

교통상황 파악을 위한 영상분석 시스템 연구.

Research of image analysis system for the traffic monitoring

이동영

(시우넷(주) 대표이사)

유성준

(서울시립대학교 박사과정)

김영찬

(서울시립대학교 교수)

김완기

(동국대학교 박사과정)

Key Words : 동영상 이벤트 검지, 교통사고자동기록장치, 영상분석 시스템

목 차

I. 서론

II. 본론

1. 객체 인식과 객체 변수

2. 유체흐름 근사

3. 배경화면 제거와 구획설정

4. 움직임 누적과 가중치 적용

III. 결론

참고문헌

I. 서론

교통상황에 대한 동영상을 이해하는 것은 쉽지 않은 일이다. 다양한 환경적 요인이 영상분석을 방해하기도 하고, 교차로내의 다양한 차량의 흐름들은 분석이 매우 어렵다. 이러한 다양한 교통상의 흐름과 변화들은 일반적인 운동감지나 머신 비전으로는 이해 할 수 없다. 불특정 적인 운동과 다양한 환경요인들은 다체운동을 묘사하는 근사식을 적용 할 수 밖에 없으며, 또한 프레임별로 각각의 객체들을 인식하고 연속성을 부여하는 것이 보다 중요한 일이 된다.

각각의 특성이 부여된 객체들은 동영상에서 전후 화면 비교 시 객체의 존재 여부에 대하여 구분이 가능하게 되고, 그로인해 연속성을 가지게 된다. 전후 화면에서 연계된 일치한 객체라고 인식되면 동영상 상황에서 환경 인자를 제거하여 객체들만의 독립적인 운동을 묘사 할 수 있게 되고, 운동의 방식을 결정짓는 방향과 속도 크기에 대한 함수들을 추출 할 수 있게 되는데, 이들 각 함수들은 영상 내에서 발생하는 이벤트 상황을 설명하게 된다.

본 연구에서는 교통사고용 다체 운동의 묘사에 대한 내용을 고찰하며, 객체 인식으로 부터 발생하는 각각의 교통상황 변화에 대한 이벤트 발생 조건에 대해 고찰 해보기로 한다.

II. 본론

1. 객체 인식과 객체 변수

동영상을 이해하는 방법은 다양하게 개발 되어왔다[1][2][3]. 기본적인 움직임 감지나 간단한 구조의 센서형으로는 전후 영상을 비교하여 변화된 픽셀 정보를 얻어냄으로 쉽게 동작 할 수 있다. 반면에 움직임의 형태나 기타 영상 내에 입력되는 다양한 상황들에 대한 분석은 입력되는 영상 속에서 객체를 구분하지 못하면 불가능 한 일이다. 인식된 객체들의 움직임은 주로 차량

의 움직임으로 나타나게 될 것이며, 교통흐름은 오래전부터 유체흐름을 통한 근사를 적용시켜 왔다. [4][5][6]

수많은 분자들이 점성을 가지고 정해진 경로를 따라 압력의 차이에 의해 관로를 통과하는 유체는 차량의 충돌을 피하기위해 서로 유기적인 간격을 유지한 채 도로를 진행하는 차량들의 움직임과 매우 유사하기 때문이다. 따라서 차량들 각각을 구분하는 일은 무엇보다도 중요한 일이 된다. 본 연구에서 사용된 교통흐름 동영상 속에서의 객체 구분은 다양한 방법으로 시도하여 보았지만, 전후화면의 차영상을 통하여 변화된 픽셀들의 군 집합을 묶는 것이 가장 효과적인 것으로 나타났다. 입력 영상을 YUV 값으로 전환하고 각 프레임별로 전후화면을 비교하여 픽셀의 변화가 발생한 곳을 백색으로 처리하면 다음 <그림1>과 같이 나타나게 된다.



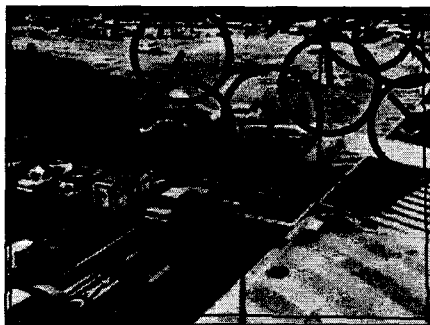
<그림 1> 차영상을 통한 흐름영상



<그림 2> 부분확대

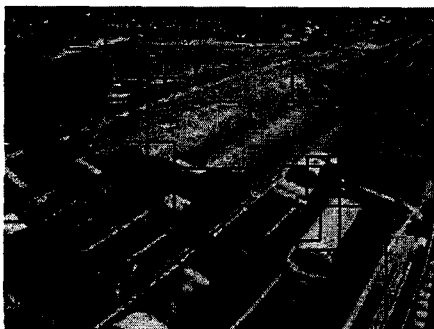
<그림 1>에서 보듯이 차영상을 통한 흐름 그림은 흐름의 방향으로 분명하게 차량들의 윤곽이 드러남을 알 수 있다. <그림 2>는 이를 확대하여 보여준 그림이다. 차량들의 윤곽만 파악이된 영상에서 윤곽선을 전체적으로 연결하면 폐곡선이 형성되고 한 차량의 각기 다른 작은 폐곡선들은 서로 교차하여 전체적으로 차량의 윤곽과 유사하게 보인다. 이를 통하여 폐곡선 그룹을 각각 하나의 객체로 인식한다.

인식된 객체들은 각각의 대표점을 가지게 되는데 차영상을 구하는 방법에서 객체들이 다음화면에서 연속하여 재생되는 것을 알 수 있게 된다. 일반적인 차영상은 전후 두 개의 영상을 가지고 차영상을 형성하기 때문에 두 프레임 이상 차이나는 영상에서 각 객체를 구하였다 하더라도 각각의 객체 구분은 쉽지 않다. 본 연구에서는 차영상을 3개의 프레임을 누적하고 다음 차영상은 누적된 3개 프레임에서 첫 번째 1개의 프레임을 제거한 후 추가 1개 프레임만 적용하여 객체들의 연속성과 구분 능력을 갖게 하였다. 이렇게 구분된 객체들은 <그림 3>에서 처럼 다양한 운동의 변수들을 구할 수 있게 한다. <그림 3>에서 보이는 원과 원안의 막대는 구분된 객체들의 대표점을 차영상이 형성되는 폐곡선의 중심으로 하여 중심점의 이동 방향을 표시한 내용이다.



<그림 3> 객체 인식을 통한 속도성분 추출

또한 움직임의 크기와 차량의 모양변화 그리고 전체적인 움직임 방향을 수정하기위해 <그림 4>처럼 처리하였다.



<그림 4> 객체 변수 추출

<그림 4>는 인식된 객체들의 대표점을 움직임 방향으로 가장 앞단에 있는 점으로 수정하여 객체가 형성된후 움직임이 발생된 방향과 크기를 대각선으로하는 사각형을 그리게하

였다. 사각형의 모양은 실제로 움직임의 방향과 크기를 정확하게 묘사해 주었다. 세로 길쭉한 형태의 사각형은 화면상에서 세로성분의 이동이 크게, 가로로 넓은 사각형은 화면상에서 가로방향의 움직임이 크게, 정사각형 구조는 화면상에서 대각선 방향의 움직임으로 나타난다. 또한 대각선의 길이는 실제 객체의 이동거리로 나타난다. 이러한 방법을 통하여 구해지는 대표적인 변수들은 객체의 개수, 크기, 이동거리, 방향 등을 구할 수 있게 된다. 각각의 변수들은 시간에 따른 함수로 변화의 특성을 살피게 되면 단위시간당 변화량을 구할 수 있게 되고 단위시간당 변화량은 화면 내에서 벌어지는 다양한 이벤트를 묘사하여 준다.[7]

2. 유체흐름 근사[8]

일반적인 유체의 흐름근사는 다음과 같은 방정식으로 표현된다.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot \vec{j} = 0 \dots\dots\dots(1)$$

식 (1)에서 유체의 시간적 변화량과 공간적 변화량은 서로 크기가 같음을 의미한다. 객체 인식을 통하여 얻어진 각각의 변수들을 식(1)에 적용하여 시간과 공간의 변화량을 구하여

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot \vec{j} \neq 0 \dots\dots\dots(2)$$

인 상황을 발견하게 되면 이는 입력되는 영상속에서 객체가 원활한 흐름을 유지 하지 못한다는 것이다. 원활한 흐름을 유지 못한다는 것은 결국 교통의 흐름속에서 이벤트 상황이 발생하는 것으로 나타난다. 이러한 유체 근사의 장점은 비교적 차량의 흐름에 무관하게 적용시킬 수 있다는 장점을 가진다. 신호등과 연계하여 정지하는 경우 정지 구획을 정하게 되면 공간변화와 시간에 따른 변화가 각각 서로 감소하는 방향으로 나타나게 되어

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot \vec{j} \geq 0 \dots\dots\dots(3)$$

을 만족하게 된다.

정지 구획을 벗어나면 실제로 식(3)과 다른 조건식을 만족하게 되므로 이벤트 조건에서 벗어난다., 각각의 구획별로 운동의 특성을 고려한 조건식을 적용시켜 이벤트 조건을 발생시키면 효과적으로 입력 동영상에서 이벤트를 검지 할 수 있게 된다.

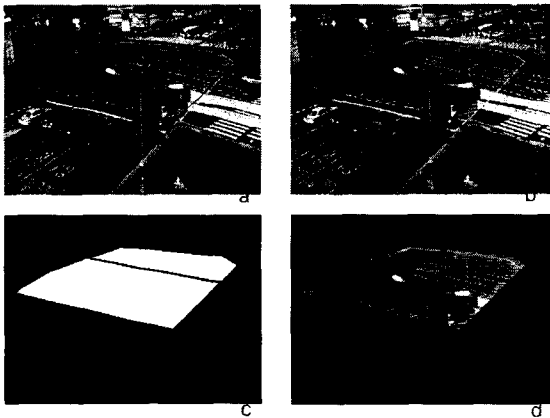
3. 배경화면 제거와 구획설정

이벤트 조건이 실제 차량들의 움직임을 결정짓는 외부환경(신호등 및 수신호 등과 같은 차량운동 변화 요소)에 의해 강

제적으로 변화를 가할 때 구획을 설정하는 이벤트 조건별로 구획을 설정하는 방법은 매우 효과적이다. 또한 이렇게 구획된 영역은 구획안에서 차량과 도로 또는 기타 기물과 시설물들을 구분하기 위하여 배경화면을 제거 해 주는 것도 유용한 방법이다.

<그림5>에서는 차량의 흐름요소를 통한 구획을 정하고 그 구획안에서 효과적으로 배경화면을 추출하는 방법을 나타낸다. <그림 5>에서 a는 신호등과 연계된 차량의 흐름이 원활한 지역을 구획하는 그림이고, b는 구획된 영역내에서 객체들의 변수를 추출하는 그림이며, c는 구획영역안에서 움직임이 발생한 화소와 화소변화가 주기적으로 반복되는 픽셀의 히스토그램 값의 차영상을 보여준다. 구획안에서 배경은 차량의 히스토그램값과 다르게 나타나고 단위시간 내에서 거의 일정한 히스토그램 값을 유지하게 된다. 따라서 차량이 지난 후의 배경의 히스토그램값과 차량이 출현하기전의 히스토그램값을 비교하여 동일한 값이 반복되는 영역을 확인하고 동일 히스토그램값을 제거하게 되면 출현과 사라짐을 반복하는 움직임 객체들만 찾을 수 있게 된다.

이러한 방법으로 배경화면을 제거하면 도로상에서 특정한 목적으로 설치되어 교통의 흐름을 저해 하거나 또는 움직임을 특성에 변화를 주는 요인들을 구분하여 찾아 낼 수 있게 된다. 또한 차량의 극심한 정체 상황에서도 세밀하게 차량들을 묘사할 수 있어 매우 유용한 방법으로 적용된다.



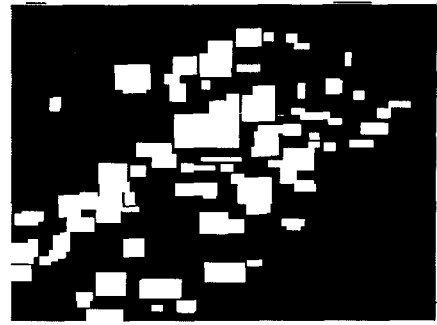
<그림 5> 구획영역 내에서 배경화면 추출

4. 움직임 누적과 기증치 적용

정상적인 교통흐름을 저해 하는 요인은 기타 시설물, 기물등과 더불어 차량들 간의 충돌 추돌 등 이벤트 상황이다. 이러한 이벤트가 발생하게 되면 이동중이던 차량이 정지하거나 급격한 속도 변화를 보여주게 된다. 속도 및 기타 각각의 차량에 대한 독립적인 이동에 대한 변수들은 객체 인식으로부터 효과적으로 추출하여 연산해 념으로 이벤트 상황을 인지한다. 더불어 운동을 누적하여 운동량의 크기를 알아내는 방법도 이벤트 상황을 묘사하는데 주요한 요소가 된다.

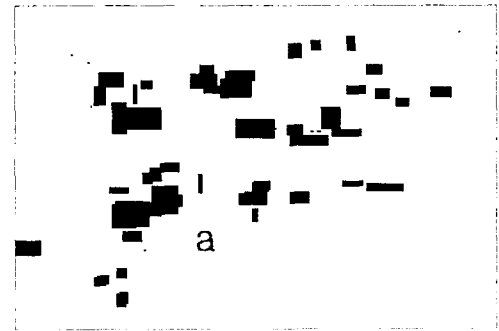
<그림4>에서 이미 움직임의 방향과 크기를 알 수 있지만 이를 좀더 세분화하여 프레임 차수를 적게하여 누적하면 <그림

6>과 같은 화면을 얻을 수 있다.



<그림 6> 움직임 누적량

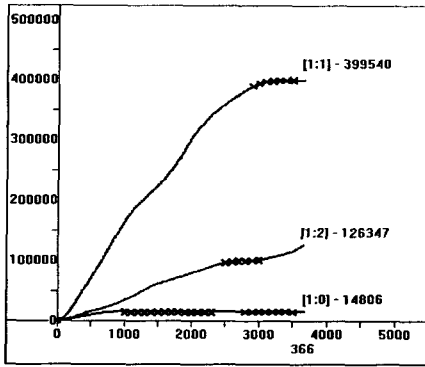
<그림6>은 차량들의 움직임을 아주 작은 프레임수로 누적하여 움직임의 방향과 거리를 주 성분으로 하는 직사각형으로 표현한 것이다. 움직임이 발생한 곳은 차영상을 통하여 흰색으로 구분된다.



<그림 7> 움직임 누적 그림의 기증값

<그림 7>은 <그림 6>에서 얻어진 움직임 누적 값을 각각 움직임 발생 빈도를 표현한 그림이다. 영역 a는 움직임 누적이 사라진 영역으로 이곳은 실제로 차량이 충돌하여 객체인식을 위한 차영상 값이 사라진 곳이고 또한 움직임 누적량이 소멸된 곳이다. 정상적인 교통상황이라면 영역 a에 검은 색으로 표현되는 움직임 발생 값과 누적 궤도 흔적이 있어야 하지만 개체와 움직임 누적량과 발생 빈도 값이 소멸되어 사라지게 된것이다. 이는 실제로 화면상에서 교통 이벤트가 발생한 영역을 정확하게 파악하는데 주요한 방법이 된다. 화면상의 좌표를 구분하여 실제 사고가 발생한 영역을 정확하게 알아낼 수 있게 된다.

또한 움직임의 누적 값들은 구획된 영역내에서 신호등과 주기와 연계하여 동작 시킬 수 있다. 신호등과 연계하여 동작시키는 이유는 각 신호등의 주기별로 대표되는 움직임량을 기억하여 다음 신호 주기동안에 적용함으로써 효과적으로 거시적인 움직임의 변화를 산출하는데 기여한다. 매 신호 주기별로 특별히 차이나는 값을 같게 되면 도로상황에서 매우 급격한 상황변화로 인식되어 질 수 있다.



<그림 8> 신호주기에 따른 가중치 추출

<그림 8>은 신호 주기에 따른 움직임 누적량을 그래프화한 그림이다. 적색 곡선은 차량의 흐름과 이동 객체가수가 가장 많은 구획이고 평탄한 곡선은 가장 적은 영역에서의 움직임 누적값이다. 각각 누적 그래프는 유체 흐름 연속 방정식의 적용 방법을 선택하게 하고, 또한 각 신호 주기별로 급격한 변화의 유무를 파악하는데 도움이 된다. 전 신호에서 얻어진 누적 곡선의 끝점을 원점과 연결하는 선분으로 갖고, 그 선분의 기울기 값을 정하여 기울기 값을 벗어나는 크기를 측정하면 거시적인 운동량의 크고 작은 변화량을 쉽게 파악 할 수 있게 된다.

이러한 가중치를 부여하는 것은 학습인지 시스템의 하나이며, 기본적인 이론은 다음과 같은 수식으로 간단하게 표현 할 수 있다. [6]

$$f(w) = ay(t) \dots \dots \dots (4)$$

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

$$a = f(t) \dots \dots \dots (5)$$

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

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

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

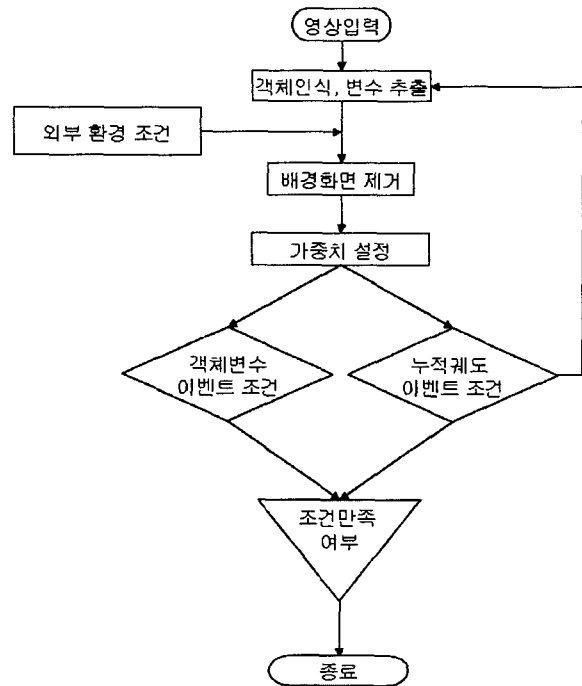
$$\frac{df(t)}{dt} > 0 \quad ; \text{누적증가}$$

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.



<그림 9> 동영상 이벤트 검지 흐름도

<그림 9>는 전체적인 동영상 이벤트 검지 흐름도를 나타낸다. 카메라를 통하여 입력되는 동영상을 통해 실시간으로 이벤트를 검지하는 것은 단순한 픽셀 변화값을 이해하고 분석하는 것만으로 불가능 한 일이다. 그림과 같이 다양한 조건식과 환경변수의 적용 및 필터링을 통하여 정확하게 인식 될 수 있게 된다.

III. 결론

본 연구를 통하여 카메라로 입력되는 실시간 동영상을 분석하고 이해하여 이벤트를 검지하는 기술은 매우 복잡하고, 어려운 기술이다. 다양한 객체 분석과 영상입력 환경에 맞는 근사법, 또한 이벤트 형식에 따른 복잡한 필터링법 등이 개발되어야 한다. 본 연구는 2006년 도로교통안전관리 공단에 실시한 “2006년 교통사고자동기록장치 성능평가”에서 교통사

고자동기록장치에 적용시켜 평가를 받은 결과 사고 인식이 매우 우수하게 나타났다. 이벤트의 형태와 검지에 있어서 매우 유용하게 적용될 것으로 기대 되고 있다.

본 연구를 통하여 드러난 영상분석의 문제점은 영상입력 환경을 일정하게 유지해야 하는 점과 환경 변수를 특별히 외부에서 적용 시켜한다는 점이다. 크고 작은 단순한 검지 센서 및 장치들에 적용시키기 위해서는 보다 더 세밀한 검지 목적에 따른 연구가 수행되어 할 것으로 본다.

참고문헌

1. 도로교통안전관리공단, "교통사고 자동기록장치 효과분석 및 DB 구축방안 연구", 2004. 12.
2. C. Harlow, Y. Wang, " Automated Accident Detection System", In Transportation Research Record. No. 1746, PP. 90-93, 2001.
3. L. M. Bruce, N. Balraj, Y. Zhang, Q. Yu, "Automated Accident Detection in Intersections via Digital Signal Processing", Presented at 83rd Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2004.
4. Moshinsky, M.; Nikitin, A. REVISTA MEXICANA DE FISICA Nuclear physics Symposium; 27th Selected papers Taxco, Mexico 2004; Jan
5. Basu-Mallick, B.; Kundu, A. PHYSICS LETTERS A 2001; VOL 279; NUMBER 1-2 29-32
6. 박상언, 유체흐름과 차분해석에 관한 연구 ; 속도,압력 동시 묘사법. 1990
7. 구현모, 유체의 운동학적 이론과 비평형 분자동력학에 관한 연구, 1992
8. 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.