

퍼지 논리와 패턴을 이용한 유고감지 알고리즘

홍남관, 최진우, 양영규
경원대학교 전자계산학과
e-mail:madoyo78@paran.com, cjw49@paran.com,
ykyang@kyungwon.ac.kr

Incident Detection Algorithm using Fuzzy Logic and Pattern

Nam Kwan Hong, Jin Woo Choi, Young Kyu Yang
Dept of Computer Science, Kyung-Won University

요 약

유고란 도로상에서 교통량의 주기적인 집중에 의한 혼잡과는 구별되는 개념으로 교통사고, 도로보수 그리고 자연재해와 같은 비 반복적인 정체의 상황을 일컫는다. 이러한 유고는 막대한 통행시간이 추가로 발생하고 연료소모, 환경피해 등의 문제가 발생하므로 이러한 교통손실을 최소화하기 위하여 자동 유고감지 알고리즘의 개발이 필수적이다. 이를 위하여 현재 다양한 검지기에서 수집된 교통 데이터를 바탕으로 유고를 감지하는 연구가 많이 진행되고 있다. 본 논문에서는 각종 유고 상황을 인지하여 제 2의 사고를 예방할 수 있는 효율적인 유고감지 알고리즘을 개발하기 위하여 퍼지논리와 패턴을 함께 사용하였다. 먼저 퍼지논리와 패턴에 사용되는 데이터는 루프 검지기에서 5분 마다 수집된 교통정보(교통량, 점유율, 속도)를 이용하였다. 교통정보를 이용하여 구축된 요일 및 시간대별 패턴과 함께 퍼지논리를 이용하여 도출된 유고 소속도를 가지고 유고를 감지하였다.

1. 서론

교통 수요의 증가로 인하여 날로 심각해져 가고 있는 교통문제 전반을 해결하기 위하여 현재 지능형교통시스템(Intelligent Transportation System, ITS)에 대한 연구가 진행 중이며, 이러한 지능형 교통 시스템에서 가장 중점을 두고 추진되는 사항은 교통 혼잡을 완화 하는 것이다[1]. 이러한 교통 혼잡을 발생시키는 원인은 크게 차량의 과포화 교통량으로 인한 반복적인 정체와 각종 도로상의 공사, 사고, 차량의 고장, 자연재해와 같은 비반복 정체로 나누어질 수 있다. 이중 비반복 정체의 상황을 유고라 한다. 유고는 고속도로나 간선도로 상에서 정체의 주요 요인으로 교통류의 정상흐름을 와해시켜 도로의 유효용량 감소와 함께 대기 오염, 이차적 사고 유발의 잠재력을 포함한 도로 안전 여건 저하 등과 같은 사회에 경제적 손실과 같은 부가적인 수요의 증가를 초래한다[2]. 이러한 악영향을 제거하기 위하여 유고상황의 영향을 최소화하고 유고상황을 신속

하게 대응할 수 있는 효율적인 자동유고감지 알고리즘을 필요로 한다.

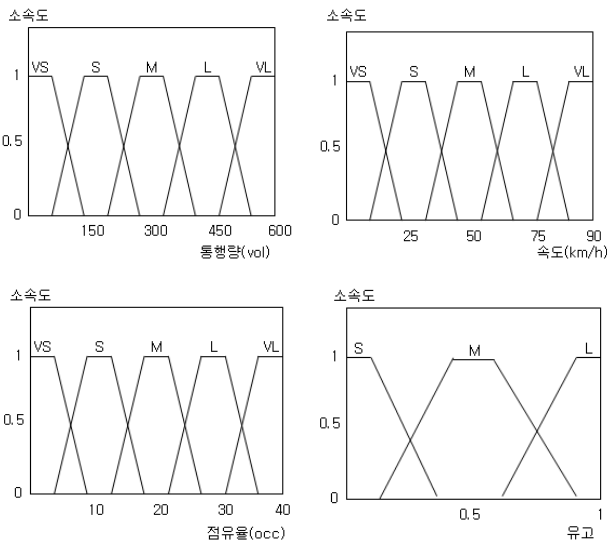
현재까지 유고 검지 알고리즘에 대한 연구는 패턴인식, 통계적 기법, 시계열 계열과 필터링을 이용한 기법 등 다양한 알고리즘들이 소개가 되었다. 최근에는 이전의 유고감지 알고리즘들이 가지고 있었던 문제점들을 해결한 첨단 유고검지 기법인 퍼지논리와 신경망을 이용한 기법들을 이용한 알고리즘의 연구가 활발히 진행 중에 있다[3][4][5][6]. 본 연구에서는 퍼지 논리와 패턴을 기반으로 자동 유고감지 알고리즘을 개발하겠으며, 알고리즘에 사용되는 데이터는 루프검지기를 통하여 5분 마다 수집된 교통정보(속도, 점유율, 교통량)와 CCTV를 통하여 수집된 유고데이터를 활용하겠다.

2. 유고 감지를 위한 퍼지 논리

퍼지 논리는 미국 버클리대 L.A.Zadeh교수의 "퍼지집합(fuzzy set)"에 기초를 두고 있다[7]. 퍼지집합

은 0과 1사이의 임의 실수값을 갖는 집합으로서 ‘불확실 시스템’ 또는 ‘개략적 추론’ 등과 같이 수학적으로 모형화가 어려운 시스템의 규명 방법으로 각광받고 있다. 유고검지를 하기 위한 퍼지추론 엔진을 가동하기 위해서는 먼저 소속함수(membership)와 기본규칙(rule base)을 구성해야 한다.

기본규칙의 한 예로 소속함수는 (그림 1)과 같은 x-y 그래프로 표현되는데, 여기서 x축은 변수, y축은 소속정도를 나타내며, 소속정도는 0과 1사이의 값을 갖는다.



(그림 1) 각 변수에 대한 소속함수

퍼지의 기본규칙은 아래와 같이 입력값과 출력값 사이의 관계를 묘사하는 “IF-THEN”과 같은 세트의 규칙들로 구성되며, IF절은 선행조건, THEN절은 결과이다.

Rule 1 : IF 통행량(VS) and 속도(VS) and 점유율(VL) THEN 유고(L) ……

Rule 125 : IF 통행량(VL) and 속도(VL) and 점유율(VS) THEN 유고(S)

유고가 발생할 확률은 통행량 및 속도와는 반비례관계이며 점유율과는 비례관계라는 것을 퍼지룰을 보면 알 수 있을 것이다. 유고 소속도를 구하기 위한 퍼지 규칙은 max-min규칙을 적용하였고 비퍼지화 방법으로는 무게 중심값을 사용하였다. 여기서 유고 소속도란 유고가 발생할 확률을 말하며 0~1사이의 값을 가지며 ‘1’에 가까울수록 유고가 발생할 확률이 높다는 것을 말한다.

루프검지를 통하여 수집된 통행량, 속도, 점유율 데이터에 따라 디퍼지화를 통하여 유고 소속도를 구

할 수 있다. 결과값인 유고 소속도는 유고감지 모형에서 패턴과 함께 활용되어 유고를 판단하는 중요한 기준이 된다.

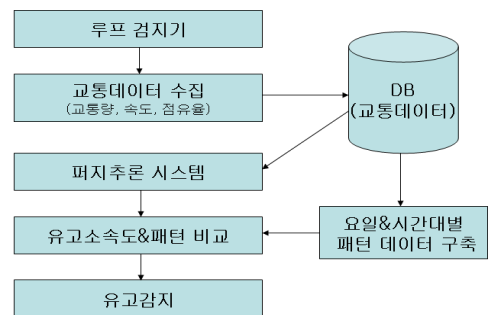
3. 모형의 설정

이 모형의 목표는 퍼지 논리 시스템 및 패턴을 이용하여 유고를 감지하는 것이다. 퍼지 논리 시스템 및 패턴에 사용되는 교통 데이터는 서울시 내부 순환로에 있는 성산램프에서 정릉터널입구까지 총 5개의 루프 검지기(성산램프→연희램프, 연희램프→홍제램프, 홍제램프→홍은램프, 홍은램프→홍지문터널입구, 홍지문터널입구→정릉터널입구)에서 수집된다. 기간은 2005년 9월 1일(목)부터 2005년 11월 30(수)까지 총 3달간의 데이터이며, 데이터의 종류는 루프검지기에서 5분마다 수집된 차량의 통행량, 속도, 점유율이다. (그림 2)은 수집된 지역을 나타낸다.



(그림 2) 서울시 내부 순환로

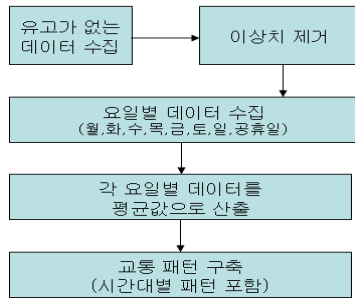
유고감지 모형의 흐름을 살펴보면 (그림 3)와 같다.



(그림 3) 모형의 흐름도

먼저 교통 데이터를 퍼지 논리 시스템을 통하여 유고 소속도를 구하게 된다. 여기서 유고 소속도의 값은 0에서 1사이의 값을 가지게 되며 유고 소속도는 패턴과 함께 유고를 판단하는데 있어서 매우 중요하게 사용된다. 패턴 구축은 수집된 교통 데이터

중 유고가 없는 데이터를 이용하며 패턴을 구축하는 과정을 살펴보면 (그림 4)와 같다.



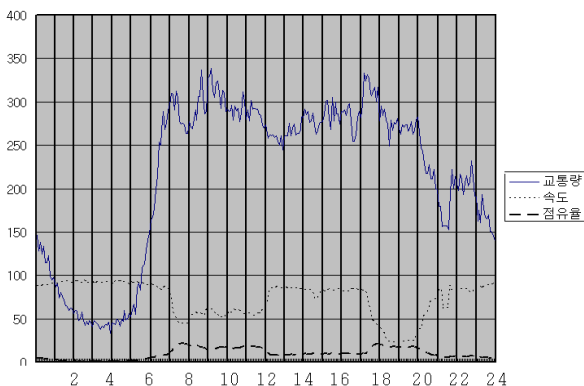
(그림 4) 패턴 구축 흐름도

(그림 4)에서 보는바와 같이 먼저 유고가 없는 교통 데이터를 수집한 후 데이터 중 루프검지기의 오류로 인해서 '0'으로 수집된 데이터들의 이상치를 제거하게 된다. 이상치를 제거하는 방법은 '0'으로 수집된 시간대에서 전·후 5분간의 데이터들의 합의 평균값을 구하여 데이터를 입력하게 된다. 이상치를 제거한 후 요일별 패턴을 구축하게 되는데, 요일별 패턴을 구하는 식은 다음과 같다.

$$\text{요일별 패턴 데이터} = \frac{\sum 5\text{분단위 요일별 데이터}}{\text{데이터 수집 일}}$$

(그림 5)는 위에서 홍제램프→홍은램프 구간에서 수집된 3달동안의 월요일 및 시간대별 패턴을 보여 주고 있다.

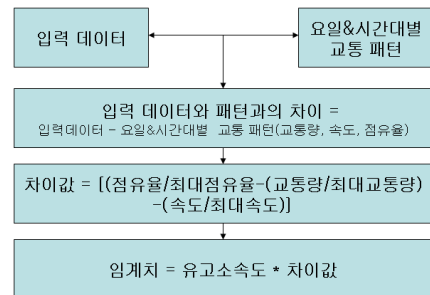
요일별 패턴 데이터 : 홍제램프→홍은램프(월요일)



(그림 5) 월요일 및 시간대별 패턴 (홍제램프→홍은램프)

패턴에는 요일별 및 시간대별 패턴까지 포함 되어 있다. 패턴을 살펴보면 새벽시간대에는 교통량이 매우 적어지지만 속도와 점유율에는 큰 변화가 없음

을 알 수 있다. 또한 출/퇴근시간대(7시~11시/18시~22시)는 갑자기 교통량이 증가함과 동시에 속도는 줄어 들고 점유율이 증가하고 있다. 이러한 패턴은 평일에는 거의 비슷한 패턴을 보이지만 토요일의 경우 12시~24시까지 항상 속도가 느리고 점유율이 높았으며 공휴일의 경우는 속도와 점유율의 변화가 거의 없었다. 이러한 요일 및 시간대별로 패턴의 변화가 있는 패턴을 유고검지 모형에 활용할 경우 퍼지 논리만을 이용할 때 보다 더욱 향상된 결과를 도출할 수 있다. 패턴을 활용한 유고기준 임계치 흐름도는 (그림 5)와 같다.



(그림 5) 유고기준 임계치 흐름도

(그림 5)에서 차이값을 구하는 과정에서 교통량과 속도의 결과 값을 뺀 이유는 교통량과 속도는 유고와 반비례이기 때문이다. 유고를 판별하는 임계치는 유고 소속도와 차이값을 곱하여 구하게 된다. 여기서 임계치의 설정에 따라 유고를 판단하는 기준이 다르게 되므로 임계치의 설정은 매우 중요하다. 이 논문에서는 임계치를 0.8로 설정하였다.

4. 제안된 모형의 성능 평가

제안된 모형의 성능 평가는 유고의 감지율 (Detection Rate, DR)과 오감지율(False Alarm Rate, FAR)에 의해서 평가된다. 실험에서, 입력 값으로 유고 소속도와 입력 데이터와 구축된 패턴 데이터와의 차이값을 활용하며 또한 임계치 설정과 같은 조건들을 달리하여 감지율)과 오감지율을 평가한다. 유고감지의 감지율과 오감지율은 다음과 같다.

$$DR = (Nda / Nta) \times 100\%$$

$$FAR = (Ntd - Nda) / Ntd \times 100\%$$

Nda는 실제 발견된 유고의 수, Nta는 실제 유고의 총 수, Ntd는 감지된 모든 유고의 수이다. 여기서 감지율은 특정 시간동안 실제로 발생한 유고중에

유고감지 알고리즘에 수행에 의해 감지된 유고의 비율을 나타낸다. 오감지율은 유고감지 알고리즘이 감지한 유고 중 잘못된 유고감지의 비율을 말한다. 패턴 데이터를 이용하였을 때의 우수성을 입증하기 위하여 실제로 퍼지추론 시스템 및 패턴을 이용한 알고리즘과 퍼지 논리 시스템만을 이용한 알고리즘의 유고 감지율 및 오감지율을 알기 위하여 실제로 총 167건의 유고가 발생한 데이터를 입력하였으며 임계치가 0.8을 넘을 경우 유고로 판별하였으며 그 결과는 아래의 <표 1, 2>와 같다.

<표 1> 퍼지 논리 및 패턴을 이용한 유고 감지율 및 오감지율

구간	유고발생횟수	감지율	오감지율
성산램프→연희램프	14건	12건(86%)	2건
연희램프→홍제램프	40건	35건(88%)	3건
홍제램프→홍은램프	40건	34건(85%)	2건
홍은램프 →홍지문터널입구	13건	11건(85%)	2건
홍지문터널입구 →정릉터널입구	60건	52건(87%)	2건

<표 2> 퍼지 논리를 이용한 유고 감지율 및 오감지율

구간	유고발생횟수	감지율	오감지율
성산램프→연희램프	14건	12건(86%)	11건
연희램프→홍제램프	40건	37건(93%)	13건
홍제램프→홍은램프	40건	36건(90%)	10건
홍은램프 →홍지문터널입구	13건	10건(77%)	9건
홍지문터널입구 →정릉터널입구	60건	53건(88%)	13건

<표 1, 2>의 결과를 살펴보면 퍼지 논리를 이용한 알고리즘이 퍼지 논리 및 패턴을 이용한 알고리즘보다 감지율이 높지만 오감지율이 매우 높은 것으로 나타났다. 이와 같은 이유는 퍼지 논리만을 이용한 알고리즘의 경우 요일 및 시간대별 패턴을 무시하고 단순히 교통량, 속도, 점유율만을 가지고 유고를 판단하였기 때문이다. 반면에 교통패턴을 함께 이용할 경우 감지율은 조금 낮았지만 오감지율이 크게 줄어들어 더욱 효율적인 유고감지 알고리즘이라는 것을 알 수 있다.

5. 결론

본 논문은 퍼지추론 및 패턴을 이용한 유고검지

모형을 제시하였다. 결과를 살펴보면 퍼지 이론만을 이용한 알고리즘보다 퍼지 이론 및 패턴자료를 함께 이용한 알고리즘이 오감지율에 있어서 더욱 향상된 결과가 나타난 것을 확인하였다. 향후에는 더욱 향상된 패턴 자료를 구축하여, 반복적 정제 상황과 유고 상황과의 분류를 하는 새로운 입력 자료를 추가하여, 더욱 성능을 향상 시킬 수 있을 것이라 생각한다. 이외에도 앞 뒤 링크에서의 유고상황으로 인한 해당 링크의 패턴과 기상 조건과 도로의 특성과 같은 기타 변수들도 고려할 때 더욱 정확한 유고 검지 모형이 될 수 있을 것이라 생각한다. 마지막으로 임계치의 설정에 따라 유고를 판단하는 기준에 다르게 되므로 임계치에 관한 연구를 할 경우 더욱 향상된 유고 감지 모형을 만들 수 있을것이라 생각한다.

사사

"본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음" (IITA-2005-C1090-0502-0009)

참고문헌

[1] 배상훈. "우리나라 지능형 교통체계 부문의 산업화 전략." 교통개발 연구원 1st, 2000.
 [2] 박창호, 전경수 외 10명, "교통공학 개론", 2000.
 [3] D.Srinivasan, Xin Jin, R.L.Cheu. "Evaluation of adaptive neural network models for freeway incident detection." IEEE Trans on ITS, 5(1):pp. 1~11, 2004.03.
 [4] Khan, S.I, and S.G. Ritchie, "Incident Detection on Surface Streets Using Artificial Neural Networks." Proceedings of the Int'l Conference on Advanced Technologies in Transportation and Traffic Management, Singapore, pp. 261-268, 1994.03.
 [5] Sherif S. Ishak, Haitam M. Al-Deek, "Application of Artificial Neural Networks to Freeway Incident Detection", I.T.S. 3rd World Congress, 1996.5.
 [6] Lee, S. "Fuzzy Logic Based Incident Detection for Paired Intersections," Ph.D.Dissertation, Texas A&M University, 1995.
 [7] L.A.Zadeh, "fuzzy logic," IEEE Comput. Mag., pp. 83-93, 1988.