

<http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2013.13.4.61>

JIIBC 2013-4-9

Paramics를 이용한 APID, DELOS 평가

Performance Test of APIS, DELOS Algorithm using Paramics

남두희*

Doohee Nam

요 약 교통관리 시스템에서 돌발상황 관리시스템은 매우 중요한 역할을 차지하고 있다. 여러 종류의 알고리즘이 사용되고 있는데 이 중에서 APID, DELOS가 가장 많이 사용되고 있다. 검지알고리즘의 경우는 localization이 중요하며 교통상황에 적합한 파라미터의 검증과, 검지기 자료의 유효성 문제가 지적되고 있다. 본 논문에서는 APID, DELOS 돌발상황 검지알고리즘의 평가를 위해 방법론 및 시나리오를 구성하여 교통여건별, 시나리오별로 평가하였다. 특히, 알제리의 실제 도로망을 이용하여 평가를 진행하였다. 모든 조건을 만족하는 하나의 돌발상황 검지알고리즘을 개발한다는 것은 어려우며 각 도로 및 교통조건에 맞추어 최적의 알고리즘을 적용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

Abstract The central core of the Traffic Management System is an Incident Management System. Whole approach has been component-orientated, with a secondary emphasis being placed on the traffic characteristics at the sites. The first action taken during the development process was the selection of the required data for each components within the existing infrastructure of Algeria freeway system. After review and analysis of existing incident detection methodologies, Paramics was utilized to test the performance of APID, DELOS algorithms. The existing system of Algeria freeway was tested in a different configuration at different sections of freeway, thereby increasing the validity and scope of the overall findings. The incident detection module has been performed according to predefined system validation specifications. The Paramics simulation was done with the use of synchronous analysis, thereby providing a means for testing the incident detection module.

Key Words : incident management system, Paramics, APID, DELOS, McMaster.

1. 서 론

돌발상황관리시스템(Incident Management System: IMS)은 도로에서 발생하는 교통사고, 차량고장, 공사 등 비정상적 교통상황에 관한 정보를 실시간으로 수집·관리하고 체계적으로 대응·처리하는 서비스이다. 돌발상황으로 인한 지체를 감소시키기 위한 돌발상황의 신속한

검지, 확인 및 대응은 고속도로를 비롯한 교통관리의 중요한 요소이며, 고속도로 본래의 기능을 효과적으로 유지하기 위해서는 고속도로 교통관리 시스템 중 돌발상황 관리시스템이 매우 중요한 역할을 차지하고 있다^[1]. 돌발상황검지의 경우 국내에서는 APID, DELOS, DES 알고리즘과 McMaster를 사용하고 있으나 국내 도로 및 교통 상황에 적합한 파라미터의 충분한 검증 없이 그대로 사

*정희원, 한성대학교 정보시스템공학과 (교신저자)
접수일자 : 2013년 6월 24일, 수정완료 : 2013년 7월 25일
게재확정일자 : 2013년 8월 16일

Received: 24 June, 2013 / Revised: 25 July, 2013 /
Accepted: 16 August, 2013

*Corresponding Author: doohee@hansung.ac.kr

Dept. of Information & System Engineering, Hansung University,
Korea

용하고 있고 있고, 검지기 자료의 유효성이 낮은 점 등이 문제로 지적되고 있다^[2]. 본 논문에서는 알제리 고속도로에 처음으로 적용하기 위한 돌발상황 검지알고리즘의 평가를 위해 Paramics를 이용하여 교통여건, 시나리오별로 평가하였다.

II. Incident Detection Algorithm

기준에 연구·개발되었던 돌발상황 검지기법은 크게 패턴인식, 통계, 교통류모형, 기타 기법으로 분류되고, 패턴인식형태는 California 알고리즘, APID기법 등이 있고 S.D, Baysian, 시계열분석, 필터링모형 등의 통계기법, 교통류 이론을 이용하는 동적기법, McMaster가 있다. 이외에도 신경망, Fuzzy, AVI 등 많은 검지알고리즘 기법들이 있으나 실제 시스템으로 운영되어 활용되고 있는 알고리즘으로는 APID, DES, DELOS, McMaster 알고리즘이다^[1].

1. APID(All Purpose Incident Detection)

APID는 토론토 COMPASS 첨단교통관리시스템에 사용하기 위해 개발되었고, 여러 종류의 캘리포니아 알고리즘을 하나의 구조로 통합 발전시켜 제반 교통상황에서도 알고리즘의 적용성을 향상시킨 기법이다. 하류, 상류 두 지점의 점유율 및 속도를 비교하는 캘리포니아 알고리즘을 기본으로 하고, 추가로 압축파(Compression Wave) 검사와 지속성(Persistence) 검사를 모두 실행한다. 잠재 돌발상황이 감지되면, 압축파 검사 알고리즘으로 오류를 검증하고, 지속성 검사 알고리즘으로 짧은 교통류 변동을 돌발상황과 구분함으로써 오류를 방지하는 구조를 가지고 있다.

2. DELOS(Detection Logic with Smoothing)

짧은 지속시간을 가지는 일시적인 교통흐름의 변화를 돌발상황과 구별하기 위하여 점유율 측정치를 이동평균, 중앙값, 지수평균 등으로 평활하여 사용한다. 2개의 평활값이 사용되는데 돌발상황의 발생시점을 t 로 하였을 때 현재의 교통상태를 나타내는 $OCC_i(t+k)$ 와 돌발상황 이전의 교통상태를 나타내는 $OCC_i(t)$ 로 구성되고, k 는 평활시 사용될 데이터의 갯수를 나타내게 되며, 과거

의 교통상태는 n 개의 데이터를 평활하여 사용하게 된다. 단기간 변동(Fluctuation)에 의한 영향을 최소화 할 수 있으나 감지시간이 길고 점유율만을 이용한다.

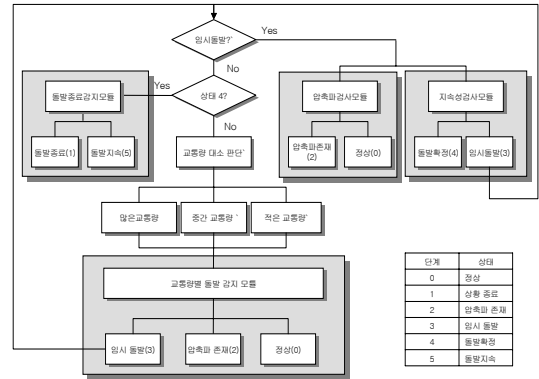


그림 1. APID Flow Chart
Fig. 1. APID Flow Chart

각각의 smoothing 방법에 따라 다음 세 가지 식(기법)을 선택하여 사용한다.

① moving average : $OCC_i(t) = \frac{1}{L} \sum_{t=0}^{L-1} O_i(t-t)$

② statistical median :

$$OCC_i(t) = \text{median}[O_i(t), O_i(t-1), \dots, O_i(t-L)]$$

③ exponential :

$$OCC_i(t) = a \cdot O_i(t) + (1-a) \cdot OCC_i(t-1)$$

III. 알고리즘 평가

1. 시뮬레이션 환경

대상지역의 검지 알고리즘을 평가하기 위한 구간은 Algeria의 대도시에 속한 대표적인 도시 고속도로로, 대도시 인접지역, 지방지역 등 교통량의 변화를 수용할 수 있는 구간, 현실적인 돌발상황을 구현하기 위하여 대상지역의 고속도로는 운전자가 돌발을 예측하지 못하는 곡선부의 형태이어야 하며, 편도 2차로, 3차로, 4차로 등 대표적인 차로수를 보유한 고속도로로 Alger시에 위치한 N5 Highway를 선정하였다. 곡선부를 포함한 약 2km*2km 영역으로 N5 Highway 시뮬레이션 구간의 길이는 약 4.5 km 이며, 중앙 분리영역이 적용된 양방향 분리 형태의 고속도로로 본선은 편도 3차로이고 진출입 램

프는 1차선으로 이루어지며 총 14개의 진출입 램프가 존재한다.



그림 2. 연구대상 지역 Algeria의 N5 Highway
Fig. 2. Algeria - N5 Highway

돌발 상황의 유형을 분류하는 기준은 돌발 지점의 교통량, 돌발 발생 편도 차로수의 2가지 조합을 이용하였다. 교통량은 Volume/Capacity 수준에 따라 대, 중, 소 등 3가지로 구분하였고, 시뮬레이션 분석값을 이용하여 차로별로 소: V/C 0.45 이하, 소: V/C 0.8 이하, 소: V/C 0.8 이상 이상으로 하였다. 돌발의 유형은 고속도로 1차로 돌발 발생과 1,2 차로 돌발 발생, 그리고 고속도로 1, 2, 3차로 전체 발생으로 구분되었다. 돌발 시간은 30분 이상 지속으로 가정하였다.

모형이 돌발상황으로 예측하였으나 실제로는 정상상태인 경우인 1종 오류와 실제로는 돌발상황이 발생하였으나 모형에서는 정상상태로 판단된 경우인 2종 오류로 나눌 수 있다. 그러나 대부분의 문헌에서는 1종 오류 즉, 모형이 돌발상황으로 예측하였으나 실제로는 정상상태인 경우만을 오보율로 정의하여 사용하고 있다. 본 연구에서 돌발상황검지 알고리즘별 수행성능을 위한 평가 MOE를 다음과 같이 정의하였다.

평균감지시간(Mean Time to Detect; MTD)= 돌발상황 발생시각과 검지시각의 차이

검지율(Detection Rate; DR)=

$$\frac{\text{검지된 돌발상황건수}}{\text{전체 돌발상황건수}} \times 100$$

오보율(False Alarm Rate)=

$$\frac{\text{전체 Alarm건수} - \text{검지된 Alarm건수}}{\text{알고리즘 수행건수} * \text{Station 개수}} \times 100$$

기존 미시적 시뮬레이션 프로그램으로는 PARAMICS, VISSIM, AIMSUN, TransModeler 등이 널리 사용되고 있으나 API 기능을 가지고 있는 PARAMICS 시뮬레이터를 사용하였다. PARAMICS는 3D 표현이 가능하며 현

실적인 도로 기하구조 표현 가능하고 돌발상황 발생지점을 링크의 한 차로의 지점으로 입력가능하다. 또한, 돌발상황 발생으로 인한 교통류 영향의 크기를 반영할 수 있으며 다양한 종류의 검지기별 Data 생성이 가능하며 반대편 교통류 영향의 고려가 가능(Rubber Necking 영향)하다.

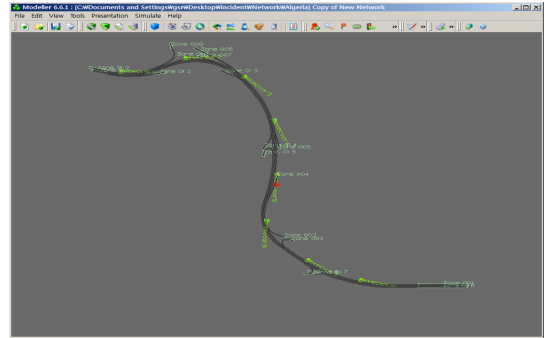


그림 3. Algeria의 N5 Highway 코딩
Fig. 3. Algeria - N5 Highway Coding

고속도로 본선의 Free Flow Speed는 100km/h로 설정되었고 램프 진입 속도는 50km/h로 설정되었다. 일반적인 고속도로 통행 운전자를 기준으로 반응/인지 시간과 차량 Headway를 설정하였다. Car following과 Lane changing 모형은 운전자 고유의 성향을 반영하는 PARAMIC 고유 모형인 Psychophysical 모형이 사용하였다. 시뮬레이션에 이용된 차량은 최대 4종으로 정의되었으며, 승용차는 전체 차량의 80%를 차지하고, 기타 차량으로 밴, 미니버스, 버스 등이 나머지 20%를 차지한다. 돌발의 위치는 상류부와 하류부 검지기 구간내에 위치하며, 돌발 발생 시간대를 중심으로 총 2시간의 정상 교통류와 돌발 교통류와의 비교 분석을 실시하였다.

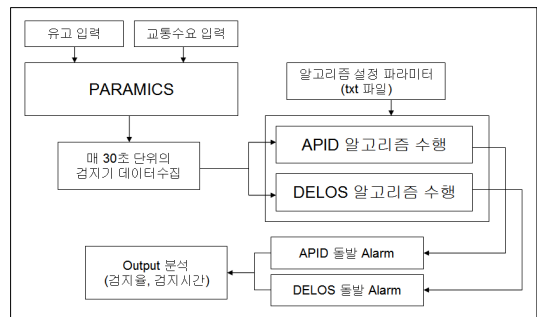


그림 4. 시뮬레이션 수행과정
Fig. 4. Flow Chart of Simulation

IV. 실험 및 결과

돌발 시뮬레이션 시나리오는 교통량 수준과 돌발 발생 차로를 포함하여 총 9개로 구성되어 있으며, 각 알고리즘 (APID 와 DELOS) 의 파라미터 조합을 포함하여 총 81번의 시뮬레이션이 수행되었다. 돌발발생시각은 시뮬레이션 시작시간은 오전 5:30분을 기준으로 시작하여 30분간의 Warm-up 시간을 가진다. 돌발은 7:00에 발생하여 30분간 지속된다. 시뮬레이션 시간은 10시30분까지 총 5시간이 설정하였다.

표 1. 시나리오별 검지기자료의 분류
Table 1. Classification of Detector Data

차로수	유형	교통량 ¹⁾	지속시간	발생차로	검지기 간격	지점 ²⁾
3	기본	대	30분	1차로	500m	350m
		중	30분	1차로	500m	350m
		소	30분	1차로	500m	350m
	기본	대	30분	1,2 차로	500m	350m
		중	30분	1,2 차로	500m	350m
		소	30분	1,2 차로	500m	350m
	기본	대	30분	1,2,3 차로	500m	350m
		중	30분	1,2,3 차로	500m	350m
		소	30분	1,2,3 차로	500m	350m

주: 1) 교통량 수준 대: $v/c > 0.8$, 중: $0.45 < v/c \leq 0.8$, 소: $v/c \leq 0.45$

주: 2) 검지기로부터의 거리

돌발상황은 고속도로 본선에 1) 고속도로 본선 1차로 돌발, 2) 고속도로 본선 2개 차로 돌발(1,2차로), 3) 고속도로 전차로 돌발 (1,2,3차로)로 구성되었다.

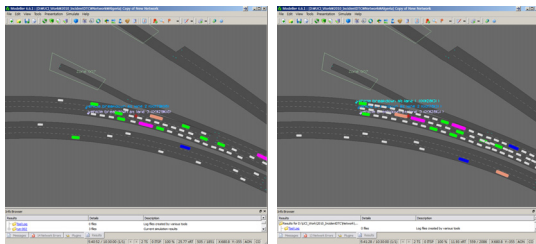


그림 5. 돌발상황 화면
Fig. 5. Incident Screen Shot

1. APID 시뮬레이션 결과

해당 검지기에서 APID 알고리즘을 수행하였을 경우

돌발상황에 대한 검지여부는 앞에서 정의된 8개의 검지기 중 3개의 검지기를 이용하여 돌발상황을 검지하여 평균 80%이상을 보여주었다. APID 알고리즘은 돌발 발생이 한 차선에 발생하는 경우, 교통량이 상대적으로 작은 경우에는 모든 파라미터에서 돌발상황을 검지하지 못하는 상황을 보여주었다. 모든 차선에 돌발을 발생시킨 경우 거의 모든 파라미터 Type에서 돌발을 검지하였으나, Type 0의 경우에는 검지하지 못하였다.

표 2. APID 결과
Table 2. Result of APID

구분유형	검지율(%)	검지시간
0	77.78%	17분30초
1	88.89%	10분4초
2	88.89%	19분30초
3	88.89%	10분4초
4	88.89%	22분34초

초기 돌발검지 시간은 실제 돌발발생 시간과 차이가 있었으며, 최소 검지시간은 2분이고 최대 검지시간은 35분을 보여주었다. 특히 교통량이 낮은 경우에는 검지 시간이 다른 시나리오에 비하여 크게 늘어난 것을 확인한 바 (31분~35분), 검지 능력이 크게 떨어지는 것으로 확인되었다.

표 3. 차로별 결과
Table 3. Result by Lane

구분유형	타입	검지율(%)	검지시간
1차로	0	66.67%	13분
	1	66.67%	10분30초
	2	66.67%	13분
	3	66.67%	10분30초
	4	66.67%	13분30초
1,2 차로	0	100%	9분10초
	1	100%	6분40초
	2	100%	9분10초
	3	100%	6분40초
	4	100%	18분20초
1,2,3 차로	0	66.67%	34분30초
	1	100%	13분10초
	2	100%	34분10초
	3	100%	13분10초
	4	100%	32분50초

교통량에 의한 평가지료는 교통량이 중간이상을 보여 주는 경우 매우 양호한 검지능력을 보여주었으나 교통량이 작은 경우, 1차로 돌발의 경우엔 돌발을 검지하지 못한 것으로 나타났다.

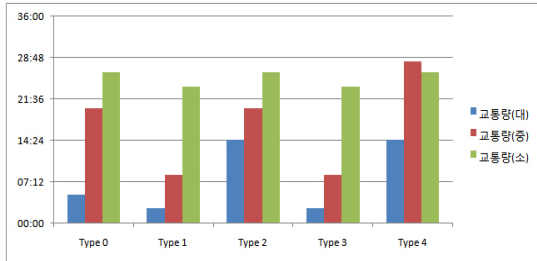


그림 6. APID 교통량 수준별 검지시간 비교
Fig. 6. Detection Time by Traffic Volume-APID

2. DELOS 알고리즘 수행결과

DELOS 알고리즘은 전체 제안된 시나리오를 통한 검지율은 86.1%로 APID와 크게 다르지 않았다. 파라미터 Type 1의 경우에는 다른 파라미터들에 비하여 현저하게 낮은 검지율을 보여주고 있으며 검지시간 또한 증가된 것으로 확인됨. 반면 파라미터 Type 2와 3의 경우 모든 경우에서 좋은 성능을 보여주었다.

표 4. DELOS
Table 4. Result of DELOS

구분유형	검지율(%)	검지시간
0	88.89%	5분30초
1	55.56%	8분6초
2	100%	3분7초
3	100%	3분37초

DELOS 알고리즘의 최소 검지시간은 1분이며 최대 검지시간은 18분으로 집계. 1차로 돌발과 상대적으로 적은 교통량에서는 검지율이 낮거나 혹은 검지 시간이 늘어남을 확인할 수 있다.

교통량에 의한 평가지료를 고려할 때, APID와 비교시 교통량이 낮은 경우에도 검지 시간도 양호한 것으로 나타났다.

DELOS는 이전시간과의 교통변수 중 점유율을 기준으로 평활화기법을 도출하고, 이전 시간의 점유율을 도출하여 그 차이를 중심으로 돌발상황 여부를 확인하는 알고리즘으로 신뢰성있는 검지기 성능과 안정적인 교통

변수 제공이 우선되어야 한다.

지점에 적합한 파라미터 설정이 어려운 문제가 있으며 지점과 각 상황에 타당한 파라미터 값을 도출하는데 주안점을 두어야 한다.

표 5. 차로별 결과
Table 5. Result by Lane

구분유형	차입	검지율(%)	검지시간
1차로	0	66.67%	10분
	1	66.67%	11분
	2	100%	6분30초
	3	100%	6분30초
1,2 차로	0	100%	5분40초
	1	100%	6분10초
	2	100%	1분50초
	3	100%	2분40초
1,2,3 차로	0	100%	2분20초
	1	0%	-
	2	100%	1분
	3	100%	1분40초

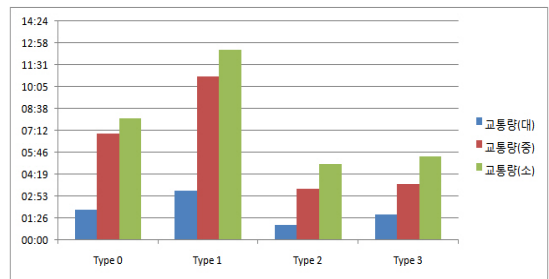


그림 7. DELOS량 수준별 검지시간 비교
Fig. 7. Detection Time by Traffic Volume-DELOS

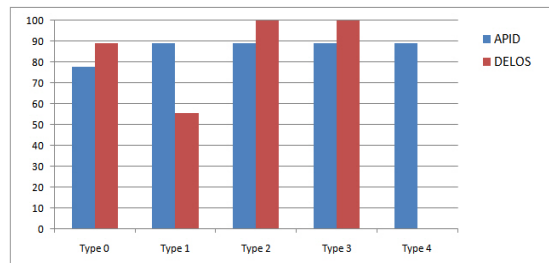


그림 8. APID, DELOS 검지율 비교
Fig. 8. Detection Rate Comparison, APID and DELOS

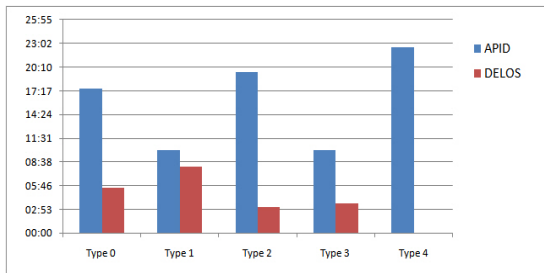


그림 9. APID, DELOS 검지시간 비교
Fig. 9. Detection Time Comparison, APID and DELOS

V. 결론

알고리즘 중 돌발상황 검지능력과 검지시간 측면에서는 두 알고리즘 모두 우수한 것으로 평가되며 평균검지 시간과 오보율 측면에서는 DELOS가 우수한 알고리즘으로 나타났다. 알고리즘들은 각 유형별 최적 파라메타 set을 검증하여야 함을 보이고 있다. 돌발상황 검지 알고리즘 개발은 교통류 분석에서 살펴본 바와 같이 개별차로 검지기 데이터 중심의 검지 알고리즘이 요구되는데 기존 알고리즘의 수행능력의 한계도 있지만 기본적으로 검지기 자료의 신뢰성 확보가 필요하며, 알제리의 고속도로에 적용하기 위해서는 1분 이상의 집계간격 검지기 자료를 이용하는 것이 바람직할 수 있다. 향후, 다양한 교통조건에서의 알고리즘 평가가 필요하다.

References

- [1] D. Nam et al. "Test of Incident Detection Algorithms", Journal of Transportation Studies, Vol. 22, No. 7, 12/ 2004
- [2] KHC, "Algorithm for Freeway Management System," Final Report, 2000
- [3] Abdulhai, Baher and Ritchie, Stephen G.(1999) Enhancing the universality and transferability of freeway incident detection using a Bayesian-based neural network, Transportation Research Part C, Vol. 7
- [4] Dia, Hussein and Rose, Geoff(1997) Development and evaluation of neural network freeway incident detection models using field data, Transportation

Research Part C, Vol. 5C

- [5] Gall, Ana L, and Hall, Fred L.(1989) Distinguishing between incident congestion and recurrent congestion: a proposed logic, Transportation Research Record 1232
- [6] Persaud, Bhagwant N., and Hall, Fred L.(1989) Catastrophe theory and patterns in 30-second freeway traffic data - implications for incident detection, Transportation Research Part A, Vol. 23A

저자 소개

남 두 희(정회원)



- Univ. of Washington 공학박사
- 경력
한성대학교 정보시스템공학과 교수
미국 워싱턴주 교통계획 감독관
한국교통연구원 책임연구원
<주관심분야 : ITS기술, U-City, 통방 융합기술>