

퍼지논리 및 GPS정보를 이용한 링크통행속도의 예측

Fuzzy Logic Based Prediction of Link Travel Velocity Using GPS Information

정우진* · 이종수** · 고진웅*** · 박평수****

Woojin Jhong, Jongsoo Lee, Jinwoong Ko and Pyongssoo Park

* 연세대학교 대학원 기계공학과

** 연세대학교 기계공학부

*** 하나로통신(株) 신기술사업실

**** 하나로통신(株) 무선기획팀

요 약

지능형교통정보시스템에 있어서 적절한 교통량 분산을 통한 교통망의 제어 및 정확한 주행정보의 제공을 위해 현재의 교통상황 또는 링크통행정보를 정확히 판단하고 평가할 수 있는 알고리즘의 개발이 필요하다. 본 논문에서는 퍼지추론시스템을 적용하여 보다 합리적으로 링크통행속도를 판단할 수 있는 알고리즘을 제안한다. 교통상황을 특징짓는 세 가지 요인으로 시간, 요일, 속도를 선정하였고 이를 퍼지변수로 표현하여 링크통행속도의 예측을 위한 적절한 퍼지규칙을 선정하였다. 본 논문에서는 실제 주행실험을 통해 얻은 차량의 GPS정보만을 사용하였다. 취득한 GPS정보 중에서 신뢰도가 높은 데이터만을 선택하여 도로통행속도를 계산하였고 퍼지추론의 과정을 통해 링크주행속도를 예측하였다.

Abstract

It is essential to develop an algorithm for the estimate of link travel velocity and for the supply and control of travel information in the context of intelligent transportation information system. The paper proposes the fuzzy logic based prediction of link travel velocity. Three factors such as time, date and velocity are considered as major components to represent the travel situation. In the fuzzy modeling, those factors were expressed by fuzzy membership functions. We acquire position/velocity data through GPS antenna with PDA embedded probe vehicles. The link travel velocity is calculated using refined GPS data and the prediction results are compared with actual data for its accuracy.

Key Words : 지능형 교통 시스템, 위성 항법 시스템, 퍼지 추론 시스템, 링크통행속도, 교통상황

1. 서 론

최근에 자동차수의 급속한 증가로 교통혼잡비용이 GNP의 3.3%에 육박하고 있고 해마다 기하급수적으로 증가하고 있는 실정이다. 이러한 사회적 낭비를 막고 교통문제 전반을 해결하기 위하여 지능형 교통시스템(intelligent transportation system, ITS)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 지능형 교통시스템은 첨단교통관리분야, 첨단교통정보분야, 첨단대중교통분야, 첨단화물운송분야 그리고 첨단차량 및 도로분야로 구성되어 있다[1]. 그 중 첨단교통관리분야, 첨단교통정보분야 그리고 첨단화물운송분야는 교통혼잡비용에 직접적인 영향을 미치는 세부분야이다. 이에 교통상황의 정확한 판단은 이 세부분야의 기초자료로써 선행되어야 한다.

기존에는 교통상황을 판단하기 위하여 다수의 검지장비를 이용하여 교통정보를 수집하고 수집된 정보를 가공하는데 역점을 뒀지만 이것은 초기투자 및 유지보수비용이 과다하게 소요되고 계산부하가 많다는 단점이 있다. 루프검지기(loop detector), 비콘(beacon) 그리고 CCTV 등과 같은 검지장비를 사용하여 교통정보를 수집하는 방법은 고정된 검지장비이기 때문에 교통정보를 수집해야하는 지역범위가 넓은 경우 많은 수의 검지장비를 설치 해야 한다. 위성항법시스템(global positioning system, GPS)은 교통정보를 수집하는 측에서 투자비용을 들이지 않아도 GPS를 장착한 차량이 증가함에 따라 자연스럽게 인프라의 증가를 유도할 수 있고 이러한 인프라의 증가는 수집되는 정보의 신뢰도를 향상시킬 수 있다.

본 논문에서는 검지장비로 비교적 초기투자 및 유지보수비용이 적은 GPS만을 사용하여 교통상황을 판단할 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 즉, 교통상황을 판단하고자 하는 지역을 모델링하고 위성항법시스템으로부터 수집한 속도정보와 시간과 요일정보를 가공하여 교통상황을 판단한다. 그러나 하나의 검지장비만을 사용하고 GPS의 기계적인 오차 때문에 수반될 수 있는 교통정보의 낮은 신뢰도를 속도정보 뿐

접수일자 : 2003년 5월 1일

완료일자 : 2003년 6월 4일

본 연구는 하나로통신(주) 연구프로젝트에 의해 일부 지원 받았습니다.

만 아니라 시간과 요일을 고려한 퍼지 추론시스템에 적용함으로써 보완 할 수 있도록 하였다. 사람이 교통상황을 판단하는 과정을 모사하여 속도, 시간 그리고 요일정보를 고려하여 보다 합리적인 교통상황을 판단하였다. 계산된 교통상황은 0~1사이의 값으로 이를 역산하여 최종적으로는 교통상황을 속도로 환산하였고 이는 링크통행속도를 나타낸다. 마지막으로 계산부하를 고려하여 GPS로부터 수집되는 속도정보의 최적 정보갱신주기를 제시하였다[2][3].

2. 교통정보 수집 및 도로 모델링

2.1 교통정보 수집

교통정보는 PDA에 GPS안테나를 장착하여 일산 신도시 지역을 실차 주행하면서 수집하였고 사용한 실험장비(PDA와 GPS안테나)의 사양은 다음과 같다.

- CPU: Intel Strong Arm (206MHz)
- O/S: WinCE 3.0(HPC)
- ROM/RAM: 32MHz
- GPS: RoyalTeK(RGM-2000)

실험내용은 일산 신도시지역을 2003년 2월 26일~28일 3일간 하루에 6시간씩 장비3대를 각각 택시에 장착하고 실험하였다. 수집된 GPS정보는 텍스트형식으로 GPS안테나 활성화 여부, 날짜, 시간, 위도, 경도, 차량속도, 방향 정보로써 1초단위로 업 데이터하면서 수집하였다.

2.2 도로 모델링

비교적 도로상황이 양호한 일산 신도시 지역을 모델링 하였다. 그림 1과 같이 도로를 링크로 교차로를 노드로 표현했을 때 링크 70개 노드 22개의 도로를 모델링 하였다. 또한, 3차로 이상의 도로만을 고려하였고 노드와 노드 사이의 링크를 단일 링크로 모델링한 것이 아니라 상 하행 선을 구분하였다.

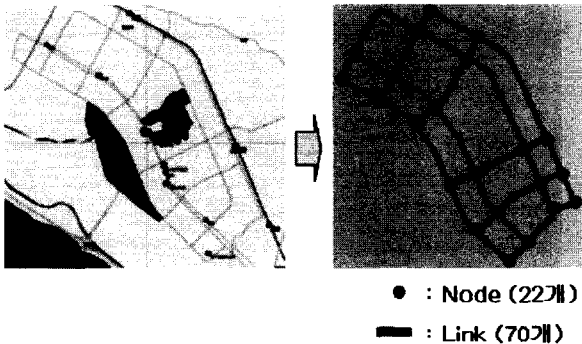


그림 1. 도로 모델링
Fig. 1. Modeling of target map

3. 차량의 위치 및 링크통행속도 판단

수집한 차량속도를 링크통행속도 판단 알고리즘에 적용하기 위해서는 교통정보 수집 장비를 장착한 차량이 어떤 도로를 지나갔는지 판단하는 것이 선행되어야 한다. 우선 위치신뢰 구간을 적용하여 차량이 어떤 노드(교차로)에 위치해 있

는지 판단하고 이를 기반으로 어떤 링크(도로)를 지나갔는지 판단한다.

3.1 위치신뢰 구간을 적용한 차량의 소속노드 판단

GPS의 기계적인 오차를 고려하여 각 노드(교차로)마다 위치신뢰 구간(R)을 적용하였고 지리정보 시스템을 이용하여 각 교차로의 위도, 경도 좌표를 설정하였다. 설정된 위도, 경도 좌표와 위치신뢰 구간을 이용하여 차량이 어떤 노드에 있는지 판단하였다.[3][5] 이에 대한 예를 그림 2에 나타내었다.

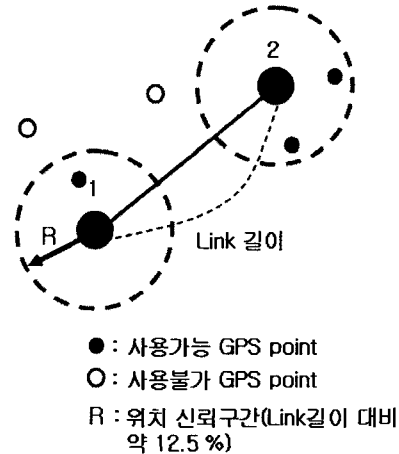


그림 2. 위치신뢰구간을 고려한 GPS정보의 사용가능여부 및 소속노드 판별

Fig. 2. Judgment of available GPS data and node ID

3.2 차량의 위치판단

그림 2에 보이는 바와 같이 각 노드마다 위치신뢰구간(R)을 적용하여 차량이 어떤 노드를 지나갔는지 판단하고 노드와 노드사이의 상관관계를 고려하여 차량의 위치를 파악하였다[7].

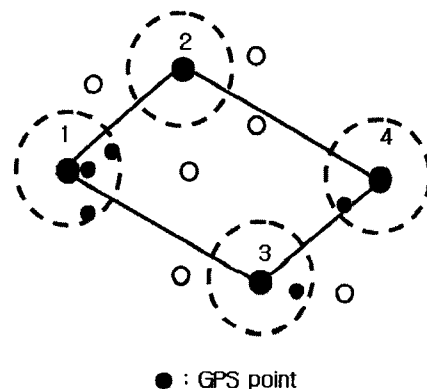


그림 3. 차량의 위치판단 예
Fig. 3. Judgment of vehicle position

그림 3은 각 노드마다 위치신뢰 구간(R)을 적용한 도로를 교통정보 수집장비를 장착한 차량이 2, 4, 3, 1번 노드 순서

로 주행을 했을 때 수집된 GPS좌표이다. 그림에서 알 수 있듯이 2번 노드에서는 수집된 GPS정보 모두 위치신뢰 구간 (R)을 벗어났고 이는 차량이 2번 노드를 지나지 않은 결과를 보인다. 즉, 차량의 위치판단 알고리즘을 적용하면 차량이 4, 3, 1번 노드를 지나간 것으로 판단된다.

3.3 링크통행속도 판단

링크통행속도는 해당도로를 통과할 수 있는 속도이고 GPS로부터 수집한 실시간 차량의 속도정보를 그림 4에 보인바와 같이 식 (1)과 식 (2)를 사용하여 계산하였다. 식 (1)은 링크통행 시간과 링크거리를 사용하여 계산한 링크통행속도 (V_C)이고 식 (2)는 GPS로부터 수집한 속도정보를 평균한 링크통행속도 (V_G)이다. V_C 는 비교적 GPS정보에 독립적이므로 기준링크통행속도로 설정하였다. 링크통행 속도 (V_P)는 V_C 를 시간과 요일 그리고 속도를 고려한 퍼지추론 시스템에 속도 향으로써 적용하여 계산하였다.

$$V_C = \frac{\text{링크거리}(x)}{\text{링크통행시간}(t)} \tag{1}$$

$$V_G = \frac{\sum \text{GPS로부터 수집된 속도정보}}{\text{동일링크내에서 수집된 GPS개수}} \tag{2}$$

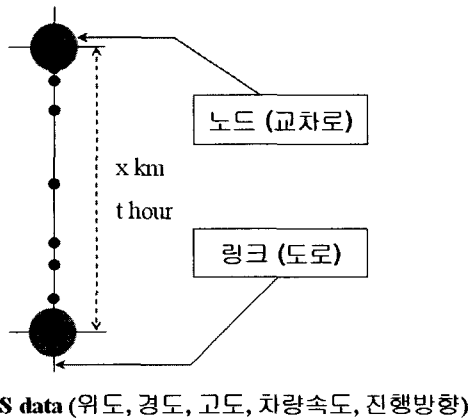


그림 4. 링크통행속도 계산 방법
Fig. 4. Computing method of link travel velocity

4. 퍼지추론 시스템

퍼지 추론시스템은 동 특성이 강하고 적절한 지배방정식이 없는 시스템을 해석하는데 적합하여 교통상황과 같은 외란 인자가 많고 비선형성이 강한 시스템에 적합하다고 판단하였다. 교통상황을 판단하는데 가장 중요한 인자로서 시간, 요일 그리고 속도정보를 설정하였고 이 세 가지 요인을 소속함수화 하고 적절한 규칙에 적용하여 0~1사이의 값을 추출하였다. 이는 물리적인 의미가 없는 값으로써 실사용자에게는 이 값을 역산하여 해당 링크의 통행속도를 예측하였다.

4.1 소속 함수

전건부의 소속함수로는 시간, 요일 그리고 속도를 선정하였고 요일을 제외하고는 벨 모양(bell type)소속함수를 사용하였다. 속도에 대한 소속함수는 저속에서부터 고속까지 5단

계로 구분하였고 그림 5와 같이 0kmph에서부터 최대 100kmph로 구성하였다. 시간은 출/퇴근, 오후, 새벽시간으로 구분하였고 그림 6과 같다. 마지막으로 요일은 시간, 속도처럼 연속적인 변화를 갖는 변수가 아니기 때문에 월, 화, 수, 목, 금, 토, 일 뿐만 아니라 공휴일을 구분하여 그림 7과 같이 구성하였다. 각 요일에 대한 특성을 정체가 심한 요일, 비교적 소통이 원활한 요일과 소통이 원활한 요일로 정의하였다.

후건부의 소속함수는 그림 8과 같이 정체에서부터 소통원활 까지 다섯 단계로 구성하였고 전건부와 마찬가지로 벨 모양(bell type) 소속함수를 사용하였다.

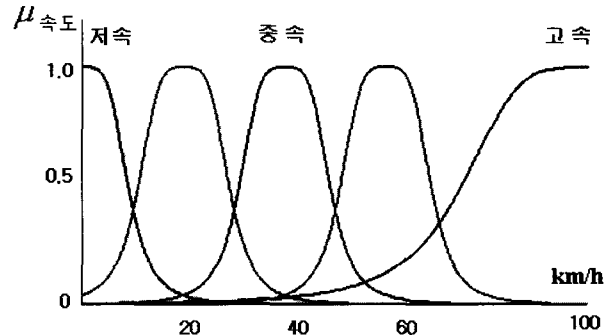


그림 5. 속도에 대한 소속함수
Fig. 5. Membership function of Velocity

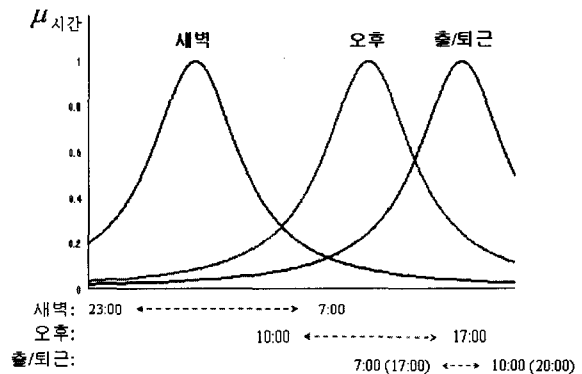


그림 6. 시간에 대한 소속함수
Fig. 6. Membership function of Time

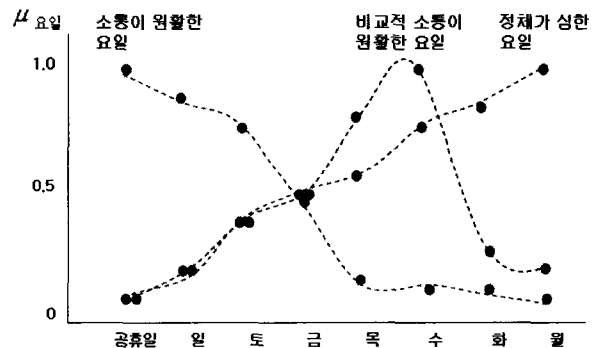


그림 7. 요일에 대한 소속함수
Fig. 7. Membership function of Date

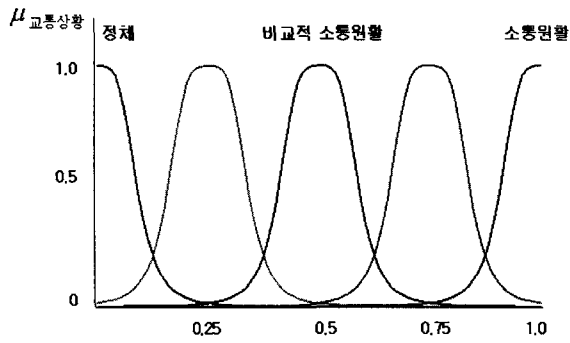


그림 8. 교통상황에 대한 소속함수
Fig. 8. Membership function of Traffic status

4.2 퍼지 규칙

사람은 교통상황을 판단 및 예측할 때 속도뿐만 아니라 시간과 요일을 고려한다. 예를 들어 "월요일 출근시간에는 막힐 것이다." 혹은 "공휴일 새벽시간에는 소통이 원활할 것이다."등이 그것이다. 이를 모사하여 다음과 같은 규칙을 생성하였다.

Rule 1 : IF 출근시간 and 정체가심한요일
and 저속의차량속도 THEN 정체.

⋮

Rule 45 : IF 새벽시간 and 소통이원활한요일
and 고속의차량속도 THEN 소통원활.

흔히 통용되는 max-min규칙을 적용하였고 비퍼지화 방법으로는 면적중심법(centroid of area, COA)을 사용하였다 [4].

5. 링크통행속도 예측 결과

링크통행속도 예측 알고리즘은 그림 9에 보이는바와 같이 GPS로부터 수집한 차량의 속도정보를 사용하여 해당 도로의 통과속도를 계산하고 이를 퍼지 추론시스템에 적용함으로써 링크통행속도를 예측한다. 퍼지추론 시스템을 통한 교통상황은 0~1사이의 값이므로 이를 다시

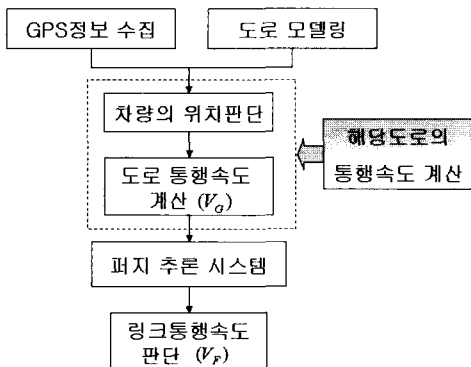


그림 9. 링크통행속도 예측 알고리즘 흐름도
Fig. 9. Flow chart of link travel velocity estimating algorithm

링크통행속도로 변환하였다. 표 1은 식 (1)과 식 (2)에 2003년 2월 28일(금요일) 오후 7시 30분에 5분간 GPS를 통해 수집한 차량의 속도정보를 사용하여 계산된 결과를 나타내었다. 02, 03, 05, 08번 링크는 V_C (링크통과 시간, 링크거리를 사용한 링크통과 속도)와 V_G (GPS로부터 수집된 차량의 속도정보를 평균)가 5 km/h이상의 차이가 나고 특히 02, 05, 08번 링크는 10 km/h이상 차이가 나는 것을 알 수 있다. 이는 GPS를 통해 정보를 수집하는 과정에서 수반되는 기계적인 오차와 업데이트 주기를 아무리 빨리 해도 연속적이지 못한 데이터 수집에서 기인한 오차라고 판단한다.

표 1. 링크 통행속도(2월 28일 오후7시30~35분).
Table 1. Link travel velocity.

링크	V_C (km/h)	V_G (km/h)
01	27.6	27.9
02	18.4	4.8
03	32.3	41.6
04	31.7	35.8
05	43.9	33.2
06	20.5	16.6
07	22.0	20.9
08	39.9	20.2
09	21.9	22.7

5.1 퍼지 추론시스템을 이용한 링크통행 시간

링크통행시간과 링크거리를 사용하여 계산한 링크통행속도 (V_C)와 GPS로부터 수집한 차량의 속도정보를 평균한 링크통행속도 (V_G) 그리고 V_G 를 제안하는 퍼지추론 시스템에 적용한 결과 (V_F)를 표 2에 나타내었다.

표 2. 링크통행속도 비교.
Table 2. Comparison with each link travel velocity.

링크	V_C (km/h)	V_G (km/h)	V_F (km/h)
01	27.6	27.9	26.2
02	18.4	4.8	21.6
03	32.3	41.6	41.9
04	31.7	35.8	40.9
05	43.9	33.2	40.2
06	20.5	16.6	22.7
07	22.0	20.9	23.1
08	39.9	20.2	23.0
09	21.9	22.7	23.5

표 2를 보면 GPS정보를 이용한 링크통행속도 (V_G)는 기준 링크통행속도 (V_C)와 비교해 볼 때 5 km/h이상 차이나는 링크가 4개(02, 03, 05, 08번 링크), 10 km/h이상 차이나는 링크가 3개(02, 05, 08번 링크)인 반면에 V_G 를 퍼지 추론

시스템에 적용한 결과 (V_F)는 기준 링크통행속도 (V_C)와 비교했을 때 5 km/h 이상 차이 나는 링크가 3개(03, 04, 08번 링크)이고 10 km/h 이상 차이 나는 링크는 1개(08번 링크)로 나타났다.

표 3에 전체 링크(01~09)에 대한 평균 링크통행속도와 오차에 대해 나타내었다. 이것은 GPS로부터 수집한 차량의 속도정보를 시간과 요일을 고려한 퍼지 추론시스템을 사용하여 가공한 것이 기준 링크통행속도 (V_C)와의 차이를 줄여주는 것을 알 수 있다. 결론적으로 제안하는 퍼지 추론시스템을 적용한 것이 GPS의 기계적인 오차를 보정하고 보다 합리적인 링크통행속도를 예측할 수 있다고 판단한다.

표 3. 평균 링크통과 속도와 기준 링크통과속도에 대한 오차율.
Table 3. Average link travel velocity and error rate to reference velocity.

	V_C (km/h)	V_C (km/h)	V_C (km/h)
평균 통행시간	28.7	24.8	29.2
오차	-	13.6 %	1.9 %

6. 계산부하를 고려한 업데이트 주기

표 1은 GPS정보를 1초 단위로 업데이트한 경우이다. 계산부하를 고려하여 GPS로부터 수집하는 데이터의 업데이트 주기를 늘렸을 경우 그에 대한 결과를 표 4에 나타내었다. 예를 들면 V_{G5} 는 GPS정보를 5초 단위로 업데이트 하여 계산한 링크통행속도이다.

표 4. 업데이트 주기에 따른 링크통행 속도.
Table 4. Link travel velocity applying various GPS data update interval.

링크	V_C	V_{G1} every 1-second	V_{G2} every 2-second	V_{G5} every 5-second	V_{G10} every 10-second
01	27.6	27.9	26.5	26.0	24.7
02	18.4	4.8	21.6	21.7	21.8
03	32.3	41.6	41.8	41.7	41.6
04	31.7	35.8	41.1	41.3	41.8
05	43.9	33.2	39.8	30.0	27.9
06	20.5	16.6	22.7	22.6	22.6
07	22.0	20.9	23.2	23.3	23.6
08	39.9	20.2	23.0	23.0	23.0
09	21.9	22.7	23.4	23.3	23.2

단위 : km/h

결과적으로 02, 05번 링크를 제외하고 대략 10초 도의 업데이트 주기까지는 비교적 유사한 경향성의 결과 값을 얻을 수 있었다. 대부분의 링크에서 업데이트 주기가 늘어남에 따라 정확도가 떨어지는 경향을 나타내는데 이것은 도심지의 교통특성인 단속류 즉, 연속적으로 일정한 속도로 주행하는

것이 아니라 신호등 혹은 기타 요인에 의해 정차했다가 출발하는 운행형태에 기인한 것이라고 판단한다.

6. 결론 및 제언

본 논문에서는 위성항법시스템을 사용하여 실시간으로 얻을 수 있는 교통정보(시간, 위도, 경도, 속도)를 이용하여 링크통행속도를 예측하는 알고리즘을 제안하였다.

검지장비로써 GPS만을 사용하기 때문에 기존의 여러 개의 장비를 사용하는 방법에 비해 초기투자 및 유지/보수비가 저렴한 시스템을 구성할 수 있고 실시간으로 정보를 수집할 수 있기 때문에 보다 신속하고 현장감 있는 정보를 제공할 수 있다.

GPS정보에 비교적 독립적인 기준 링크통행속도 (V_C)와 GPS로부터 수집한 속도정보를 평균한 링크통행속도 (V_G) 그리고 이것을 퍼지 추론시스템에 적용한 결과 (V_F)를 비교해 봤을 때 GPS로부터 수신한 정보를 평균한 링크통행속도 보다 이것을 퍼지 추론시스템에 적용한 링크통행속도가 기준 링크 통행 속도에 보다 근접한 결과를 나타내는 것을 알 수 있었다. 이것은 GPS정보를 이용하여 링크통행속도를 예측하는데 있어 속도정보만을 이용하는 것보다는 교통상황에 영향을 미치는 요인(시간, 요일)을 고려함으로써 보다 합리적인 교통상황을 판단할 수 있고 GPS의 기계적인 오차와 정보수집 시 수반될 수 있는 오차를 보완할 수 있다고 판단한다.

본 논문에서 개발한 알고리즘은 교통상황에 영향을 미칠 수 있는 요인 즉 교통상황을 대표하는 요인으로 시간, 요일, 속도를 사용했지만 보다 실질적이고 정확한 교통상황을 판단하기 위해서는 보다 많은 교통상황에 영향을 미칠 수 있는 요인을 고려해야 하고 유고상황 까지도 고려할 수 있는 알고리즘이 개발되어야 하겠다. 또한, 이러한 요인을 추가하는 것과 동시에 앞서 제안한 소속함수와 규칙을 튜닝할 수 있는 알고리즘 개발도 필요하다고 판단한다.

참 고 문 헌

- [1] 최종욱, 민준영, 남궁성, 이원하, "ITS첨단정보기술", 도서출판 참말, 1997. 9
- [2] 김성인, 이영호, 남기효, "AVL을 이용한 구간통행시간 산출기법 개발", 대한교통학회지 제17권 제2호, 1999.6
- [3] 최기주, 신치현, "GPS와 GIS를 이용한 링크통행시간 예측기법", 대한교통학회지 제16권 제2호, 1998
- [4] Jyh-Shing Roger Jang, Chuen-Tasi Sun, "Neuro-Fuzzy and Soft Computing", Prentice-Hall International, Inc, 1997
- [5] 정연식, 최기주, "GPS probe 및 루프 검지기 자료의 융합을 통한 통행시간추정 알고리즘 개발", 대한교통학회지 제17권 제3호, 1999. 8
- [6] 오기도, 김영찬, "단속류 퍼지 통행시간 추정기의 개발", 대한교통학회지 제18권 제5호, 2000. 10
- [7] 정연식, 최기주, "GPS/DGPS Probe System을 이용한 실시간 링크통행시간 추정 알고리즘 개발", 대한교통학회지 제21권 제1-D호, 2001. 1

저 자 소 개



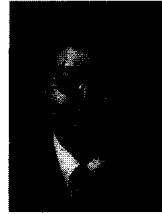
정우진 (Woojin Jhong)
2002년 국민대 기계공학과 졸업.
2002년~현재 연세대학교 대학원 기계공학과 석사과정
관심분야 : 퍼지이론, 신경회로망, 유전알고리즘, 텔레매틱스

Phone : 02-2123-4474, 011-289-8523
Fax : 02-2123-2736
E-mail : comfjin@yonsei.ac.kr



이 종 수 (Lee, Jongsoo)
1988년 연세대학교 기계공학과 졸업 (학사)
1996년 미국 Rensselaer Polytechnic Institute 기계공학과 졸업 (Ph.D.)
1997 - 현재 : 연세대학교 기계공학부 부교수

관심분야 : 최적설계, 소프트웨어컴퓨팅, 지능정보시스템
Phone : (02) 2123-4474, Fax: (02) 362-2736
Email : jleej@yonsei.ac.kr



고 진 응 (Jinwoong Ko)
1986년 서울대학교 전자공학과 졸업
1988년 한국과학기술원 전자전기공학 졸업 (석사)
現 하나로통신(株) 신기술사업실장/상무

관심분야 : 무선통신 시스템, 텔레매틱스, Location Base Services
Phone : 02-6266-2560, 019-9122-2560
Fax : 02-6266-4398
E-mail : kopal@hanaro.com



박 평 수 (Pyongsoo Park)
1990년 단국대학교 전자공학과 졸업
1992년 단국대학교 대학원 전자공학 졸업 (석사)
現 하나로통신(株) 무선기획팀/ 선임과장

관심분야 : 무선통신 시스템, 텔레매틱스, Location Base Services
Phone : 02-6266-4845, 019-9147-4766
Fax : 02-6266-6789
E-mail : pspark@hanaro.com