

# 교차로 교통사고 검지시스템 성능개선 방안 연구†

Research of the performance improvement in traffic incident detecting system  
within the cross road

유성준

(서울시립대학교 박사과정)

김영찬

(서울시립대학교 교수)

이동영

(시우넷(주) 대표이사)

Key Words : 교통사고자동기록장치, 검지율, 유효취득율

## 목 차

- I. 서론
  - II. 현 시스템 운영현황 및 성능 개선 방안
  - III. 시스템 성능개선을 위한 알고리즘 개발
    - 1. 개발 초기버전 분석
    - 2. 알고리즘 개발 이론 고찰
    - 3. 유체근사와 학습인지 시스템 적용한 알고리즘 개발
  - IV. 개선시스템 성능평가
    - 1. 성능평가 방법
    - 2. 성능평가 결과
  - V. 결론 및 향후 연구과제
- 참고문헌

## I. 서론

교통사고 자동기록장치는 첨단 IT 기술을 활용하여 교통사고 발생 상황을 동영상으로 자동기록하여 교통사고 조사 시 가·피해자를 명확히 구분할 수 있도록 하는 장비이다[1].

2004년 국내 첫 개발 시도 이후 꾸준히 성능개선에 노력을 하였다.

초기 개발된 교통사고 자동기록장치의 경우 카메라로 입력되는 동영상의 단순 픽셀변화를 측정함으로써 운동 변화량을 측정하여 교차로 내의 교통 흐름에 대한 정성적 변화량에 적용하여 사고 시 발생하는 유사 운동량으로 사고를 인지하는 시스템이었다.

초기 시스템의 성능 개선을 위해 교통량에 대한 학습인지 시스템과 교통량 흐름은 유체흐름으로 근사되는바 유체흐름의 점진적인 변화에 대한 인지시스템이 추가되어야 한다.

2006년에 실현된 성능평가에 의한 교통사고자동기록장치의 특성은 이러한 학습인지 능력의 주기를 매시 5분 이내로 단축시켜 효과적인 흐름파악을 하고 있다. 교통사고를 검지하는 알고리즘 또한 많은 진보를 보여 객체분석을 통한 분석 능력이 향상되었다.

이러한 교통사고 자동기록장치의 특성상 그 성능을 파악하기 위한 모의실험은 거의 불가능하다. 또한 성능에 대한 조기 판단은 직접 교통사고 실험을 하지 않고는 매우 어려운 것이 현실이다. 현재 개발된 국내 교통사고 자동기록장치들은 음향 분석이나 영상분석을 통한 방법으로 그 성능을 입증하기 위하여 현장에서 평가를 실시해야 하고 성능평가를 위한 최소한의 사고발생 수가 필요하므로 차량 및 교통사고를 녹화 후 분석해야만 하는 어려움이 있다.

본 연구의 목적은 2004년부터 운영 중인 교통사고 자동기록장치 문제점 및 알고리즘 분석을 통하여 교통사고 자동기록장치 성능개선을 위한 알고리즘 개발 및 평가에 있다.

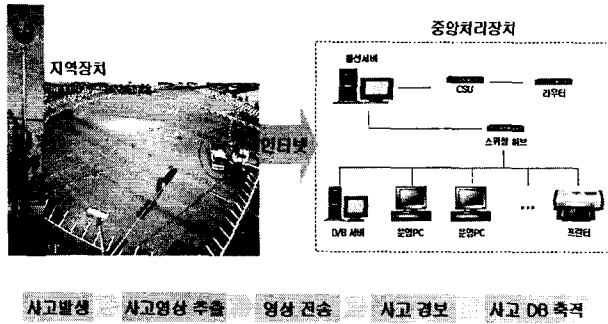
## II. 현 시스템 운영 현황 및 성능 개선 방안

우리나라에서 정점형이라 할 수 있는 교통사고 자동기록장치에 관한 연구는 2000년도부터 진행이 되었으며 2006년 현재 교통사고 자동기록장치 8대가 서울시 4개 교차로에 설치 운영 중에 있으며, 부산시에 4개 지점 8대 설치하여 현재 인수성능평가가 진행 중에 있다.

현 교통사고 자동기록장치는 음향검지와 영상검지를 통해 교통사고를 검지하고 있는데 각각 독립적으로 개발되어 이용되고 있다.

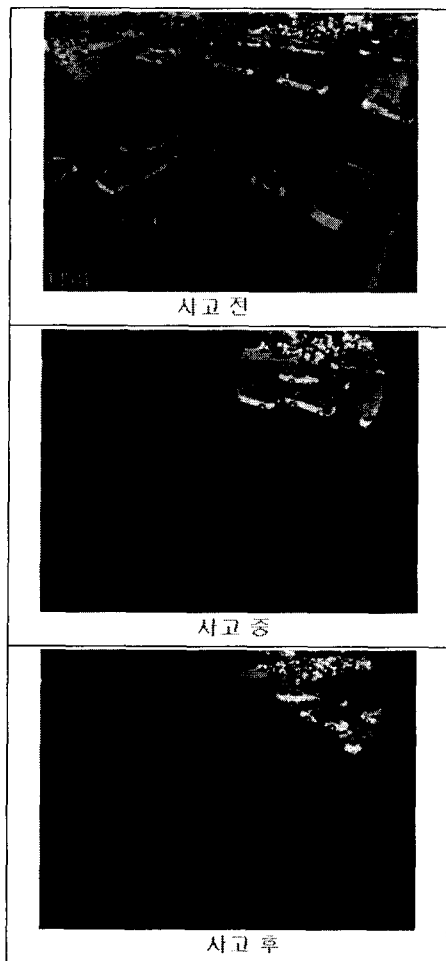
음향검지 기술에 있어서 고가의 지향성 음원취득 장치를 통하여 현장에서 음원을 취득하고, 사고관련 음향DB에 필터링을 하므로 사고 유무를 판단하게 되어있다. 따라서 사고 관련 음향 DB의 형성이 어떤 환경에서 제작되어 졌느냐가 가장 중요한 문제가 된다. 환경적 요인으로 습기, 온도, 압력 등은 실제로 음향에 많은 영향을 주어 주파수를 왜곡 시키는 주요한 요인이 된다. 국내 환경에 음향검지 기술을 도입시키기 위해서는 다양한 실험환경과 현지 환경에 대하여 보다 더 면밀한 조사와 실험 과정이 되풀이되어야 하며, 취득된 음향정보를 분석하고 국내 환경에 적용되는 새로운 음향 필터를 제작하여야 한다.

<그림 1>은 교통사고 자동 기록장치의 시스템이 사고발생부터 처리·결과 누적되는 과정을 간략히 설명하고 있다.



<그림 1> 교통사고 자동 기록장치 시스템 구성도

<그림 2>는 자동기록장치가 교통 사고의 전·중·후를 검지하여 취득한 영상자료이다.



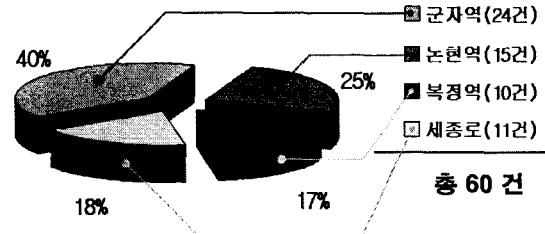
<그림 2> 사고현장 영상취득 상황

영상검지는 음향검지 기술과 달리 특별히 DB화된 필터가 필요 없으나 역시나 환경적 요인을 무시 할 수 없다. 환경적 요인은 조명, 날씨, 일출과 일몰에 관계된다. 단순 움직임 감지 식의 영상 모듈은 이러한 조명관련 외부환경에 매우 밀접하게 동작하여 오류의 소지가 많다. 또한 신호와의 연계체계를 통하여 시스템의 부하를 줄여야하는 바, 교통 제반 시설과 운용 시스템과의 밀접한 유기적 관계가 필요하다. 진보된 객

체인식과 이벤트 검지 방식에 있어서도 영상 입력 장치의 입력 모드와 환경을 고정시켜 영상을 취득하여야 한다.

그럼에도 불구하고 지난 2005년 5월 1일부터 2006년 7월 31일까지 시범 설치된 장비로부터 긍정적인 효과에 대하여 보고된 바가 있다.

위 기간 동안 총 사고 발생 건수는 60건으로 각 설치 교차로별 사고건 수가 <그림 3>에 나타나 있다.



<그림 3> '05.1~'06.7 까지 사고발생 건수

교통사고 사고 1건을 처리하는데는 많은 인력, 행정절차, 시간 등이 많이 소요되고 있는 것이 현재의 교통사고 조사의 현실이다. 그러나 교통사고자동기록장치에 취득된 영상은 결정적인 사고증거로서의 가치가 인정되고, 담당자들로 하여금 업무의 효율성이 증대되고, 교통사고 예방의 효과가 매우 높은 것으로 나타났다.

### III. 시스템 성능개선을 위한 알고리즘 개발

#### 1. 개발 초기버전 분석

일본은 소리검지방식의 교통사고 자동기록장치를 개발하였으며 2002년 12월 537대가 일본 전국에 설치되어 운영 중에 있다[2].

소리 분석을 통한 사고검지 알고리즘에 관한 연구가 일본, 미국 등지에서 수행[3], [4] 되었으며, 이를 바탕으로 교통사고를 검지하고 기록하는 시스템이 운영 중에 있다.

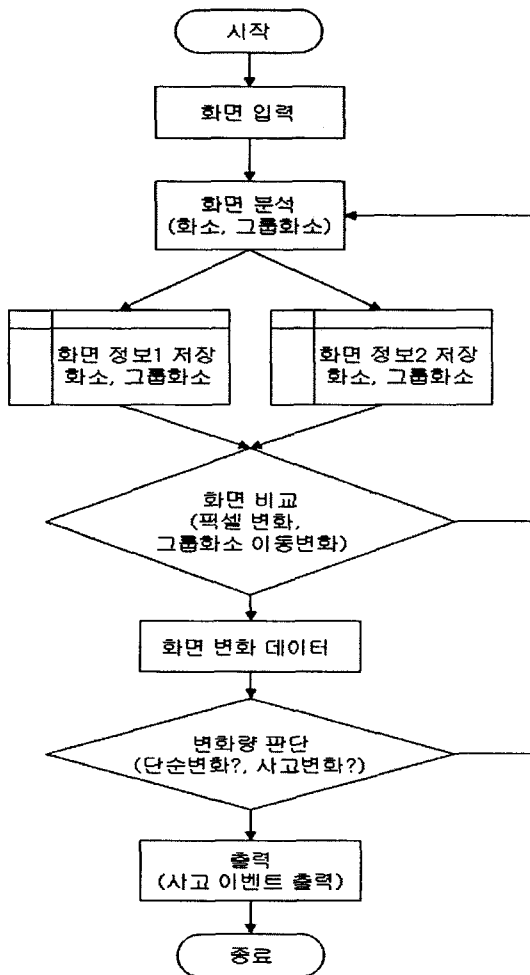
그러나 국내에서는 소리 분석을 통한 사고검지 알고리즘은 소리DB가 현재까지 부족한 실정에 있다. 따라서 국내에서 사용되고 있는 교통사고 검지 알고리즘은 영상검지를 기반으로 한 기술이다.

2004년 실시된 교통사고 자동기록장치 성능평가에서 드러난 초기 제품에 있어서의 문제점은 비교적 단순한 로직에 의하여 사고를 검지함에 있어서 환경적인 요인에 매우 밀접하게 동작하고 있음을 알 수 있었다. 초기 버전에서는 간단한 움직임감지 시스템을 적용하여 교통흐름의 양을 파악하고 흐름량에 따른 이벤트의 특성을 계산하여 묘사하는 것으로 교통사고를 검지 할 수 있었다. 하지만 환경적 요인으로 교통상황의 흐름에 있어서 차량의 많고 적음을 판단하거나 학습하지 못하였고, 기타 일몰과 일출 시 태양의 조도에 따라 움직임량이 매우 다르게 표현되는 결과가 나타났다. 초기버전에서 보다 진보시켜 환경적 요인을 시간에 따라 자동으로 갱신하

도록 조도센서를 부착한 결과 조도와는 무관하게 움직임량이 측정되었으며, 실제적으로 입력영상의 각도에 따른 차량의 크기변화에 더 민감한 것으로 나타났다. 결국 초기버전은 시간과 차량의 흐름상태에 따라 사고검지의 유효 움직임량 측정 방법을 달리하여야 했다.

현재 서울에 설치된 장비들은 초기버전으로서 지속적인 시스템 감시와 정비를 통하여 성능을 유지하여야 한다는 단점이 있다. 종합적으로 환경요인에 대한 자각적인 학습인지 시스템의 도입이 필요하고, 사고구분에 대한 명확한 해석과 분석능력을 가져야 한다.

초기버전의 교통사고 검지알고리즘은 <그림 4> 와 같다.



<그림 4> 교통사고자동기록장치 초기버전 알고리즘

## 2. 알고리즘 개발 이론 고찰

### 1) 학습인지 시스템

영상 처리에 있어서 학습인지 시스템은 단순하게 경험적인 DB를 지속적으로 누적하여 정규화 및 규격화를 시켜 다음 입력 영상을 비교분석할 때 운용되는 것이다. 하지만 교통사고

자동기록장치에 있어서 학습의 주기는 일반적인 산업 기술에 쓰이는 학습인지 시스템과 많은 차이를 가진다. 첫째로 일반적인 산업 기술에 있어서의 학습인지 시스템[5]은 비주기성을 가진 전체적이고 포괄적인 영상 입력내용에 대한 평균치를 획득하여 차기 입력되는 영상의 표준을 형성하여 비교 분석한다는 것이다. 하지만 교통상황에 있어서의 학습인지는 신호 등의 주기, 태양의 일조 주기 등과 동시에 진행되어야 하므로 비교적 복잡하고 다양한 변수들을 가져야 한다.

학습인지 시스템에 대한 기본적인 이론은 다음과 같은 수식으로 간단하게 표현 할 수 있다. [6]

$$f(w) = ay(t)$$

여기서 계수 a는 상수가 아니라 실제 입력되는 신호들의 가중치로서 이전에 학습되어진 가중요소로 시간에 대한 함수로 표현된다.

$$a = f(t)$$

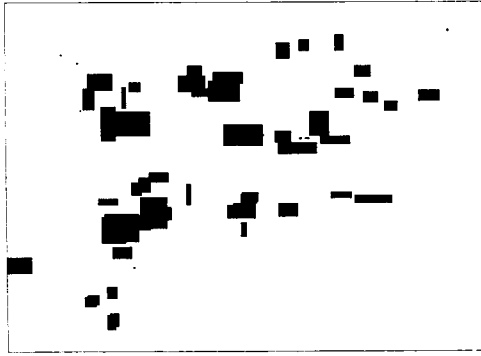
본 시스템 개발에 있어서 학습 인지를 위한 가중치 적용은 움직임으로부터 차영상을 획득하고, 전후 화면을 비교하게 되고 전 화면에서 발생한 차영상에 누적되어 궤적이 표현된다. 누적궤도의 시간변화량을 가중치 계수로 활용하게 된다.

누적된 움직임 발생량들은 각각의 가중치를 선별하기 위하여 움직임이 겹치는 부분을 분석한다. <그림 5>는 이러한 움직임이 겹치는 부분을 누적한 실제 가중값을 얻는 그림이다.



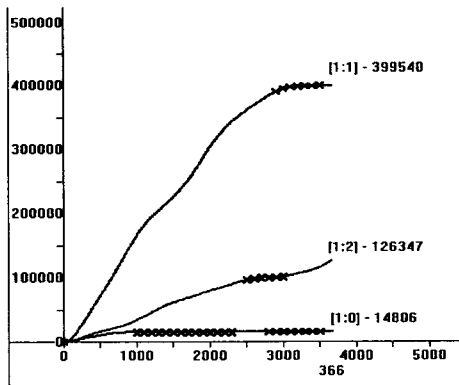
<그림 5> 움직임 누적

<그림 6>에서 실질적으로 사고 발생을 반 경험적으로 알게 되는데 이는 그림 상에서 움직임 누적량이 현저하게 줄어들게 되어 백색으로 표현되는 부분이 발생하게 된다. 그에 대한 가중값을 적용하여 다음 신호 주기에 기준값으로 할당하게 된다.



<그림 6> 가중치분포

<그림 7>는 신호주기 내에서 가중치를 구하는 것으로 교통량의 크기에 따라 곡선의 기울기가 증가하게 되고, 각 신호주기별로 각각 다른 기울기 값을 가지게 된다.



<그림 7> 가중치 적용

실제 가중치 적용을 통한 사고인식 방법은 다음과 같은 식으로 정의 된다.

$$\frac{df(t)}{dt} < 0 \quad ; \text{누적량 둔화}$$

$$\frac{df(t)}{dt} = 0 \quad ; \text{기준값과 동일 (가중치없음)}$$

$$\frac{df(t)}{dt} > 0 \quad ; \text{누적증가}$$

위와 같은 비교를 통하여 가중값이 정해지고, 정해진 가중값에 의해 일정범위를 벗어나는 것을 측정하여 사고예측을 한다.

$$|a(f(x))_{before}| - |a(f(x))_{after}| = \pm \text{Somewhere}$$

각각의 가중치에 절대값에 대한 최종적인 산술 평균값은 편차의 범위를 알 수 있게 되고 편차의 크기에 따라 이벤트 발생의 확률을 정할 수 있게 된다.

교통사고자동기록장치에 있어서 학습인지 시스템은 신호주기와 연동하여 신호등 주기의 한주기 앞의 데이터를 지금현재 상황에 필터링하는 기술이 필요하다. 이는 다양하게 변화하는 교통량의 변동치를 가장 효과적으로 인지하고 시스템에 적용시키는 방법이 된다. 각각의 신호등 주기에 따른 시간대별 연산 가중치를 설정하여 움직임의 증가치를 표준화 시키고, 이를 연속적으로 다음 신호 주기에 가중 적용시키는 반면에 다음 신호주기 시 교통의 흐름량을 저장하여 순차적인 다음 주기에 같은 방법으로 연속적으로 적용시켜 간다.

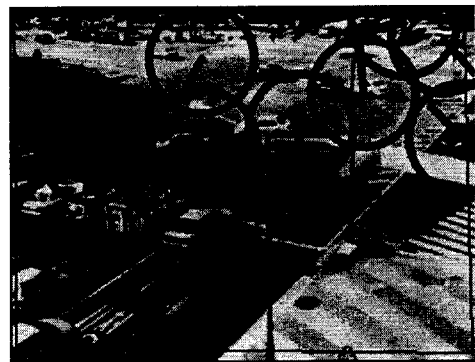
## 2) 유체근사 방식

교통의 흐름은 많은 연구에서 유체의 흐름[7,8,9]으로 묘사되어 연구되어 왔다. 거시적인 유체의 흐름에 대한 관로 설계는 도로, 항만의 기능적 구조를 설계하고 기획하는 단계에서도 도입되고 있을 뿐 만 아니라 본 교통사고자동기록장치에서는 이러한 유체 흐름 분석은 움직임들의 학습인지를 위한 누적계산과 더불어 주요한 이벤트 추출방식이다. 다체 운동에서 각각의 객체들을 인식하여 객체들 간에 상호 유기적인 관계를 규명하는 것을 본 시스템에 적용하여 충돌 및 사고 상황에 대한 정확한 분석을 이뤄 낼 수 있게 된다.

비교적 작은 입자의 개수를 파악하는 기본적인 유체 근사 연속 방정식은 다음과 같다.

$$\nabla n = \frac{dn}{dt}$$

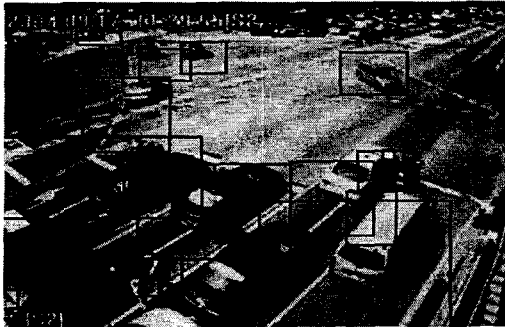
개수들의 구획내 공간 변화량은 전체 개수의 시간 변화량과 같아야 한다. 이러한 연속 방정식이 만족될 때 정상적인 흐름으로 인식하게 되고  $\nabla n \neq \frac{dn}{dt}$  로 연속방정식이 성립되지 않을 때 화면상에서 인식 객체의 변화에 따른 이벤트가 발생하게 된다.



<그림 8> 유체근사를 위한 객체인식

<그림 8>은 유체근사를 위한 객체인식을 나타낸 것으로 각 객체를 유체의 구성 요소로 묘사 할 수 있게 된다. 인식된 객체들은 각각 신호주기에 따라 일정한 속도와 방향의 성분을 가지고 흐름에 동조하게 되고 이러한 흐름은 유체근사의 연속방정식

에 적용된다. 유체의 흐름에 있어서 불연속성을 갖는 특정 위치를 파악하는 것은 어렵지 않은 일이다. 본 시스템에서는 화면상에서 특정 구획을 정리하여 정리된 구획 안에서 유체흐름의 불연속 지점의 존재 유무와 위치를 파악하게 되면 교통사고 및 기타 교통상황에 대한 분석이 용이하게 된다.



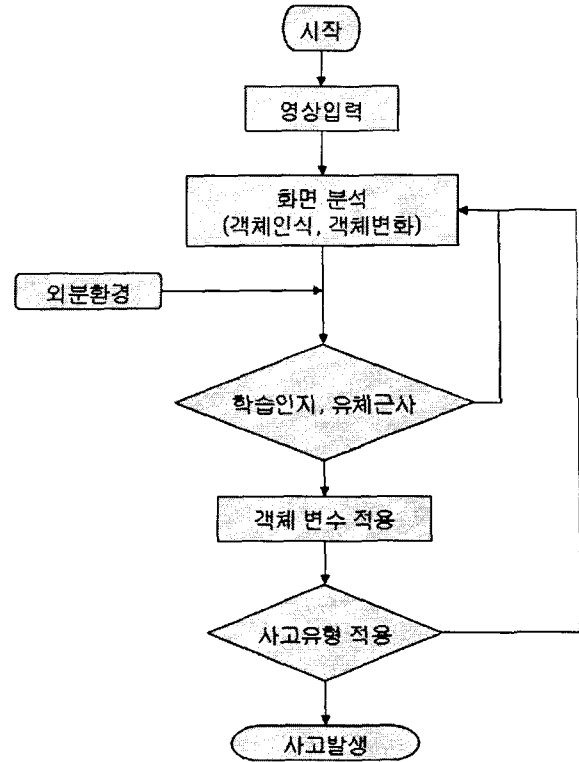
<그림 9> 객체들의 경로 누적

<그림 9>는 파악된 객체들이 각각의 이동한 경로에 따라 실질적으로 이동한 이동의 크기를 표현한다. 각 객체의 모서리를 시작점으로 설정하여 누적하여 누적된 변의 길이를 대각선으로 하는 사각형을 그려냄으로 이동체의 이동량과 방향을 동시에 추적할 수 있는 방법이다.

### 3. 유체근사와 학습인지 시스템을 적용한 알고리즘 개발

본 교통사고 자동기록시스템은 2006년 현재 성능평가 된 시스템들은 유체 근사와 학습인지 시스템을 이용하여 사고를 인식한바 사고 인식을 증가 및 인식오류 둔화로 나타났다. 유체 근사의 경우 객체 인식을 기초로 하여 흐름을 만들어 내는 장점을 가지고 있으며, 학습인지 시스템의 경우 누적 궤적을 이용하여 적절하게 환경 변수를 제거하는 용이한 방법이다. 이벤트의 인식은 각각 별도의 인식 알고리즘으로부터 유추되어진다. 유체근사의 경우 객체마다의 연속방정식이 일치하지 않는 시점들과 연속방정식 불일치 특성의 변수 개수로 사고를 인식하게 되어 신호주기에 대한 외부 입력이 가장 주요한 환경 변수로 작용하게 된다.

학습인지 시스템의 경우 객체인식의 모호함을 해결하기 위하여 움직임으로 묘사되는 각각의 픽셀단위 좌표를 읽어, 단위 픽셀의 누적 움직임 궤적량으로 이동체의 이동방법을 묘사하는데 적절한 방식이다. 또한 환경 변수를 제거하기위해 움직임의 누적계산을 통하여 실제 배경화면을 제거하는데, 이때 움직임이 있어야 할 좌표에서 배경화면으로 움직임이 제거되는 시점을 사고로 인식하는 시스템이다. 또한 각 신호 주기에 따른 차량의 이동량을 효과적으로 활용하기위해 신호별, 시간대별, 운동량별로 실시간 학습인지 기능을 가진다는 장점이 있다.



<그림 10> 개선된 사고검지 알고리즘

<그림 10>은 유체 근사와 학습인지 시스템이 적용된 개선된 교통사고자동기록장치의 사고검지 흐름도이다. 과거의 객체인식을 통한 사고발생조건식에 두 번의 필터링을 하는 학습인지와 유체근사 방식을 적용하여 두 방법 모두를 만족하는 이벤트일 경우 최종적으로 객체 변수들의 변화를 검토하는 방법으로 제작되었다.

## IV. 성능개선 시스템 성능평가

### 1. 성능평가 방법

2006년도에 실시한 성능평가는 현장평가와 장치의 기능평가로 현장평가에서는 교통사고 자동검지율과 유효이벤트발생수를 평가하여 교통사고 발생의 검지정도와 사고와 유사한 이벤트 검지 능력 등을 평가하였다.

성능평가는 사고가 잦은 지점을 선정하여 교통사고자동기록장치를 설치하였으며, 1주간의 시스템 안정화 및 검사를 실시하고 2주간의 평가를 실시하였다.

평가의 결과물은 2주간의 총 녹화영상 자료와 교통사고 자동검지로 검지한 이벤트파일을 수집하였으며, 수집된 자료에서 총 녹화영상 자료는 2주간의 평가기간동안 설치지점 교차로의 사고건수를 분석하고, 이벤트파일은 사고와 준하는 상황을 이벤트로 검지한 것인지의 여부와 실제 교통사고를 검지하였는지를 분석하였다.

1) 평가 장소 : 서울 광진구 광장교차로

2) 현장평가기간

: 2006년 6월 5일(월) ~ 6월 19일(월) 2주간

## 2. 성능평가 결과

평가 기간 동안의 이벤트 발생 건수와 실제사고 이벤트 검지율을 조사한 결과 다음과 같은 결과가 나타났다.

<표 1> 사고검지율과 유효취득률 평가 결과

	A사	B사
이벤트 발생 수(A)	28건	29건
실제사고 이벤트(B)	6건	6건
실제사고(C)	6건	6건
검지율	$(B/C) \times 100 = 100\%$	100%
유효취득률	$(B/A) \times 100 = 21.4\%$	20.7%
최종결과	적합	적합

주1) 검지율 : 교차로에서 100건의 교통사고가 발생하였을 경우, 그 중 90건(90%) 이상의 교통사고 동영상 검지

주2) 유효취득률 : 교통사고 자동기록장치가 100건의 동영상을 검지하였을 경우, 그 중 10건 이상(10%)이 실제 교통사고 동영상

A사와 B사는 모두 유체근사와 학습인지 시스템을 근거로 하여 개발된 교통사고 자동기록장치로 그 결과는 <표 1>과 같이 A사의 경우는 사고와 유사한 이벤트를 평가기간동안 28건 검지하였고, 그 중 실제 교통사고발생은 6건으로 6건 모두 검지하였다.

B사의 경우도 사고와 유사한 이벤트를 평가기간동안 29건 검지하여 그 중 실제 교통사고발생은 6건으로 6건 모두 검지하였다.

또한 기존의 시스템의 교통사고와 준하는 상황(유효 이벤트)을 검지하는 능력이 많이 향상되었다. 기존의 시스템에서는 이벤트 파일이 과다하게 발생하여 유효이벤트 검지측면에서 사고 오인식률이 높은 반면 새로운 시스템에서는 교차로 내의 일반적인 교통흐름이 아닌 상황 즉, 교차로 내 정지, 교차로 통행방법 위반(불법 유턴 등) 등의 상황 등 이벤트로 볼 수 있는 상황만을 검지하여 유효이벤트 검지능력이 많이 향상되었다.

## V. 결론 및 향후연구과제

2004년도에 최초 개발되어 시범 운영 중에 있으나, 아직은 여러 가지 측면에서 초기단계에 있다고 보여 진다. 교통사고 자동기록장치의 설치효과는 많은 부분에서 큰 효과를 기대할 수 있다. 특히 교통사고 발생 시 항상 문제가 되고 있는 가·피해자 판별에 대해서는 어떠한 과학적인 방법보다 효과적이고 객관적이라 할 수 있다. 특히 교차로와 같이 신호위반 여부가 사고원인이 되고 있는 장소에서는 교통사고 자동기록

장치는 더욱 필요하다고 할 수 있다.

일본 등 외국에서도 일부 교통사고 자동기록장치를 개발 중에 있지만 아직은 활성화 되어 있지 않은 상태로 교통사고 자동기록장치의 검지능력 향상과 기타 부가적인 기능들이 현재의 개발수준보다 더욱 발전해 나간다면 현대 사회에서 필수적으로 필요한 시설물이 될 것으로 판단한다.

향후 연구내용으로는 현재 우리나라에서 개발 · 운영중인 사고검지방식은 대다수가 영상검지로 이루어지고 있는데, 향후 음향검지와 영상검지를 조합 한 사고검지방식이 추가 연구된다면 향상된 기능이 될 것으로 판단된다.

## [감사의 글]

본 논문은 서울시가 시행하고 서울시립대학교 "지능형 도시 사업단 (스마트-유비쿼터스- 시티 사업단)"이 주관하는 "스마트시티를 위한 지능형 도시정보 컨버전스 시스템 개발"사업에서 일부 지원을 받았습니다.

## 참고문헌

1. 도로교통안전관리공단, "교통사고 자동기록장치 효율적 운영방안 연구, 2005. 12.
2. 일본 경찰청, "교통사고 자동기록장치의 정비 사업평가결과 보고서", 2003. 12.
3. C. Harlow, Y. Wang, " Automated Accident Detection System", In Transportation Research Record. No. 1746, PP. 90-93, 2001.
4. L. M. Bruce, N. Balraj, Y. Zhang, Q. Yu, "Automated Accident Detection in Intersections via Digital Signal Processing", Presented at 83<sup>rd</sup> Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2004.
5. Moshinsky, M.; Nikitin, A. REVISTA MEXICANA DE FISICA Nuclear physics Symposium; 27th Selected papers Taxco, Mexico 2004; Jan
6. Basu-Mallick, B.; Kundu, A. PHYSICS LETTERS A 2001; VOL 279; NUMBER 1-2 29-32
7. 박상언, 유체흐름과 차분해석에 관한 연구 ; 속도,압력 동시 묘사법. 1990
8. 구현모, 유체의 운동학적 이론과 비평형 분자동력학에 관한 연구, 1992
9. H.M. Koo, [Analytic solution for the nonequilibrium pair-correlation function and the non-Newtonian viscosity coefficients of simple liquids, thesis]. {Fed,Rep,Germany}. University of Erlangen-Nuernberg. 1986.