

검측 변수내 Random Noise 제거를 통한 연속류 돌발상황 자동감지알고리즘 개발

Development of an AIDA(Automatic Incident Detection Algorithm) for Uninterrupted Flow By Diminishing the Random Noise Effect of Traffic Detector Variables

최종태*
(Jong-Tae Choi)

신치현**
(Chi-Hyun Shin)

강승민***
(Seung-Min Kang)

요약

검지기 자료의 품질은 동일한 교통 조건이라도 검지기의 종류, 보정 및 유지 보수 노력, 도로의 기하구조 등에 의해 내재적으로 10% 이상 변수 값 차이를 보일 수 있다. 이러한 내재적인 변수 값 차이로 인해 성능이 검증된 돌발상황 자동 감지알고리즘을 사용하더라도 검지율(DR)이 낮아지고 오보율(FAR)이 높아지는 문제가 야기될 수 있다.

본 연구는 교통특성 변수의 간단한 산술계산기법(SAO)를 활용하여 새로운 AIDA를 개발하는데 목적이 있다. SAO는 내재적으로 존재하는 변수 값 차이를 보정하여 AIDA의 성능 저하를 극복하기 위해 개발되었다.

AIDA 모형의 개발 및 검증을 위해 내부순환도로와 경부고속도로에서 수집된 30초 단위의 점유율을 사용하였다. SAO 기반 알고리즘 분석 결과 100% 돌발상황을 검지하는 높은 검지율을 보였고, 검지시간(MTTD)은 1분 이내로 나타났다. 오보율의 경우 본 연구에서 개발된 SAO 기반 AIDA의 오보율이 기존 개발된 AIDA의 오보율보다 3.5%~31.0% 감소하는 것을 확인하였다. SAO 기반의 알고리즘은 돌발상황의 지속성 분석에서도 탁월한 능력을 보였다.

Abstract

The data quality and measurements along consecutive detector stations can vary much even in the same traffic conditions due to variety in detector types, calibration and maintenance effort, field operation periods, minor geometric changes of roads and so on. These faulty situations often create 10% or more of inherent difference in important traffic measurements between two stations even under stable low flow condition. Low detection rates(DR) and high false alarm rates(FAR) therefore sets in among many popular Automatic Incident Detection Algorithms(AIDA).

This research is two-folded and aims mainly to develop a new AIDA for uninterrupted flow. For this purpose, a technique which utilizes a Simple Arithmetic Operation(SAO) of traffic variables is introduced. This SAO technique is designed to address the inherent discrepancy of detector data observed successive stations, and to overcome the degradation of AIDA performance.

It was found that this new algorithm improves DR as much as 95 percent and above. And mean time to detection(MTTD) is found to be 1 minutes or less. When it comes to FAR, this new approach compared to existing AIDAs reduces FAR up to 31.0 percent. And capability in persistency check of on-going incidents was found excellent as well.

Key words : Automatic incident detection algorithm, Uninterrupted flow, AIDA, SAO, DR, FAR, MTTD

* 주저자 : 한국도로공사 도로교통연구원 과제연구원

** 공저자 : 경기대학교 도시 및 교통공학과 교수

*** 교신저자 : (주)유엔알렉 ITS 연구소장

† 논문접수일 : 2012년 1월 31일

† 논문심사일 : 2012년 3월 20일

† 게재확정일 : 2012년 3월 30일

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

교통시설의 이용효율과 안정성을 향상시키기 위해 설치·운영되고 있는 지능형교통시스템(ITS)에서 돌발상황의 신속·정확한 감지 및 모니터링은 매우 중요한 서비스에 해당한다. 돌발상황의 감지는 CCTV, 운전자 및 순찰반 제보를 통한 수동검지 방법과 도로 상에 설치된 감지기를 통해 수집되는 자료를 알고리즘에 적용하여 감지하는 자동검지 방법으로 구분할 수 있다.

지정체를 유발하는 돌발상황 발생 시 돌발상황 발생 지점 상·하류부에서 짧은 시간 내에 교통특성이 급격하게 차이가 나는 것을 흔히 볼 수 있다. 돌발상황 자동검지 방법은 이러한 차이를 활용하여 인접검지기에서 수집된 교통특성 값의 차이를 기반으로 돌발상황의 발생 및 지속여부를 판단하게 된다. 그러나 감지기성능, calibration, 유지관리 수준, 도로 기하구조 등 여러 가지 원인으로 인접검지기에서 수집된 교통특성 값은 교통소통상태의 변화와 무관하게 불규칙적인 차이를 흔히 나타낸다. 이러한 차이를 고려하지 않고 개발된 돌발상황 자동감지알고리즘은 낮은 검지율(DR, Detection Rate)과 높은 오보율(FAR, False Alarm Rate)을 나타낸다.

본 연구에서는 교통소통상태의 변화와 무관하게 나타나는 인접검지기에서 수집된 교통특성 값의 차이를 완화하기 위한 산술계산기법(SAO, Simple Arithmetic Operations)을 개발하고, SAO 기반의 돌발상황 자동감지알고리즘(AIDA)을 개발하였다[1].

2. 연구의 방법

SAO의 개발을 위해 교통특성 자료 중 고속도로에서 수집된 점유율을 사용하였다. 교통소통상태의 변화에 따른 인접검지기점 점유율 차이의 시계열 분석을 통해 교통소통상태의 변화와 동질적인 변화를 나타내는 산술계산기법을 개발하였다.

SAO를 기반으로 한 AIDA는 다음과 같은 요구사항을 고려하여 개발되었다. 첫째, 패턴인식 알고리

즘처럼 운영자가 주요 파라메타 및 판정 값을 쉽게 이해하고 유지·보수할 수 있고 둘째, McMaster 알고리즘이 개별 지점 교통량-점유율 그래프를 구축해야 하는 것처럼 지점별로 별도의 모형 구성 노력이 수반되지 않으며, 셋째 복잡한 평활화나 필터링 기법에서 비교적 자유로운 알고리즘이 요구된다. 그리고 반복정체와 비반복정체의 구별 및 비반복정체의 지속기간(시작·종료 지점)을 비교적 정확히 판단할 수 있는 능력도 갖추어야 한다.

내부순환도로 사고자료를 바탕으로 SAO 기반의 돌발상황 자동감지알고리즘 개발 및 검증을 수행하였고, 알고리즘의 이식성(transferability) 검증을 위해 경부고속도로에서 수집된 사고 자료를 활용하였다.

II. 선행 연구 및 관련 이론 고찰

1. 기존 돌발상황 자동감지알고리즘 평가

국내·외를 통해 많이 사용되는 알고리즘을 추리면 서너 가지 정도가 되는데, 이들은 국내 도시 및 지방부 고속도로, 국도 등의 돌발상황관리체계 내에 설계·운영되고 있으며 개별 알고리즘과 관련한 구체적인 설명은 V장의 2. 부분에 기술하였다.

기존 AIDA 중 California #7 기반 APID는 검지기점 점유율의 상대 차이를 산정하고, DELOS는 변수 값 차이를 3가지 평활화 기법을 통해 판정하며, McMaster는 교통량-점유율 그래프를 기반으로 실시간 데이터의 존재 영역을 파악하는 방식으로 돌발상황을 감지한다. DES는 돌발상황감지를 위해 한 개 검지기 자료를 이용하나 평활화를 두 번 이행하여야 한다. 하지만 이들 알고리즘은 대체로 높은 오보율로 인해 실제 적용에 어려움이 많은 실정이다.

2. 국내·외 문헌 고찰

1) 돌발상황 자동감지알고리즘 개발에 관한 연구

김상구(2008)는 3가지 교통류 유형 특성을 분석하고, 속도변수를 기준으로 생성된 수정교통량-점유율 관계도를 이용하여 교통류 상태를 5개 영역으

로 구분하여 돌발상황을 검지하는 알고리즘을 개발하고, McMaster 알고리즘과 비교·평가하였다[2].

오주택(2010)은 사고로 인한 정지차량 및 돌발상황을 파악하기 위해 교통류를 이용한 1차 예비검지 및 영상차리를 이용한 2차 사고확정 판정을 하는 알고리즘을 제안하였다[3].

허민국(2010)은 동일한 지점 및 시간대의 교통량과 속도를 이용한 가중이동평균법을 사용하였고, 오류자료 보정, 소통상황 판정, 패턴자료와의 비교, 지속성 검사의 단계를 통해 과거의 교통패턴과 실시간 교통데이터와의 차이 값을 이용하여 돌발상황을 판정하는 알고리즘을 제시하였다[4].

2) 검측 변수 값의 내재적 차이 보정에 관한 연구

서정원(2003)은 동일한 교통류 상황에서 이종 검지기 간에 수집된 교통특성 변수를 시계열 분석 후 AIDA에 적용하여 결과를 비교·분석하였다. 분석 결과 이종 검지기에서 수집된 교통특성 변수 값에 차이가 있음을 확인하였다[5].

김성수(2004)는 인접한 영상검지기에서 수집되는 교통변수 자료에 내재적으로 차이가 존재함을 확인하였고, 내재적으로 존재하는 차이를 보정하여 적정한 검지율과 검지시간을 유지하며 오보율을 줄이는 방법에 관해 연구하였다[6].

Shantanu Das and David Levinson(2004)은 루프 검지기에서 수집된 교통특성 변수를 보정하기 위한 방법을 제시하고, 대기행렬 분석을 통해 active bottleneck의 형성을 예측하고자 하였다[7].

3. 미비점 분석

본 연구에서 고찰한 기존 돌발상황 자동감지알고리즘은 압축과 검사나 평활화로 인해 추가 지점이 필요하거나 많은 계산으로 검지시간이 길어지는 단점이 있고, McMaster 및 김상구 알고리즘은 개별 지점의 교통량-점유율 그래프를 구축하는 등 지점별 모형 구성이 필요하다는 단점이 있다.

기존 AIDA를 보완하기 위한 국내·외 연구가 다수 존재하지만, 검지기 간에 내재적으로 존재하는

검측 변수 값 차이를 극복하고자 하는 노력이 부족한 것으로 판단된다.

검측 변수 값의 내재적 차이를 보정하기 위한 방법으로 김성수(2004)가 제시한 평균을 이용한 보정 방법을 제외하고는 검측 변수 값 차이의 보정을 다룬 연구가 미비한 실정이다. 이 밖에도 한대철(2004), 이지연(2003)의 연구에서 교통특성 변수 값을 보정하는 방안을 연구하였지만, 교통량과 속도의 결측 값 보정에 초점이 맞춰져 있었다[8][9].

본 연구에서는 검지기간 내재적으로 존재하는 변수 값 차이를 극복하고자 교통특성 변수 값을 보정하는 간단한 산술계산기법(SAO)을 제시하였고, SAO 기반의 AIDA를 개발하여 복잡한 평활화나 필터링에 필요한 노력을 제거함으로써 손쉽고 신속하게 돌발상황을 감지할 수 있을 것으로 기대된다.

III. 교통 자료 수집과 분석

1. 검지기 자료

1) 알고리즘 개발 및 검증용 자료

본 연구에서는 내부순환도로에서 수집된 6건의 사고자료를 활용하여 AIDA 개발 및 검증을 수행하였으며, 자료 대한 자세한 사항은 <표 1>과 같다.

<표 1> 사고자료 수집 현황 - 내부순환도로
(Table 1) Description of incident data - Naebu exp.

구분	번호	도로 및 구간	수집 날짜	수행 per.
모형 개발	사고1	홍제~홍은(내선)	03. 02. 05.	329 (74)
	사고2	정릉터널(내선)	03. 02. 06.	360 (54)
	사고3	반포~동작(내선)	03. 02. 07.	202 (51)
모형 검증	사고4	DK100005~6 구간	03. 02. 07.	240 (41)
	사고5	DR500050~1 구간	03. 02. 08.	80 (13)
	사고6	DR500050~1 구간	03. 02. 08.	160 (22)

주) 수행 per.는 분석 기간으로 1per. = 30초.

()는 돌발상황 지속 period 수.

내부순환도로에 설치된 검지기는 평균 500m 간격으로 설치되어 있고, 30초 단위로 교통특성 자료를 수집하고 있다. 본 연구에서 사용한 내부순환도로 검지기 자료는 2003년 2월에 수집된 자료로, 총

5구간의 검지기 자료에서 관찰된 6건의 교통사고를 분석하였다.

최근 수집된 자료를 기반으로 알고리즘을 개발하지 않고 2003년 내부순환도로의 자료를 사용하는 이유는, 2002년 내부순환도로 전 구간에 검지기를 설치하여 교통관리시스템을 구축하였기 때문에 비교적 검지기 성능이 우수한 상태에서 우량한 자료를 얻을 수 있을 것이라고 판단하였기 때문이다.

2) 알고리즘의 이식성 검증 자료

내부순환도로에서 수집된 자료를 기반으로 개발된 AIDA를 기하구조, 설계속도, 통행특성 등이 다른 고속도로나 타 구간에도 적용할 수 있는지를 판단하기 위하여 경부고속도로 검지기 자료를 바탕으로 이식성 검증을 수행하였다. 활용된 경부고속도로 사고자료의 일반적인 현황은 <표 2>와 같다.

<표 2> 사고자료 수집 현황 - 경부고속도로
<Table 2> Description of incident data - Gyeongbu exp.

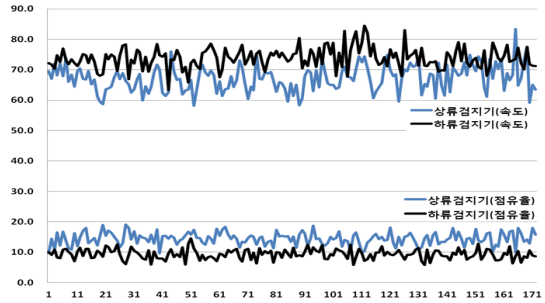
구분	번호	도로 및 구간	수집 날짜	수행 per.
이식성 검증	사고7	동탄IC~동탄JC(하)	11. 07. 16.	306 (182)
	사고8	동탄JC~오산IC(하)	11. 07. 21.	75 (35)
	사고9	동탄JC~오산IC(하)	11. 07. 21.	231 (39)
	사고10	오산IC~안성JC(하)	11. 07. 21.	360 (118)
	사고11	동탄IC~기흥IC(상)	11. 07. 25.	330 (161)

주) 수행 per.는 분석 기간으로 1per. = 30초.
()는 돌발상황 지속 period 수.

경부고속도로는 평균 1,000m 간격으로 검지기가 설치되어 있고, 30초 단위로 교통특성 자료를 수집하고 있다. 차로별 자료를 지점자료로 변환하기 위해 교통량은 합, 속도와 점유율은 가중평균하였다.

2. 교통특성 변수 시계열 비교

정상류 상태에서 수집된 교통특성 변수 값의 시계열 분석을 통해 검지기 간에 존재하는 내재적인 검측 변수 값의 차이를 확인하였다. <그림 1>은 모형개발에 사용한 사고자료 2의 시계열 분석으로 내재적인 검측 변수 값의 차이를 확인할 수 있다.



<그림 1> 검측 변수의 내재적 차이(예)
<Fig. 1> Inherent difference in traffic variables

속도 자료의 경우 평균 10.6%의 차이를 보였고, 점유율은 평균 34.4%의 상대적 차이를 보이는 것으로 확인되었다. 이렇게 인접한 검지기에서 수집되는 검측 변수의 내재적 차이로 인하여, 많은 연구를 통해 개발·검증된 AIDA를 사용하더라도 낮은 검지율과 높은 오보율이 나타날 수 있다.

본 연구에서는 인접한 검지기에서 수집되는 교통특성 변수 값의 내재적 차이를 인지하고, 간단한 산술계산기법(SAO)을 활용한 교통특성 변수 값 보정 방법을 제시하였다. 또한 SAO를 활용하여 SAO 기반의 새로운 AIDA를 개발하였다.

IV. SAO 기반 AIDA 개발

1. SAO의 개념과 정의

기존 알고리즘이 30초의 짧은 원시자료 수집 및 처리 주기를 기반으로 추적 시그널(tracking signal)을 만들어 내는데 있어서 자료의 휘발성(volatility)이 너무 커서, 알고리즘의 파라메타 유지관리에 지나친 노력이 소모되었기 때문에 간결하면서도 관리해야 할 파라메타를 최소화 한 공식을 제시하였다.

본 연구에서 제시하는 SAO 공식은 상류 지점 점유율을 기반으로 하는 상대 점유율의 산식과 유사한 형태이나, 상대 점유율 산식의 분모에 하류지점의 점유율을 추가로 더하는 형태를 취하고 있다.

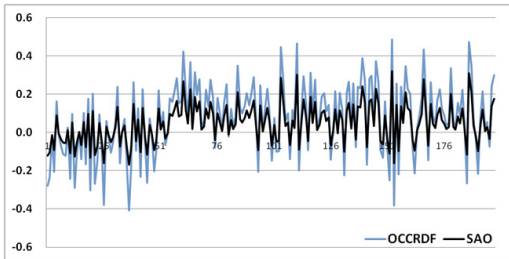
일반적인 검지기 설치 구간의 경우, 교통량이 많은 정상류 상태에서는 상·하류 검지기의 점유율 값이 유사해질 가능성이 높지만 그렇지 않은 경우는

30초 동안 차량들이 군집(platoon)을 이루거나 멍치게 되고, 검지기 간의 거리나 차량군의 속도가 또 다른 변수로 작용하는 복잡한 환경을 조성하여 상·하류 검지기에 동시에 유사한 흔적을 남기지 못할 가능성이 크다. 이 같은 문제를 해결하는 방안으로 상대 점유율 산식의 분모에 하류 검지기 점유율 값을 추가하였다.

〈표 3〉 점유율 상대적 차이 및 SAO 기반 공식
(Table 3) Formula of OCCRDF and SAO

구분	$OCCRDF_{(i,t)}$	SAO
공식	$\frac{OCC_{(i,t)} - OCC_{(i+1,t)}}{OCC_{(i,t)}}$	$\frac{OCC_{(i,t)} - OCC_{(i+1,t)}}{OCC_{(i,t)} + OCC_{(i+1,t)}}$

주) OCCRDF : 상대 점유율 식, OCC : 점유율



〈그림 2〉 OCCRDF-SAo 시계열 분석
(Fig. 2) Analysis of OCCRDF-SAo time series

<그림 2>에서 보듯 점유율의 상대적 차이를 계산할 때 OCCRDF와 SAO를 비교하면, 분모에 하류 지점의 점유율을 추가한 SAO의 변동 폭이 훨씬 작아지는 것을 알 수 있다. 예를 들어 첫 주기의 점유율이 상류부 4.0%, 하류부 7.0%, 둘째 주기에는 상류부 7.0%, 하류부 4.0%로 관찰되었다면, SAO 값은 각각 -0.273, 0.273이고 OCCRDF 값은 -0.750, 0.429로 SAO가 OCCRDF보다 변동 폭이 작게 나타난다. 즉, SAO를 통해 검지기간 내재적으로 존재하는 변수 값 차이로 인한 영향을 감소시킬 수 있다.

2. 통행량 크기별 임계값 설정방안

모형개발에 활용한 자료의 교통사고 발생 5분전 평균교통량은 1,212~1,500대/시 수준이었으며, 교통사고 발생여부를 판단하는 기준이 되는 임계값이

33%일 때 모형의 성능이 가장 우수한 것으로 나타났다. 점유율은 교통량에 따라 종속적으로 결정되므로 점유율을 기반으로 추정된 임계값의 크기도 교통량의 수준에 따라 다른 값을 갖는 것이 타당한 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 설계속도에 따라 도시부(설계속도 100km/h미만)와 지방부(설계속도 100km/h이상)로 구분하고 교통량 수준에 따라 임계값을 조정하여 적용하도록 제시하였다.

교통량 수준은 도로용량편람에 의해 고속도로 기본 구간의 서비스수준(LOS)에 따라 Low(LOS A), Medium(LOS B&C), High(LOS D~F)로 구분하여 제시하였다. 그러나 본 연구에서 활용한 교통사고 자료는 교통량 수준 High에 속하므로 낮은 교통량 수준에 대한 임계값(TH_AS_1, TH_AS_2)은 추정하여 제시하였다. 사고지점 상류부는 사고발생 직전의 서비스 수준보다 한 단계 악화되고 하류부는 LOS A가 된다고 가정하고, LOS에 따른 상하류부 점유율의 합을 임계값으로 설정하였다. LOS별 점유율의 크기는 HCM에서 제시한 값을 활용하였다[10].

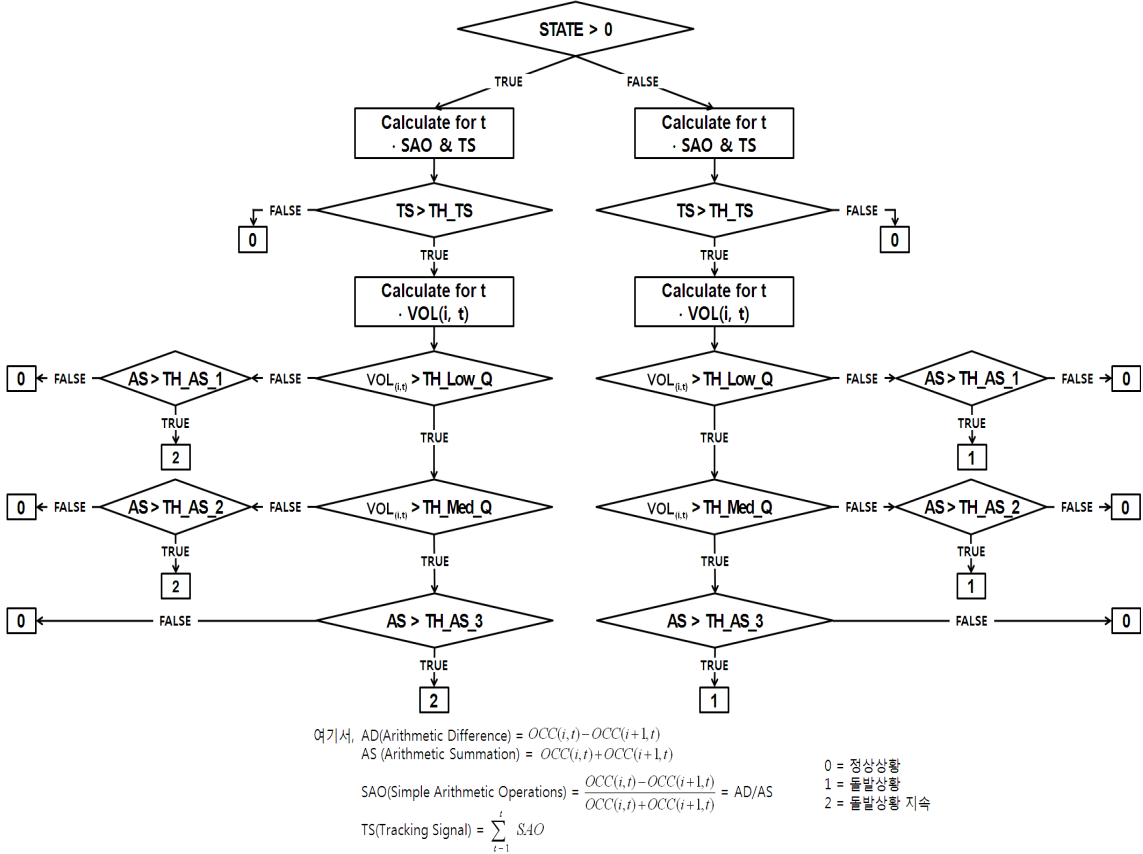
〈표 4〉 교통량 구분 기준 및 임계값
(Table 4) Volume classification and threshold values

구분	도시지역	지방지역
TH_Low_Q	≤ 500대/시	≤ 600대/시
TH_Med_Q	500 < ≤ 1,150대/시	600 < ≤ 1,350대/시
TH_High_Q	> 1,150대/시	> 1,350대/시
TH_AS_1	10%	
TH_AS_2	22%	
TH_AS_3	33%	
TH_TS	0.25	

주) AS(Arithmetic Summation) : 상·하류 점유율의 합
TS(Tracking Signal) : 자세한 공식은 <그림 3> 참조

3. SAO 기반 AIDA의 실행 흐름

본 연구에서 개발한 SAO 기반의 돌발상황 자동 감지알고리즘은 원시자료 보정 없이 검지기에서 수집된 점유율 값을 AIDA에 적용하여 분석이 가능하기 때문에 복잡한 평활화나 필터링에 대한 노력이 절감된다는 장점이 있다. 또한 패턴인식 알고리즘처럼 운영자가 주요 파라메타 및 판정 값을 쉽게 이해하고 유지·보수할 수 있을 것으로 판단된다.



〈그림 3〉 SAO를 활용한 돌발상황 자동감지알고리즘
 〈Fig. 3〉 Automatic incident detection algorithm utilizing SAO

V. SAO 알고리즘의 성능 비교 평가

1. 성능평가 척도

AIDA의 성능을 측정하기 위한 평가 척도는 알고리즘의 효과를 측정하는 지표로 사용되는 검지율과 오보율, 효율성을 나타내는 지표인 평균검지시간(MTTD, Mean Time To Detect) 등이 있다[11].

검지율은 특정시간대에 발생하는 돌발상황을 돌발상황 자동감지알고리즘에 의해 검지한 비율, 즉 돌발상황 발생횟수 중 돌발상황을 인식한 비율이다. 오보율은 돌발상황 자동감지알고리즘이 검지한 돌발상황 중 잘못된 정보의 비율 또는 검지는 되었지만 기록상 나타나지 않는 돌발상황 비율이다.

평균검지시간은 돌발상황이 발생한 시간과 돌발상황 자동감지알고리즘에 의해 돌발상황이 감지되는데 걸리는 시간과의 차이로써, 실시간 교통관리 체계에 있어서 매우 중요한 요소이다.

$$DR = \frac{\text{검지된 돌발상황 건수}}{\text{전체 돌발상황 건수}} \times 100(\%) \quad (1)$$

$$1\text{종 FAR} = \frac{\text{돌발상황 Station 중 미검지된 Alarm 건수}}{\text{돌발상황 Station 개수}} \quad (2)$$

$$2\text{종 FAR} = \frac{\text{돌발상황 오보건수}}{\text{전체 Station 개수} - \text{돌발상황 Station 개수}} \quad (3)$$

$$MTTD = \frac{\sum(\text{돌발상황 발생 시각} - \text{경보 시각})}{\text{총 돌발상황 발생 건수}} \quad (4)$$

2. 비교 평가 대상 AIDA

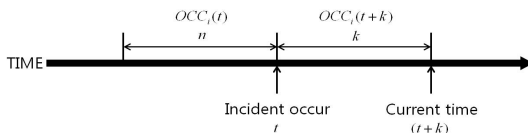
본 연구에서 개발된 SAO 기반 돌발상황 자동감지알고리즘의 성능 비교를 위해 California #7, DELOS 알고리즘과 김상구(2008)의 연구에서 개발된 알고리즘 등을 선택하였다.

California 알고리즘의 수정 버전은 지속성 분석(persistent check)과 압박과 테스트를 수행하여 오보를 줄일 수 있는 특징을 지니고 있다. 본 연구에서는 성능이 우수하다고 알려진 California #7 알고리즘을 사용하여 분석하였으며, 적용한 임계값은 <표 5>와 같다.

<표 5> APID 파라메타 임계값
<Table 5> Threshold value for APID parameter

임계값 ID	비교변수	①군 파라메타 값
TH_HAV_ID1	OCCDF	10.2
TH_HAV_ID2	OCCRDF	0.5
TH_HAV_ID3	DOCC	28.8

DELOS 알고리즘은 짧은 지속시간을 가지는 이벤트를 돌발상황과 구별하기 위하여 점유율 측정치를 이동평균, 중앙값, 지수평균 등으로 평활화(smoothing)하여 사용한다. 2개의 평활 값이 사용되는데 유고 발생 시점을 t 로 했을 때, 현재의 교통상태를 나타내는 $OCC_i(t+k)$ 와 유고 이전의 교통상태를 나타내는 $OCC_i(t)$ 로 구성된다.



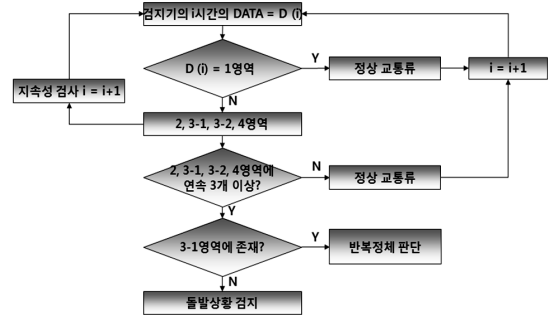
<그림 4> DELOS 알고리즘 변수 개념도
<Fig. 4> The concept of variables in DELOS

DELOS 알고리즘 분석에서 사용한 파라메타의 임계값은 <표 6>과 같으며, 평활화 방법에 따라 세 가지 기법을 선택하여 NSDOCC와 NTDOCC가 모두 임계값을 초과하면 돌발상황을 선언한다.

<표 6> DELOS 파라메타 임계값
<Table 6> Threshold values for DELOS parameters

파라메타군	이동평균	중앙값	지수평균
Window_size_past	5	5	5
Window_size_curr	3	3	3
smoothing_factor	0.00	0.00	0.05
TH_DELOS_ID1	0.40	0.40	0.15
TH_DELOS_ID2	0.40	0.50	0.10

김상구 알고리즘은 수집된 속도, 점유율, 교통량을 이용하여 파라메타를 추정하고 수정교통량-점유율 관계도를 이용하여 교통류 상태를 결정한다. 3개의 연속적인 이동된 교통량데이터가 정체류 영역에 존재하면 돌발상황을 선언한다. <그림 5>는 김상구 알고리즘에서 돌발상황을 판정하는 과정이다.



<그림 5> 김상구 알고리즘
<Fig. 5> Kimsangu algorithm

3. SAO 기반 AIDA의 성능 비교·분석

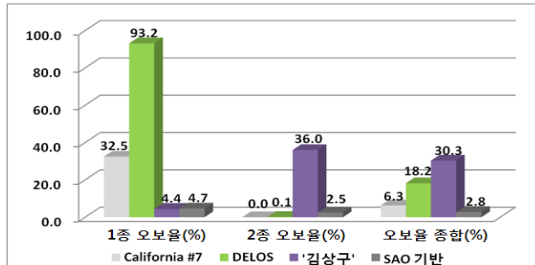
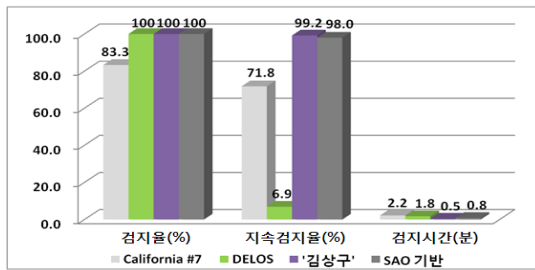
본 연구에서 개발된 AIDA의 성능 분석은 알고리즘 개발 및 검증에 사용했던 내부순환도로의 검지기 자료를 기반으로 한 성능 평가와, 이식성 검증에 사용했던 경부고속도로의 검지기 자료를 기반으로 한 성능 평가로 나누어 수행하였다.

1) 모형 개발 및 검증자료 분석(내부순환도로 자료)

성능 평가를 위하여 각 알고리즘별로 검지율, 오보율, 검지시간, 지속성을 비교하였다. 돌발상황 발생 후 5분 이상 경과한 후에 돌발상황을 검지하는 경우, 알고리즘 사용 효과가 미미하다고 판단하여 미 검지한 것으로 판단하였다.

〈표 7〉 성능 평가척도 분석 결과 - 내부순환도로
(Table 7) DR, FAR and MTTD by AIDA - Naebu exp.

구분	1번	2번	3번	4번	5번	6번	
검지율 (%)	California #7	100	100	100	100	-	100
	DELOS	100	100	100	100	100	100
	김상구	100	100	100	100	100	100
	SAO 기반	100	100	100	100	100	100
1종 오보율 (%)	California #7	14.86	87.27	17.31	18.42	-	6.67
	DELOS	90.54	98.18	96.15	89.47	81.82	86.67
	김상구	0	0	0	0	0	6.67
	SAO 기반	4.05	5.45	3.85	5.26	9.09	6.67
2종 오보율 (%)	California #7	0	0	0	0	-	0
	DELOS	0.40	0	0	0	0	0
	김상구	25.10	25.25	16.18	45.05	56.52	74.48
	SAO 기반	0.39	1.97	2.94	3.96	0	4.83
검지시간 (분)	California #7	2.0	4.0	2.5	1.5	-	1.0
	DELOS	0.5	3.5	2.5	1.5	1.0	1.5
	김상구	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	SAO 기반	0.5	1.0	1.5	1.0	0.5	0.5



〈그림 6〉 성능 평가척도 분석결과 - 내부순환도로
(Fig. 6) DR, FAR and MTTD by AIDA - Naebu exp.

3건의 사고자료 중 California #7 알고리즘만이 1건의 사고자료를 검지하지 못하였으나, SAO를 포함한 나머지 3개 알고리즘은 돌발상황을 모두 검지하였다.

1종 오보율의 경우 SAO 기반 알고리즘이 4.09~9.09%로 0~6.67%를 나타낸 김상구 알고리즘보다 낮은 성능을 보였으나, California #7 알고리즘, DELOS 알고리즘 보다 우수한 성능을 나타냈다. 2

종 오보율은 SAO 기반 알고리즘이 0~4.83%를 나타내 0~0.4%를 나타낸 California #7 알고리즘, DELOS 알고리즘의 오보율 보다 높지만 그 차이가 크지 않고, 16.18~74.48%를 나타낸 김상구 알고리즘에 비해 월등히 우수한 것으로 나타났다. 즉, 1종 오보율과 2종 오보율을 함께 고려할 때 SAO 기반 알고리즘이 가장 우수한 것으로 분석되었다.

돌발상황 검지시간은 김상구 알고리즘이 30초로 가장 빨랐고, SAO 기반 알고리즘은 1분 이내에 돌발상황을 검지하는 것으로 나타나 성능이 비교적 우수한 것으로 판단된다.

California #7 알고리즘과 DELOS 알고리즘은 각각 71.8%, 6.9%의 낮은 지속검지율을 나타내는데 비해 SAO 기반 알고리즘과 김상구 알고리즘은 95% 이상의 지속검지율을 보였다.

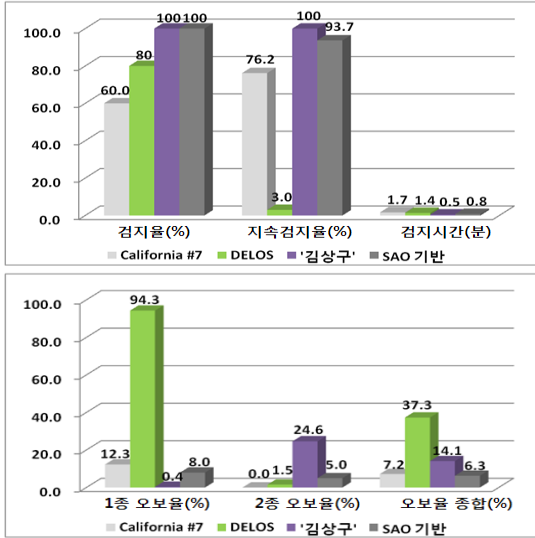
높은 검지율, 낮은 오보율, 빠른 검지시간, 높은 지속검지율 등을 고려할 때 SAO 기반 알고리즘의 성능이 가장 우수한 것으로 판단된다.

2) 이식성 검증(경부고속도로 자료)

이식성 검증 자료를 통한 성능 평가에서도 검지율, 오보율, 검지시간, 지속성 등을 비교하였다.

〈표 8〉 성능 평가척도 분석 결과 - 경부고속도로
(Table 8) DR, FAR and MTTD by AIDA - Gyeongbu exp.

구분	7번	8번	9번	10번	11번	
검지율 (%)	California #7	100	100	0	0	100
	DELOS	100	100	100	100	0
	김상구	100	100	100	100	100
	SAO 기반	100	100	100	100	100
1종 오보율 (%)	California #7	1.12	54.55	-	-	15.70
	DELOS	96.07	96.97	95.35	90.35	-
	김상구	0	0	2.33	0.88	0
	SAO 기반	4.49	9.09	23.26	14.91	2.91
2종 오보율 (%)	California #7	0	0	-	-	0
	DELOS	5.08	2.38	0.53	0.42	-
	김상구	17.60	50.00	45.21	10.98	17.65
	SAO 기반	0	0	10.11	2.85	8.82
검지시간 (분)	California #7	1.5	2.5	-	-	1.0
	DELOS	1.0	2.5	1.0	1.0	-
	김상구	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	SAO 기반	1.0	0.5	0.5	1.0	1.0



〈그림 7〉 성능 평가척도 분석결과 - 경부고속도로 (Fig. 7) DR, FAR and MTTD by AIDA - Gyeongbu exp.

SAO 기반 알고리즘과 김상구 알고리즘만이 돌발상황 5건을 모두 검지하였으며, California #7 및 DELOS 알고리즘은 각각 3건, 4건만을 검지하였다.

1종 오보율의 경우 1.12%(7번 사고)를 나타낸 California #7 알고리즘, 0~2.33%를 나타낸 김상구 알고리즘 다음으로 SAO 기반 알고리즘의 오보율 (2.91~23.26%)이 우수한 것으로 나타났다. 2종 오보율은 0%인 California #7 알고리즘이 가장 우수한 성능을 나타냈으며, 0.53%(8번 사고), 0.42%(9번 사고)의 2종 오보율을 보인 DELOS 알고리즘을 제외하곤 SAO 기반 알고리즘(0~10.11%)이 그 다음으로 우수한 것으로 분석되었다. 내부순환고속도로 자료를 바탕으로 한 분석에서와 같이 1종 오보율과 2종 오보율을 함께 고려할 때 SAO 기반 알고리즘이 가장 우수한 것으로 분석되었다.

돌발상황 검지시간도 앞선 분석 결과와 마찬가지로 김상구 알고리즘이 30초로 가장 빨랐고, SAO 기반 알고리즘은 1분 이내에 돌발상황을 검지하는 것으로 나타나 성능이 비교적 우수한 것으로 판단된다.

California #7 알고리즘과 DELOS 알고리즘은 각각 76.2%, 3.0%의 낮은 지속검지율을 나타내는데 비해 SAO 기반 알고리즘과 김상구 알고리즘은 93.7%, 100%의 지속검지율을 보였다.

이식성 검증자료 분석에서도 높은 검지율, 낮은 오보율, 빠른 검지시간, 높은 지속검지율 등을 고려할 때 SAO 기반 알고리즘의 성능이 가장 우수한 것으로 판단된다.

VI. 결론 및 향후 연구 계획

1. 결론

본 연구는 산술계산기법(SAO)을 기반으로 계산이 간결하고 필터링, 파라메타 튜닝에서 자유로우면서도 검지기 검측 값의 내재적 차이로 인한 제 문제를 극복하기 위해 새로운 AIDA를 제안하였다. 도시부와 지방부 고속도로 검지기에서 수집된 30초 기반 원시자료를 활용하였으며, 독립적인 자료군으로 알고리즘을 개발, 검증, 평가하였다.

알고리즘의 성능평가 비교 결과를 보면, 주요 지표 중 하나인 검지율의 경우, 11건의 돌발상황 모두를 검지하였고, 오보율에서도 가장 낮은 2.79~6.28%를 보였다. 검지시간도 평균 1분 이내로 우수한 성능을 나타내었으며, 지속성 분석에서도 사고 종료 시점까지 평균 98.0%의 실행동안 지속적인 경보가 나타났다.

도시고속도로에서 수집된 자료를 사용해 개발된 알고리즘이면서도 지방부 고속도로 자료에서 좋은 이식성을 보여주는 등, SAO 기반 알고리즘이 비교된 3개 알고리즘에 비해 가장 좋은 성능을 보이는 것으로 평가되었다.

2. 향후 연구과제

본 연구에서 개발된 연속류용 AIDA는 기존의 AIDA에 비해 도시고속도로나 고속국도에서 발생하는 돌발상황을 감지하는데 훨씬 유용하게 쓰일 수 있을 것이라고 기대된다. 그러나 SAO 기반 알고리즘이 교통량 수준에 따라서 임계값을 설정하여 작동되도록 구성되어진 반면, 검증을 수행한 11개 자료군에는 교통량이 적은 상태의 돌발상황이 빠져있어 이 부분에 대한 검증이 수행되지 못한 아쉬움이 있다. 또 많은 시간과 노력을 들여 정리해 낸 11

개 사고 자료군이지만 이 역시 다양한 교통량 수준, 도로 조건, 사고 상황을 대변하기에는 모자라는 점이 없지 않다.

참 고 문 헌

- [1] 최종태, 신치현, “AMT를 활용한 돌발상황자동 감지알고리즘 개발 및 성능개선 방안 연구”, 한국ITS학회, 추계학술대회논문집, 2011. 11.
- [2] 김상구 외 1명, “수정교통량-점유율 관계도를 이용한 AIDA 개발 및 평가”, 대한교통학회, 대한교통학회지, 제26권, 제4호, pp.229~239, 2008. 8.
- [3] 오주택 외 2명, “GMM을 적용한 영상처리기법의 연속류도로 AIDA 개발”, 대한교통학회, 대한교통학회지, 제28권, 제3호, pp.169~183, 2010. 6.
- [4] 허민국 외 3명, “이력패턴데이터를 이용한 돌발상황 감지알고리즘 개발”, 대한교통학회, 대한교통학회지, 제28권, 제6호, pp.7~15, 2010. 12.
- [5] 서정원, “고속도로 혼잡관리를 위한 교통정보 수집원으로서의 영상검지기과 루프검지기 비교 연구”, 경기대학교 석사학위논문, 2004. 12.
- [6] 김성수, “영상검지기간 데이터 차이 보정을 통한 돌발상황검지 알고리즘의 오보율 감소방안 연구”, 경기대학교 석사학위논문, 2005. 12.
- [7] S. Das and D. Levinson, “Queuing and Statistical Analysis of Freeway Bottleneck Formation”, *ASCE Journal of Transportation*, 2004. 11/12.
- [8] 한대철 외 3명, “ITS 시스템의 결측 자료 보정에 관한 연구”, 한국ITS학회, 추계학술대회, 2004. 11.
- [9] 이지연 외 3명, “실시간 교통량 데이터의 결측값 보정”, 한국ITS학회, 추계학술대회, 2003. 11.
- [10] Transportation Research Board, “*Highway Capacity Manual: Special Report 209*”, TRB, 1994. 12.
- [11] U.S FHWA, “*Traffic Control Systems Handbook*”, FHWA-IP-85-11, 1985. 04.

저자소개



최 종 태 (Choi, Jong-Tae)

2010년 2월 : 경기대학교 도시·교통공학 학사
 2012년 2월 : 경기대학교 도시·교통공학 석사
 2012년 2월 ~ 현 재 : 한국도로공사 도로교통연구원 과제연구원



신 치 현 (Shin, Chi-Hyun)

1993년 6월 : Polytechnic Institute of NYU(교통공학 박사)
 1993년 7월 ~ 1996년 2월 : 한국건설기술연구원 도로연구실 선임연구원
 1996년 3월 ~ 현 재 : 경기대학교 도시·교통공학과 교수



강 승 민 (Kang, Seung-Min)

1988년 2월 : 연세대학교 공과대학 건축공학과 석사
 2010년 3월 ~ 현 재 : 경기대학교 일반대학원 박사과정(도시·교통공학 전공)
 2009년 3월 ~ 현 재 : (주)유엔알텍 ITS연구소장