

■ 論 文 ■

영상기반의 자동 유고검지 모형 개발

Development of Automatic Incident Detection Algorithm
Using Image Based Detectors

백 용 현

(한국도로공사 부장)

오 영 태

(아주대학교 환경·도시공학부 교수)

목 차

- I. 서론
- II. 기존 체계의 문제점 검토
 - 1. 기존 알고리즘 의 문제검토
 - 2. 검지기 체계의 문제검토
- III. 자동유고검지 체계 개발
 - 1. 검지기 정보수집 체계
 - 2. 자동 유고검지 알고리즘 개발
 - 3. 알고리즘 평가
- IV. 종합비교 평가
- V. 결론
- 참고문헌

Key Words : 자동유고검지(Automatic Incident Detection), 유고검지알고리즘(Incident-Detection Algorithm), 광역방식의 유고검지(Wide area incident detection), 신경망 유고 검지알고리즘(Neural network incident detection algorithm), 영상기반의 유고 검지체계(Automatic incident detection by image detector)

요 약

본 연구는 교통관리 시스템의 유고검지 체계를 검토하여 기존 체계의 문제점과 한계점을 극복할 수 있는 새로운 검지체계를 구축하고 새로 구축된 검지 체계에 맞는 알고리즘을 개발하는데 연구 목적이 있다.

새로운 검지체계는 검지기 1개소의 설치로 다차로를 검지할 수 있으며 특히 1개 차로 내에서도 검지영역을 여러 개 검지할 수 있는 다 검지체계의 장점을 최대한 살린 시스템이므로 기존 체계의 한계성인 단일 검지영역 문제를 해소할 수 있으며 경제적으로 교통관리 시스템을 구축할 수 있는 장점을 가지고 있다. 이 시스템으로 고속도로와 국도상에서 유고 검지율을 기존의 APID와 DES를 비교하여 현장 시험 평가한 결과 이 시스템이 제일 높은 유고 검지율을 나타내어 기존 시스템보다 우수한 것으로 판명되었다.

I. 서론

과학적인 교통관리 수단으로 자동유고 검지 알고리즘이 개발되어 운영되고 있다.

그러나 현재 개발되어 운영되고있는 유고검지 체계는 아직 까지 대부분 루프(Loop) 검지기 기반의 체계가 대부분이며, 루프 검지기 또는 차선별로 설치되는 검지기의 경우 검지영역 설정에 한계가 있어 검지효율이 낮으며 특히 다 차선을 검지하기 위해서는 차선별로 검지기를 설치해야 하는 문제점이 있다.

이는 물리적으로 도로를 손상시켜 결국 루프코일(Loop coil) 단선 상태까지 이르게되는 고장 원인으로 발전하게 되며 경제적으로 많은 손실을 초래한다.

또한 포장면에 설치되지 않고 쉐프리를 이용하여 차선별로 설치되는 검지기의 경우 설치시 많은 비용과, 유지보수 시행시 운영되는 교통을 차단해야 되는 문제점이 있으며 소규모의 고장 및 장애 발생시 보수를 위하여 교통을 통제해야 하는 문제가 발생하게 되어 결국 적시에 수리를 시행하지 못함으로써 유고 검지의 효율을 저하시키는 문제로 발전하게된다.

유고검지 체계는 크게 현장에 설치되는 검지기, 통신망, 교통정보센터 내 유고여부를 종합적으로 판단하는 유고검지 알고리즘으로 구분 할 수 있으나 서로 완전하게 독립적이지 못하고 항상 상호간에 영향을 미친다.

따라서 기존유고검지 체계가 지니고 있는 문제점들을 해소 할 수 있는 새로운 체계의 개발이 절실히 요구되고있다.

II. 기존 체계의 문제점 검토

기존의 유고검지 체계는 현장에 설치되는 차량검지기의 종류 및 작동 수준이 유고검지의 정확도나 검지시간에 막대한 영향을 주고있으며 특히 영상검지기 와 같이 광역검지가 가능한 시스템을 제외하고는 1개 소의 설치로 다차선 및 다 검지영역 설정이 불가능하며 설치 및 유지보수 시행시 운영되는 교통을 통제하여야만 작업이 가능한 문제점이 있다.

기개발된 알고리즘의 경우도 대부분 루프기반으로 개발되어 있으며 인공지능 등을 이용한 알고리즘이 일부 개발되어 있으나 대부분 루프기반의 검지체계가 주종을 이루고 있으며 일부의 경우 검지

기내 1차 유고 경보용으로 개발되어 있으며 대규모 시스템을 운영하는 교통센터에 적용한 사례는 문헌 조사 결과 찾아볼 수 없었으며, 시스템 성능평가는 시뮬레이션을 통한 데이터를 사용한 것이 대부분이었다.

1. 기존 알고리즘 의 문제검토

1) 비교 또는 형태인지 알고리즘(Comparative or Pattern Recognition-Algorithm)

(1) 캘리포니아 알고리즘(The California-Algorithm)

캘리포니아 알고리즘 로직은 AID 알고리즘 중 가장 최초로 개발된 알고리즘이다.

의사 결정트리(Decision Trees)에 따라 유고를 판단하며 두 지점의 점유율 자료만을 이용하는 구간 알고리즘이다.

검지율, 오진율, 평균 검지시간은 서로 상반관계(Trade-off)를 가지며 압축과 검사를 수행 할 때 여러 지점의 자료를 필요로 하며 입력변수는 점유율 자료에 의존하는 점과 쌍(Pair)루프를 대상으로 개발되어 검지기 설치간격과 고장 및 장애 발생시 검지효율이 저하되는 문제점을 가지고있다.

(2) The Pattern Recognition(PATREG) Algorithm

교통류 변동이 없는 안정된 상황에서 교통패턴이 어느 정도 분명한 연속성을 가진다는 가정하에 출발하며, 유고 검지는 사전에 정의된 임계값(threshold)과 평균속도를 비교하여 임계값(thresh-old)을 넘으면 유고 경보를 발생하도록 설계되었으며 다양한 임계값(threshold) 설정 및 보정에 많은 시간이 소요되며 급변하는 교통류 상황하에서는 검지효율이 저하되는 문제점이 발생된다.

(3) The All Purpose Incident Detection(APID) Algorithm

APID 알고리즘은 캘리포니아 알고리즘의 구조를 확장 통합한 구조로서 압축과 검사와 지속성 검사 기능을 갖추고 있으며 유고검지 과정은 캘리포니아 알고리즘과 동일하다.

유고검지시 잠정유고 상태(Tentative)를 선언 후 연속적으로 일정횟수 동안 잠정상태가 지속되면 최종

유고로 판정하므로 타 알고리즘에 비해 검지시간이 과다하게 소요되며 교통상황(혼잡, 중간, 경교통)에 융통성 있게 적용하기 위하여 별도의 부(sub)시스템을 이용해야 되는 등의 문제점이 대두되는 시스템이다.

2) 통계학적 알고리즘(The Statistical - Algorithm)

이 분야의 알고리즘의 기본 사상은 유고 발생을 추론하기 위하여 대부분의 교통패턴은 통계적인 접근을 통하여 모형화 할 수 있다는 가정을 기초로 출발한다.

(1) The Standard Normal Deviation(SND) Model

이 알고리즘은 유고는 교통변수의 급격한 변화를 가져온다는 가정을 기초로 과거자료에 근거한 평균차선 점유에 대한 기록과 SND(평균에서 구한 표준편차들의 수)를 비교하고, 3분 또는 5분마다 평균과 SND를 계산하는 전략에 의해 유고를 감지하며 표준편차를 계산한다.

SND가 크면 최근 측정경향에서 갑작스런 변화를 의미하고 비정상적인 교통상황(사고)을 나타내므로 다양한 교통류의 변동을 통계적 기법을 이용하는 데는 상당한 한계성을 지니고 있다.

3) 시계열 알고리즘(Time Series Algorithm)

(1) The Box-Jerkins ARIMA Model Algorithm

ARIMA(Autoregressive integrated-moving average) 모델은 지점 알고리즘으로서 관측된 점유율 값이 과거 자료로부터 예측한 값의 표준오차에 의해 범위가 결정되며 신뢰구간을 벗어나면 유고로 판정한다.

과거자료로부터 예측한 값의 표준오차에 따라 신뢰구간의 범위가 한정 되어지는 단점이 있다.

(2) The Double Exponential Smoothing Algorithm

단일지점 알고리즘으로서 상, 하류의 교통상태에 거의 영향을 받지 않고 유고를 감지하며 하나의 교통변수 시계열내에서 불규칙성을 찾아 내기 위하여 단기 예측기법(Short-Term Forecasting Techniques)을 이용한다.

속도, 교통량, 점유율을 추적 신호(Tracking Signal) 변수로 사용하여 유고를 감지하며 각 교통변수의 누적오차를 현재 상태의 표준 오차로 나누어 하나의 추적신호 값을 얻으며 이 값이 지정된 임계값을 넘으면

유고로 판정한다.

이 알고리즘의 단점은 검지 시간이 비교적 길며 한 지점의 시간적 변화를 고려하기 때문에 검지율이 낮다.

압축파를 구분할 수 없으므로 교통량이 많은 경우 오진율이 높으므로 종단곡선부 변화가 심한 곳에 설치된 검지기를 대상으로 주로 운영된다.

3) The High Occupancy(HIOCC) Algorithm

HIOCC 알고리즘은 검지기 위를 지나는 개별차량의 서행 또는 정지 유무를 조사하여 10분의 1초마다 차량검지기에 의해 점유된 횡수를 기록하며 점유의 평균값이 임계값을 초과하면 유고경보를 발한다.

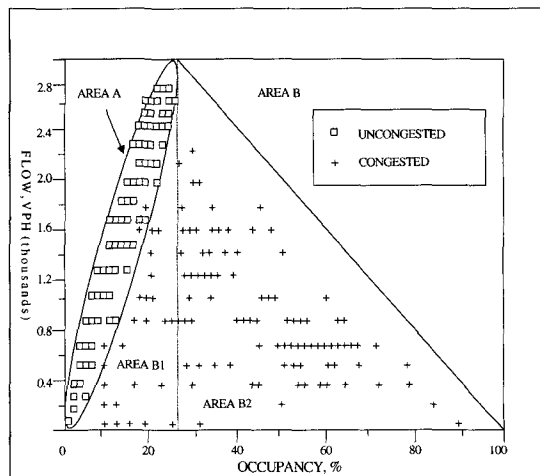
교통변수를 점유 자료만을 사용하는 점과 단일(Single) 루프에 적합하도록 설계되어있다.

4) 파국 이론알고리즘(The Catastrophe theory Algorithm)

(1) McMaster Algorithm

이 알고리즘의 개념은 교통류에 파국이론(Catastrophy)을 적용한 것으로서 비 혼잡에서 혼잡 상황으로 교통이 이동할 때 교통류와 점유는 순조롭게 변화하는 반면 속도는 급격하게 변하게 된다는 가정을 기초로 설계되었으며 단일루프에 적합하도록 개발된 시스템이다.

다른 알고리즘들은 주로 점유 데이터를 이용하는 것과는 다르게 McMaster 모형은 교통량과 점유의 데이터를 2차원 분석을 실시하며 교통량 밀도 관계를 이용 4개의 영역으로 교통상황을 표시한다.



<그림 1> McMaster 알고리즘 상황분류

5) 신경망 알고리즘(Neural Network-Algorithm)

신경회로망 알고리즘은 인간이나 동물이 가지고 있는 생물학적 뇌의 신경세포(Neuron)를 Model화 하여 인공지능을 만들어 이를 유고검지 분야에 적용시킨 Model로서 네트워크 구성은 입력층, 중간층, 출력층으로 구성된다.

이 알고리즘의 장점은 입력층이 신호를 받아 중간층이 스냅스 가중치를 증가시켜 출력층에 보내는 반복 작업을 시행하는 학습과정을 통하여 최적해를 얻을 수 있으므로 다른 알고리즘들처럼 시스템 내부에 내재되어 있는 파라메타를 교통상황에 따라 별도로 보정해야 하는 문제를 학습을 통하여 쉽게 해결할 수 있는 반면 아직까지 운영경험이 적은 단점이 있다.

2. 검지기 체계의 문제검토

1) 루프 검지기

포장상에 원형 또는 4각형 등 검지 영역을 1개소 설정하므로 구간 유고검지 알고리즘을 사용하는 경우 상,하류 검지기 중 1개소라도 정보수집의 오류 및 장애 등 고장 발생시 유고검지가 불가능하며, 지점 알고리즘의 경우 역시 1개 지점의 검지영역에서 짧은 시간(20초~30초)동안에 데이터를 수집해야 하므로 오류 데이터를 피할 수 없다.

특히 아스팔트 포장의 경우 여름철 고온으로 인한 바퀴자국으로 루프선이 단선되며 고장 및 장애 발생에 따른 유지보수시 공용되는 도로의 교통을 차단해야되는 문제와 고장개소가 소량일 때는 고가 장비가 동원되는 문제로 장기간 보수가 방치되는 경우가 거의 대부분이므로 유고검지를 불가능하게 하는 원인이 되기도 한다.

2) 횡단구조물을 이용한 다차선 검지기

횡단구조물을 이용하여 도로 공간상에 설치되는 초음파방식 또는 마이크로웨이브, I.R 등은 시스템의 한계성 때문에 검지 정보의 신뢰성에 문제점이 있으며 설치 비용과다, 고장 및 보수시 교통을 차단해야되는 문제점등은 루프 검지기와 같다.

3) 영상식 검지기

노측에 설치하여 교통 데이터를 수집하므로 설치 및 보수시 교통차단을 실시하지 않으며 다차선을 검

지할 수 있으나 제조사별로 검지영역 설정에 관한 기준이 상이하며 아직까지 영상 검지기의 장점을 최대한 활용하지 못하고 있는 실정이다.

III. 자동유고검지 체계 개발

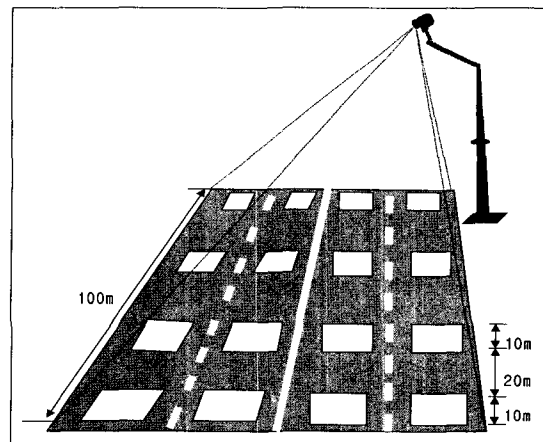
본 연구는 차량검지기의 종류 및 운영수준 과 검지기의 검지영역 설정이 유고검지 알고리즘 성능에 큰 영향을 미친다는 점을 착안하여 노측에 설치 가능하며 설치 및 유지 보수시 교통차단을 시행하지 않고 1개소의 설치로 다차선과 다검지영역을 검지할 수 있는 정보 수집 체계를 수립하고 이 체계에 맞는 새로운 유고검지 알고리즘을 개발하여 효율적인 유고검지 체계를 확립코자하였다.

1. 검지기 정보수집 체계

검지기 체계는 1개소에서 수집되는 데이터 손실을 최소화하기 위하여 가능한 많은 검지 영역이 설정될 수 있도록 하였으며 전체 검지영역 설정은 통상 사용되고 있는 CCD 카메라를 고려하여 다음과 같이 설정하였다.

1) 최대 검지영역 설정

통상 사용되는 410,000 화소용 CCD 카메라를 사용할 경우 최대검지 영역은 200m 까지 가능하였으나 취득된 영상의 양자화, 경계값 산출, 임계값, 차량 유무 등 자료 처리에 많은 시간이 소요되므로 위에서 설명한 현실적인 여건을 고려하여 100m로 설정하였다.



〈그림 2〉 최대 검지영역 설정

2) 개별 검지영역 결정

100m 범위의 검지영역 내에서 다지점 검지와 다차선 검지가 가능하도록 개별 검지영역을 설정하여 정보수집의 오류최소화 및 구간검지와 같은 효과를 얻을 수 있도록 10m로 결정하였다.

개별 검지 영역의 설정은 대상 차량이 검지영역 내에 존재할 때 정확한 교통변수를 산출 할 수 있으며 통상 도로의 폭이 3~3.6m 인점을 감안하면 영상 PIXEL 1개는 10cm 정도이며 1초당 30 frame의 영상을 처리 할 수 있다.

일반적으로 검지기 에서 분류되는 평균차량의 길이는 초당 4~10m로 검출되므로 5m 이하로 검지영역을 설정할 수 있으나 5m 이하로 설정시 대형트럭 등은 차량길이가 실제 10m를 초과 할 수 있으므로 영상 처리시 frame 손실을 일으킨다.

영상 1 frame 손실이 어떤 결과를 가져오는지예를 들어 검증해보자.

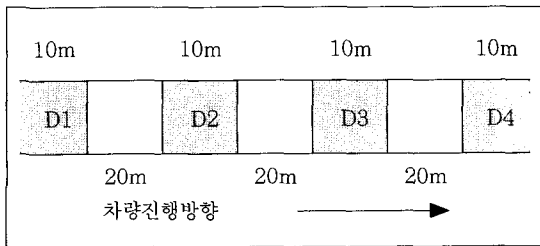
{조건}

o 검지영역 : 10m, 처리시간 : 1초
 <초당 7 frame 처리시>
 $t = 7 \text{ frame} \times 1/30 \text{ 초} = 0.23333$
 $v = 10/0.2333 = 154.28 \text{ km/hr}$ (1)

<초당 8 frame 처리시>
 $t = 8 \text{ frame} \times 1/30 = 0.2667$
 $v = 10/0.2667 = 135 \text{ km/hr}$ (2)
 ⇨ 1 frame 손실 시 발생된 속도오차

식(1)-식(2) = 154.28 - 135 = 9.3 km/h

따라서 자동차의 길이를 감안하여 최대한 손실을 줄일 수 있도록 개별 검지영역 길이를 10m로 결정하였다.



<그림 3> 국도용 구간의 검지영역

2. 자동 유고검지 알고리즘 개발

위에서 제시한 새로운 체계에 맞추어 유고검지 알고리즘을 개발하며, 고속도로의 경우 운행속도가 높은 점을 감안하여 다검지 영역을 사용할 경우 속도 변수만으로도 충분히 유고검지가 가능할 것이나 유고 발생시 운행속도가 높아 순식간에 정체로 이어지므로 임계값 결정이 상당히 민감한 점을 감안 신경망을 이용하여 알고리즘을 구현하고 국도에서는 신호등 간격이 3km 이상으로 고속도로에 비하여 운행속도가 비교적 낮으므로 속도변수와 점유시간 변수를 이용하여 알고리즘을 구현하였다.

1) 국도 구간의 알고리즘 구현

영상검지기의 검지영역 10m를 20m간격으로 4개를 설정하여 100m에 대한 속도, 점유시간의 흐름 정보를 검출한다.

1개 지점에서 100m구간에 대하여 속도의 변위, 점유시간의 변위를 측정하여 돌발상황을 감지한다(그림 3) 참조).

즉 정상적인 상황에서는 100m구간에 대하여 속도, 점유시간의 변위차가 일정하며, 비정상적인 상황에서는 100m구간에서 불규칙적인 속도, 점유시간의 변위차가 발생한다.

(1) 알고리즘 입력 변수 결정

사용하는 입력변수는 30초Polling주기동안 평균속도(km/h), 평균점유시간(초)을 사용하였으며, 30초 Polling 주기를 2회 입력변수로 받아 사용하였다.

- (가) Station i의 t Time때 입력변수
 - Speed(i,t) : D4S(i,t) -> D3S(i,t) -> D2S(i,t) -> D1S(i,t)
 - Occ(i,t) : D4O(i,t) -> D3O(i,t) -> D2O(i,t) -> D1O(i,t)

- (나) Station i의 t+1 Time때 입력변수
 - Speed(i,t+1) : D4S(i,t+1)->D3S(i,t+1)->D2S(i,t+1)->D1S(i,t+1)
 - Occ(i,t+1) :

$$D4O(i,t+1) \rightarrow D3O(i,t+1) \rightarrow D2O(i,t+1) \rightarrow D1O(i,t+1)$$

입력변수의 값을 개별차량에 대한 정보를 입력받아 처리하는 방법과 Polling주기로 입력받아 처리하는 방법이 있으나 어느 것을 사용하여도 무방하다.

그러나 Polling주기로 입력받을 때는 Polling주기 만큼 알고리즘이 대기상태로 있어야 한다.

(다) Station i의 t Time에 대한 정보계산

① 속도변위 산출

$$|D1S(i,t)-D2S(i,t)|, |D2S(i,t)-D3S(i,t)|, |D3S(i,t)-D4S(i,t)|$$

② 점유시간 변위 산출

$$|D1O(i,t)-D2O(i,t)|, |D2O(i,t)-D3O(i,t)|, |D3O(i,t)-D4O(i,t)|$$

(라) Station i의 t+1 Time에 대한 정보 계산

① 속도 변위 산출

$$|D1S(i,t+1)-D2S(i,t+1)|, |D2S(i,t+1)-D3S(i,t+1)|, |D3S(i,t+1)-D4S(i,t+1)|$$

② 점유시간 변위 산출

$$|D1O(i,t+1)-D2O(i,t+1)|, |D2O(i,t+1)-D3O(i,t+1)|, |D3O(i,t+1)-D4O(i,t+1)|$$

(마) Station i의 t Time과 t+1 Time의 상관관계

① 시간별 속도 변위 산출

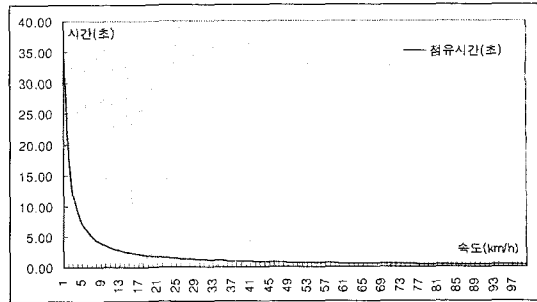
$$\begin{aligned} \Delta Ds1 &: |D1S(i,t+1)-D2S(i,t+1)| \\ \Delta Ds2 &: |D2S(i,t+1)-D3S(i,t+1)| \\ \Delta Ds3 &: |D3S(i,t+1)-D4S(i,t+1)| \end{aligned}$$

② 시간별 점유시간 변위 산출

$$\begin{aligned} \Delta Do1 &: |D1O(i,t+1)-D2O(i,t+1)| \\ \Delta Do2 &: |D2O(i,t+1)-D3O(i,t+1)| \\ \Delta Do3 &: |D3O(i,t+1)-D4O(i,t+1)| \end{aligned}$$

(2) 임계값 결정

Station i의 t Time때 속도와 점유시간을 고려하여 <그림 4>와 같이 국도상 교통류 알고리즘의 임계값을 결정하였다.



<그림 4> 임계값 결정

<그림 4>에서 보듯이와 같이 속도가 100km/h에서 소요시간은 0.36초, 90km/h에서 0.4초, 80km/h에서 0.45초, 70km/h에서 0.51초를 나타내고 있으며, 일반적으로 속도가 36km/h 이하에서는 점유시간이 1.0초 이하가 되고, 18km/h에서 2.0초, 12km/h에서 3.0초, 9km/h에서 4.0초, 1km/h에서 36초가 된다.

따라서 속도 변위에 대한 임계값 ths 와 점유시간 변위 임계값 tho 가 급격히 변화하는 지점속도 $ths > 18km/h$ 를 기준으로, 점유시간이 18km/h 이하로 변하는 최초값인 17km/h일 때를 기준으로 그 차이값인 $tho > 0.12$ 초이 상으로 접근하도록 하였다.

한편 고속도로 교통류 알고리즘의 경우는 고속도로상에서 정상적인 주행일 때 최고 제한속도 100km/h와 최저 제한 속도 50km/h를 고려하여 지점속도 $ths > 10km/h$ 일때를 기준으로 소요시간을 임계값으로 사용하였다.

(3) 알고리즘 Flow Chart

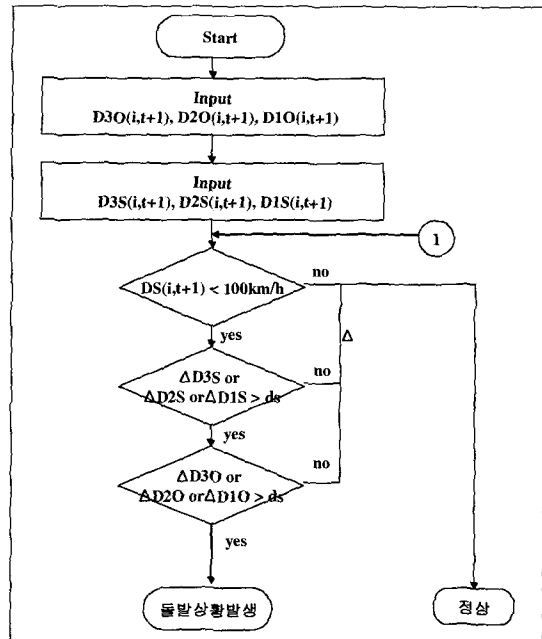
알고리즘은 2개의 Polling 주기를 이용하여 1차적으로 입력된 변수들을 이용하여 돌발 예고 경보를 발하고 2번째 Polling 주기의 입력정보로 유고를 재차 확인하는 방법으로 유고를 검지 하도록 설계하였다.

(가) 알고리즘 flow 설명

① 용어정의

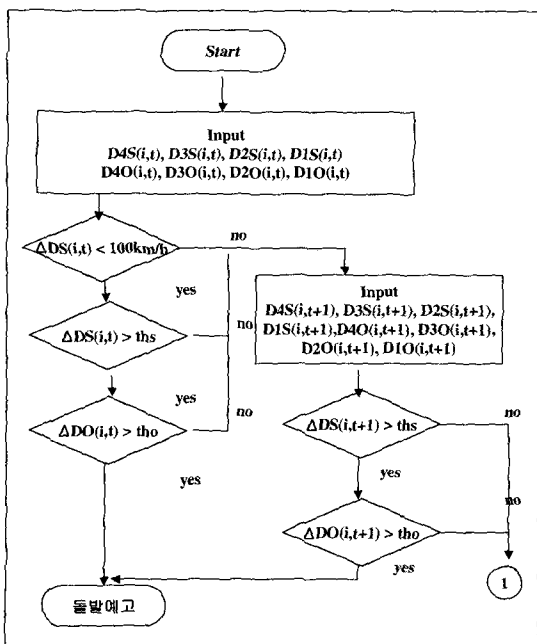
- ㉠ Station : 검지기가 설치되어 있는 지점(i : 임의의 지점이라고 칭함)
- ㉡ t 시간 : i 지점에서 Poll 데이터가 처음 취득되는 시간
- ㉢ t+1시간 : i 지점에서 Poll 데이터가 2번째로 취득되는시간

- ㉔ $\Delta Ds_n(1\sim4)$: <그림 3>의 검지영역 간의 속도변위 차
 - ㉕ $\Delta Do_n(1\sim4)$: <그림 3>의 검지영역간 점유율 변위 차
 - ㉖ $\Delta DS(i,t) < 100 \text{ km/h}$: 고속도로의 실제속도가 100 km/h 임을 고려하여 설정한 검지영역 간의 속도차
- ② Flow 설명
- ㉗ <그림 3>의 검지영역으로 부터 t 시간때 각 검지 영역별로 Poll 데이터를 읽는다(속도, 점유율).
 - ㉘ 검지 영역중 속도가 100 km/h 이상인가?
 - ㉙ 검지 영역간의 속도차 ΔDs 가 임계값 보다 큰가?
 - ㉚ 검지 영역간의 점유율차 ΔDo 가 임계값 보다 큰가?
 - ㉛ 상기㉘~㉚ 조건을 만족하면 1차적으로 유고로 볼수 있으나 돌발 예고 상황으로 간주한다.
 - ㉜ ㉘항의 조건 불만족시 <그림 3>의 검지 영역으로 부터(t+1)시간, 즉 2번째 Poll 주기의 데이터를 읽어<<그림 5> Flow중 2번째 box "input이라고 표기 된"검지 영역별 속도변위 차이와 점유율 변위 차이를 산출후 임계값과 비교후 yes조건이면 돌발예고 상황으로 판단하며, no 조건이면 <그림 6>의 ①의 단계로 점프하여 속도가 100km/h를 넘는가?



<그림 6> 돌발상황검지 Flow

각 검지영역별 속도변위차(ΔDs_n)과 각 검지 영역별 점유율 변위차(ΔDo_n)이 각각의 임계치를 넘는가를 체크후 yes 조건이면 돌발 상황으로 인식하고 no 조건이면 incident free로 판단한다.

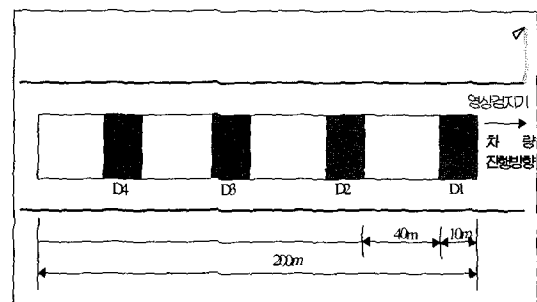


<그림 5> 돌발상황 예고 Flow

2) 연속류 구간 알고리즘 구현

(1) 검지영역 설정

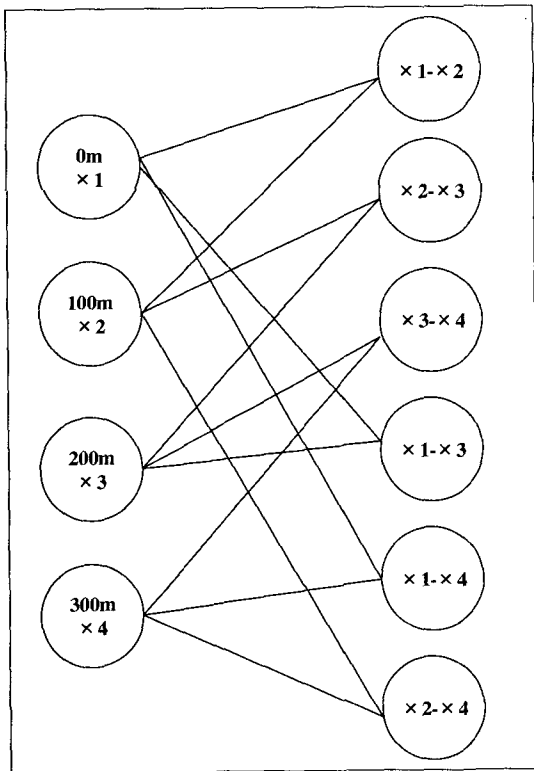
검지영역 설정은 고속도로의 경우 연속류이며 운행 속도가 빠르므로 10m의 검지영역을 40m간격으로 200m 구간에 설치하여 유고시 충격파에 의한 영향도 다 검지영역을 이용하여 검지할 수 있도록 검지영역을 검지기 설치 지점으로부터 200m 구간을<그림 7>과 같이 설정하였다.



<그림 7> 연속류 구간 검지영역

(2) 네트워크 설계

신경망 네트워크 설계는 4개의 검지 영역의 정보를 받을수 있도록 입력층을 4개로 설계하였으며 은닉층의 경우 인접 검지 영역과의 속도 변위차를 고려하여 <그림 9>와 같이 6개의 뉴런층으로 설계하여 최종 출력을 얻을 수 있도록 설계하였다.



<그림 8> 신경망 네트워크 설계

(3) 입력변수

입력변수는 4개 Zone의 30" Polling Cycle동안의 평균 속도 변위차를 사용하며 전후 검지영역과 그 다음 검지영역이 중복되어 보다 정확한 속도변위를 검지할 수 있도록 하였으며 <그림 9>와 같이 각 검지 영역의 속도를 S1 S2 S3 S4 라고 할 때 입력변수는 변위차를 이용 산출한다.

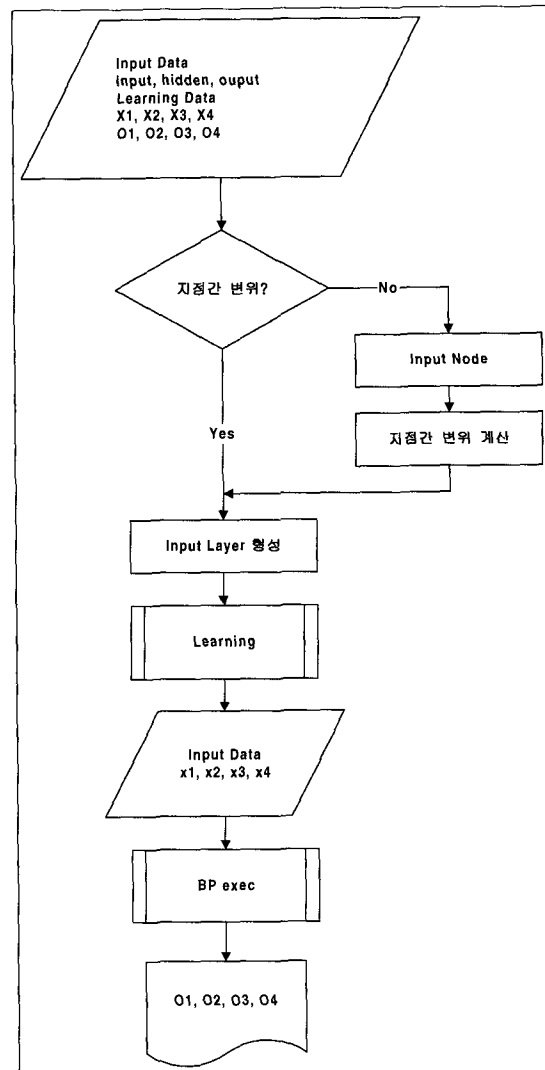
$$\Delta \text{Speed}(i, t) \begin{matrix} |S1-S2|, |S2-S3|, |S3-S4| \\ |S1-S3|, |S1-S4|, |S2-S4| \end{matrix}$$

(4) 신경망 알고리즘 구현

검지 영역 지점간의 속도 변위차를 이용하여 Back-

propagation 학습과정에 따라 입력층으로부터 은닉층을 거쳐 순차적으로 전파하여 출력을 생성하며 출력층은 각각의 뉴런이 자신이 만족 할만한 값이 일정한 범위로 수렴되도록 1차 결과를 반대 방향으로 역전파 하도록 되어있으며 오차의 역전파는 출력층의 각각 뉴런에 생성된 실제 출력벡터와 목표 벡터와의 차이로부터 오차의 제곱합을 구한 후 이를 줄이는 방향으로 각 뉴런의 가중치를 수정한다.

즉 출력층의 오차가 역방향으로 역전파하여 중간 뉴런의 연결 가중치값을 결정하는 방식으로 알고리즘 Flow는 <그림 9>와 같다

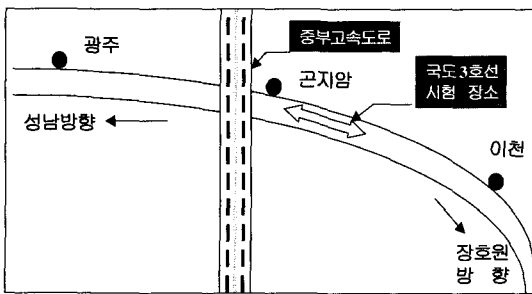


<그림 9> 신경망 알고리즘 Flow Chart

3. 알고리즘 평가

1) 국도상 교통류 알고리즘 실험

위에서 설명한 바와 같이 비교적 운행 속도가 낮은 지점용으로 개발된 알고리즘 성능평가를 위하여 조사 지점을 국도 3호선 곤지암 부근(넙고개-용수리) 10km 구간에서 <그림 10>과 같이 데이터 수집 및 실험을 실시하였다.



<그림 10> 국도 실험 현장

(1) 실험방법

직선부 300m 이상 지점에서 2차선중 1차선을 검지기 설치지점으로부터 0m, 300m, 600m, 900m를 선택, 0m 지점은 영상검지기를 설치하고 300m, 600m, 900m 지점은 비디오로 촬영할 수 있도록 장치를 설치하였다.

평일(9:00~18:00) 운행에 큰 지장을 주지 않는 범위내 에서 21회 교통통제를 실시하면서 모든 검지 영역에서 속도, 점유시간, 등의 유고 관련자료를 개별 차량 단위로 수집하였다.

(2) 조사지점의 교통환경

(가) 도로현황

- ① 도로명 : 국도 3호선(광주-이천)구간
- ② 도로선형 : 직선부
- ③ 차 선 수 : 4차선(왕복)

(나) 교통특성

- ① 일평균 교통량(ADT) : 42,316 대
- ② 차종구성 : 승용차28,817대, 버스973대, 트럭 12,526대
- ③ 차량혼입율 : 승용차 : 68.1%, 버스 : 2.3%, 트럭 : 29.6%
- ④ 기타 : 산업도로이므로 트럭 혼입율이 비교적 많음.

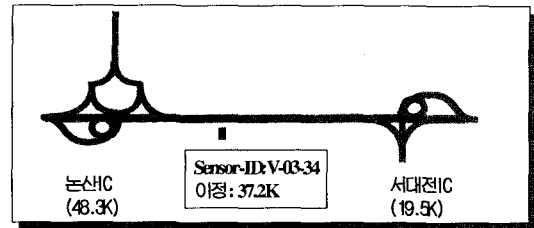
(3) 실험결과

직선부 300m 구간 편도 2차선 국도를 기준으로 평균 검지율 시험을 21회 실시한 결과 97%의 검지율을 얻을 수 있었다.

그러나 실험지점이 직선부 도로구간의 2차선에 국한된 점과, 장기간에 걸쳐 시험되지 못한점을 감안 향후 이 분야에 대한 좀더 많은 시험과 보정이 필요할 것이다.

2) 고속도로상 교통류 알고리즘 실험

속도가 높은 고속도로에 적용하도록 개발된 알고리즘 성능평가를 위하여 영상검지가 기 설치되어 있는 호남고속도로 논산IC~서대전IC구간 37.2Km(상행선) <그림 11>지점에서 실험을 실시하였다.



<그림 11> 고속도로 시험 현장

(1) 실험방법 및 자료수집 환경

호남고속도로 편도 2차선 중 추월차선을 기준으로 평일(9:00~17:00) 1분, 5분, 10분단위로 80회의 교통통제를 실시하고 20" 단위로 속도 데이터와 유고관련 자료를 수집하였다.

(2) 실험결과

고속도로의 경우 주행속도가 국도보다 매우 높아 실제 유고와 정체의 구분이 매우 어려우나 입력변수를 속도만을 사용할 경우에도 <표 1>과 같은 좋은 결과를 얻을 수 있어 향후 고속도로용 알고리즘 개발시 참고자료로 활용될 수 있을 것이다.

<표 1> 신경망 알고리즘 실험 결과

검지기	사용변수	검지율	오류율	평균검지 시간
영상 검지기	속도	97%	3%	30"

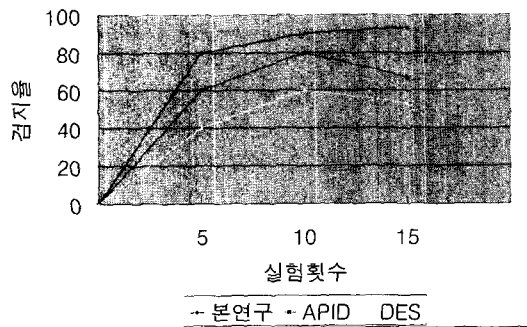
IV. 종합비교 평가

본 연구에서 개발된 자동유고 검지 알고리즘의 성능 평가를 위하여 고속도로 교통관리시스템(FTMS)에서 운영중인 여러 알고리즘 중 성격이 비슷한 APID, DES 알고리즘과 동일 데이터를 이용하여 유고검지를 성능 비교를 시행하였다.

30개의 Data set을 이용 APID, DES알고리즘과 본 연구에서 개발된 알고리즘을 수행시킨 결과 APID의 경우 최대23개, DES의 경우 16개, 지능형의 경우 28개를 검지하여 기존의 알고리즘 보다 검지성능이 우수한 것으로 나타났다.

<표 2> 종합 시험 결과

구 분		실 험 횟 수					
		5	10	15	20	25	30
검지율 (%)	본연구	80	90	93	90	92	93
	APID	60	80	67	72	72	77
	DES	40	60	53	56	56	53



<그림 12> 알고리즘별 검지율 비교

V. 결론

본 논문은 기존의 유고검지 체계의 문제점 개선을 통하여 자동 유고검지 효율을 높이 고자 유고검지 체계중 다검지영역을 이용하도록 검지체제를 개선하였으며, 특히 영상 검지기를 이용하여 1개소의 설치로 다차선을 동시에 검지하므로써 경제적인 시스템을 구축할 수 있는 방안을 강구하였다.

따라서 향후 ITS 분야의 검지체계 개선 및 유고 관련 알고리즘 개발에 많은 참고가 될 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 한국도로공사, 고속도로교통관리시스템 구축을 위한 소프트웨어 개발 및 시스템관리용역 보고서, 1995.
2. 한국도로공사, 고속도로교통관리시스템용 영상 검지기 기술규격, 1997.
3. 김현숙·김소현, 신경망컴퓨터, 크라운 출판사, 서울, pp.57~96, 1996.
4. 김대수, 신경망이론과 응용(1),하이테크정보, 서울, pp.17~116, 1997.
5. 장세봉, 인공신경망을 이용한 고속도로 자동유고 검지모형개발, 서울대학교박사학위논문, 1997.
6. 백용현 외, FTMS관련 공무원외여행 귀국보고서, 한국도로공사, 1994.
7. 황수현·장준철·안성모, MATLAB 응용1, 높이, 깊이, 서울, 1995.
8. 한국도로공사, 고속도로교통관리시스템 구축을 위한 S/W개발 기술자료집, 1995.
9. 임영도, 이상부, 퍼지, 신경망, 유전진화, 영과일, 서울, pp.108~148, 1997.
10. Ministry of Transportation and Communications Ontario Highway 401, "Freeway Traffic Management System Software Specifications", 1987.
11. Frederic R.Harris Incident Detection Issues-part1, "Vergina Polytechnic Institute and State University", pp.2~2-2~21.
12. Martin T. hagan, Howard B. Demuth, "Nural Network Design", PWS Publishing, Boston, 1996.
13. Marc Solomon, "Review of Automatic Incident Detection Techniques", Transpotation Center Northwestern University, August, 1991.
14. McCulloch, W. S & pitts, W. h, How we know universals : "The perceptron of Auditory and visual Forms", Bulletin of Mathematical Biophysics, 9 : 1277M, 1947.
15. Faghri, A, and Hua, J., "Evaluation of Artificial Neural Networks Applications in TransportationEngineering", Transportation

- Reserch Board 71st Annual Meeting, 1992.
16. haykin, S., "Nearal Network", Macmillan Publishing College Company Inc., 1994.
 17. Mark Dougherty, "A REVIEW of Neural Networks Applet to Transport", Elsevier Science Ltd, Greate Britain, 1995.
 18. Samant, A : Adeli, H, Enhancing Neural Network Traffic Incident-Detection Algorithm using Wavelets, Computer Aided Civil and nfrastructure Engineering(2001, vol00016, Iss:00004, Page:239), 2001, ISSN: 10939687
 19. HUSSEIN DIA and GEOFF ROSE, Develop-ment of Artificial Neural Network Models for Automated Detection of Freeway Incidents, 7th WCTR, 1995.
 20. RUEY L. CHEU and STEPHEN G. RITCHIE, Automated Detection of Lane-Blocking Freeway Incidents Using Artificial Neural Networks, Transpn. Res.-c, Vol. 3, No. 6, pp.371~388, 1995.

♣ 주 작 성 자 : 백용현

♣ 논문투고일 : 2001. 3. 6

논문심사일 : 2001. 4. 12 (1차)

2001. 9. 27 (2차)

2001. 11. 19 (3차)

2001. 12. 7 (4차)

심사판정일 : 2001. 12. 7