영하여 적용하였다. 대상의 움직임이 적은 경우 이전 프레임에서 발견한 위치에 그대로 존재하게 되므로 해당 위치에서 지속적으로 인식 된 것으로 반영하였다. 반대로 대상의 움직임이 많은 경우 발견한 위치에서 이탈하게 될 경우 인식 실패로 처리하였다. 연속 수십 밀리 초 단위의 연속 프레임이므로 이전 프레임에서의 인식이 성공할 경우 다수의 제외 프레임에서도 인식 성공으로 반영될 가능성이 높아 제외한 경우에도 인식률이 크게 저하되지 않는 것을 확인할 수 있다. 많은 프레임을 처리하더라도 인식 성공률에 따라 더 많은 인식을 수행한 경우에도 더 많이 제외한 상황의 결과보다 낮은 성능을 보일 수 있다.

**Table. 2** Comparison of pedestrian recognition performance according to various frame skip methods

	All frames			SFS			DFS		
	acc	rec	pre	acc	rec	pre	acc	rec	pre
#1	0.883	0.033	0.200	0.867	0.014	0.086	0.871	0.019	0.114
#2	0.710	0.017	0.039	0.698	0.000	0.000	0.698	0.000	0.000
#3	0.858	0.078	0.320	0.817	0.031	0.120	0.817	0.031	0.120
#4	0.775	0.177	0.379	0.746	0.156	0.322	0.742	0.140	0.287
#5	0.808	0.046	0.164	0.808	0.046	0.164	0.792	0.026	0.091
Ave	0.807	0.070	0.220	0.787	0.050	0.138	0.784	0.043	0.123

**Table. 3** Comparison of license plate recognition performance according to various frame skip methods

	All frames			SFS			DFS		
	acc	rec	pre	acc	rec	pre	acc	rec	pre
#1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.808	1.000	0.808
#2	0.988	1.000	0.988	1.000	1.000	1.000	0.722	1.000	0.722
#3	0.283	1.000	0.283	0.250	1.000	0.250	0.118	1.000	0.118
#4	0.917	1.000	0.917	0.925	1.000	0.925	0.725	1.000	0.725
#5	0.963	0.645	0.943	0.979	0.651	0.968	0.850	0.598	0.772
Ave	0.830	0.929	0.826	0.831	0.930	0.829	0.645	0.920	0.629

표 2와 3은 10초 길이의 영상에서 보행자, 차량 번호판에 대해 인식률(accuracy), 검출률(recall), 정확도(precision)를 나타내는 결과를 보인다. 모든 영상처리 결과에서 인식률은 입력 프레임 경량화 기법의 적용에 따라 미세한 증감을 나타냈다. 동적 프레임 제외 기법을 적용한 경우에 인식률이 높게 나타나는 경우가 존재했다. 그 이유는 하나의 대상을 발견하였을 때 그 다음 프레임을 실제로 검사했던 프레임에서 실패한 경우는 인식률이 떨어지나, 인식에 실패할 수 있는 프레임을 건너뛸 경우 이전의 인식성공을 그대로 이어 받아 인식률이 향상될 수 있기 때문이다. 이는 연속된 프레임에서 대상의 이동이 적기 때문에 인식률에 있어서 이득을 본 경우로써 실제 인식률은 비슷하다고 볼 수 있다.

## V. 결 론

스마트 운전자 보조 시스템은 차량 주변 상황을 인지하고 그 인지에 따른 상황과 경고를 운전자에게 제공하여 운전자의 안전과 편의성을 제공하는 시스템으로 자율 주행 시스템과 함께 미래 자동차 환경을 한 단계 향상시킬 중요한 기술이다. 이러한 스마트 운전자 보조 시스템을 위해 영상인식 기반의 주변 인지기술이 반드시 필요하며, 본 연구에서는 실시간 영상인식 처리를 위한 입력 프레임 경량화 기법을 제안하였다.

실시간 영상인식 처리를 위한 입력 프레임 경량화 기법으로 입력되는 프레임 중 일부 프레임을 제외하여 처리 부하를 낮추는 주행 상태 기반의 동적 프레임 제외 기법을 제안하였다. 고성능 임베디드 AP인 테그라 K1을 이용한 스마트 카메라 장치를 설계하고 각종 라이브러리를 이용하여 그 성능을 극대화 하여 성능 테스트를 진행하였다. 동적 프레임 제외 기법을 적용하여 전체 프레임 중 절반의 프레임을 처리하였을 때 약 3배의 처리성능의 향상을 확인하였으며 실시간 동작이 가능함을 보였다. 그와 함께 프레임 전체를 검색하지 않는 제안한 기법에서 전체를 탐색한 경우에 비해 미세한 인식률 변화를 확인하였다.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by the Center for Integrated Smart Sensors funded by the Ministry of Science, ICT & Future Planning as Global Frontier Project (CISS-2011-0031863)

This paper is an excerpt from the author's doctoral dissertation[14] in 2016.

## REFERENCES

- [ 1 ] L. D. Burns, "Sustainable mobility : a vision of our transport future," *Nature*, vol. 497, no. 7448, pp. 181-182, May 2013.
- [ 2 ] D. Stavens and S. Thrun, "A self-supervised terrain roughness estimator for off-road autonomous driving," In *Proceedings of the Twenty-Second Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI)*, United State, pp. 469-476, June 2012.
- [ 3 ] S. Borhade, M. Shah, P. Jadhav, D. Rajurkar, and A. Bhor, "Advanced driver assistance system," In *Proceedings of the International Conference on Sensing Technology (ICST)*, India, pp. 718-722, Dec. 2012.
- [ 4 ] S. Son, T. Kim, Y. Jeon, and Y. Baek, "Smart camera technology to support high speed video processing in vehicular network," *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 40, no.1, pp. 466-474, Jan. 2015.
- [ 5 ] S. Son and Y. Baek, "Design and implementation of real-time vehicular camera for driver assistance and traffic congestion estimation," *Sensors*, vol. 15, no.8, pp. 20204-20231, Aug. 2015.
- [ 6 ] J. Becker, M. B. A. Colas, S. Nordbruch, and M. Fausten, "Bosch's vision and roadmap toward fully autonomous driving," *Road Vehicle Automation, Springer International Publishing*, pp. 49-59, June 2014.
- [ 7 ] D. Geronimo, A. M. Lopez, A. D. Sappa, and T. Graf, "Survey of pedestrian detection for advanced driver assistance systems," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 32, no. 7, pp. 1239-1258, May 2010.



- [ 8 ] M. Kang, Y. Kim, "Road Lane and Vehicle Distance Recognition using Real-time Analysis of Camera Images," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 16, no. 12, pp. 2665-2674, Dec. 2012.
- [ 9 ] H. Oh, E. Rhee, "Enhancement of Car License Plate Recognition Rate and Security with Rotation Algorithm," *Journal of Security Engineering*, vol.13, no.2, pp. 83-90, Apr. 2016.
- [10] S. David and A. Manzalini, "Horizon 2020 and beyond: on the 5G operating system for a true digital society," *IEEE Vehicular Technology Magazine*, vol. 10, no. 1, pp. 32-42, Feb. 2015.
- [11] V. Balisavira and V. K. Pandey, "Real-time object detection by road plane segmentation technique for ADAS," In *Proceeding of IEEE International Conference of Signal Image Technology and Internet Based Systems (SITIS)*, Italy, pp. 161-167, Nov. 2012.
- [12] C. Arth, F. Limberger, and H. Bischof, "Real-time license plate recognition on an embedded DSP-platform," In *Proceeding of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, (CVPR)*, Las vegas: NV, pp. 1-8, June 2007.
- [13] NVIDIA Jetson development kit information [internet]. Available: <https://developer.nvidia.com/jetson-tk1>.
- [14] S. Son and Y. Baek "Real-time Video Recognition and Data Dissemination in Smart Driver Assistance Systems," Ph. D. dissertation, Pusan National University, Busan, 2016.



**손상현(Sangyun Son)**

부산대학교 컴퓨터공학과 공학박사  
세메스 연구소 재직 (시스템 개발)  
※관심분야 : RFID, 센서 네트워크, 임베디드 시스템, SDAS



**전용수(Yongsu Jeon)**

부산대학교 컴퓨터공학과 공학석사  
부산대학교 컴퓨터공학과 박사과정  
※관심분야 : 임베디드 시스템, SDAS



**백윤주(Yunju Baek)**

한국과학기술원 전산학과 공학박사  
NHN 기술연구소 소장  
부산대학교 컴퓨터공학과 정교수  
※관심분야 : RFID, WSN, RTLS, 임베디드 시스템