

유비쿼터스 교통체계를 위한 데이터 퓨전 알고리즘 개발

Development of Data Fusion Algorithm for Ubiquitous Transportation System

김원규

박재성

강경원

(한국항공대학교, 교수) (한국항공대학교 항공교통물류학과, 석사과정) (한국항공대학교
항공교통물류학과, 석사과정)

Key Words : 데이터 퓨전, D-S 이론, 유비쿼터스 교통체계, 교통/통신 통합 시뮬레이터

목 차

- I. 서론
- II. 데이터 퓨전 알고리즘 개발
- III. 알고리즘의 검증
- IV. 결론
- V. 감사의 글

I. 서론

교통부에서 지능형 교통시스템(ITS)의 도약적 발전과 이용자 측면에서 만족할 수 있는 서비스의 제공을 위한 유비쿼터스 교통체계(u-T: Ubiquitous Transportation) 수립과 관련된 많은 연구가 진행 중에 있다. 유비쿼터스 교통체계에서는 차량 간, 차량 대 인프라 간의 무선통신을 기반으로 교통정보를 수집하고, 이를 통해 신뢰성 높은 교통정보를 제공할 수 있게 된다.

이러한 유비쿼터스 교통체계가 완성되기 위해서는 도로상의 모든 차량에 무선 단말기(UVS : Ubiquitous Vehicle Sensor)가 설치되어 있어야 하며, 유비쿼터스 체계로 설계된 노변 송수신기(UIS : Ubiquitous Infrastructure Sensor)를 필요로 한다. 현재의 ITS에서 u-T 체계로 전환되는 데에는 필연적으로 중간단계를 거치게 되며, 본 연구에서는 이 단계를 t-Conversions (Transportation-Conversions) 단계라 명명한다. 이 t-Conversions 단계에는 u-T 체계의 UVS 및 UIS의 시장보급률이 100%에 미치지 못하여, ITS와 u-T가 혼재한다. 따라서 각각의 교통정보 수집체계에서 수집·가공되는 교통정보가 존재한다.

본 연구에서는 t-Conversions 단계에서 기존 ITS 교통정보 수집체계와 UVS, UIS 등의 u-T 교통정보 수집체계의 정보를 통합하는 데이터

퓨전 알고리즘을 개발하고, 교통/통신 통합 시뮬레이터를 이용하여 알고리즘을 검증함으로써 알고리즘의 효과를 평가하였다.

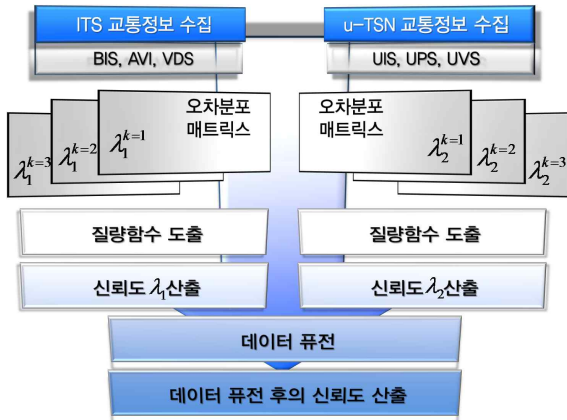
II. 데이터 퓨전 알고리즘 개발

본 연구에서는 일반화된 데이터 퓨전 방법론 중 하나인 Demster-Shafer 이론(이후, D-S 이론)을 바탕으로 ITS와 u-T의 교통정보를 퓨전하는 알고리즘을 개발하였다. D-S이론은 증거 추론기법 중 하나로, 베이저안 추론 과정을 일반화한 형태이다. 베이저안 추론은 불확실성을 지니고 있지 않는 완전한 확률 모델을 필요로 하지만, D-S 이론은 증거와 가설 사이의 불확실성을 표현할 수 있으므로 보다 넓은 영역에서 응용되고 있다. D-S이론은 질량(Mass) 함수, 신뢰(Belief) 함수, 타당성(Plausibility) 함수를 이용해 확률을 표현한다.

데이터 퓨전 프로세스는 <그림 1>과 같으며, 교통정보 수집체계별로 오차분포 매트릭스(Confusion Matrix)를 생성하여 수집체계의 질량 함수를 산출하였다. 오차분포 매트릭스는 다음 수식으로 나타낼 수 있으며, 수집체계별로 추정된 통행시간 정보가 실제 통행시간 정보와 비교하여 과소, 과대 추정되었는지 파악하기 쉬운 장점이 있다.

$$m_k = \begin{bmatrix} n_{11}^{(k)} & \cdots & n_{1R}^{(k)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ n_{R1}^{(k)} & \cdots & n_{RR}^{(k)} \end{bmatrix} \quad k = 1, \dots, l$$

여기서, $m_k = k$ 검지기의 오차분포 매트릭스
 $n_{ij}^{(k)} = k$ 검지기의 추정된 통행시간 i 와
 실제 통행시간 j 인 차량의 수
 $R =$ 최대 링크 통행시간



<그림 1> 데이터 퓨전 프로세스

오차분포 매트릭스를 기반으로 각 수집체계의 질량함수는 다음 수식과 같이 정의하였다. 질량함수는 각 수집체계별로 추정된 통행시간과 실제 통행시간이 일치한 비율을 의미하며, 이는 수집체계의 신뢰도를 나타내는 지표로 사용하였다.

$$m^k = \frac{\sum_{i=1}^R n_{ii}^{(k)}}{\sum_{i,j} n_{ij}^{(k)}}$$

여기서, $m^k = k$ 수집체계의 질량함수

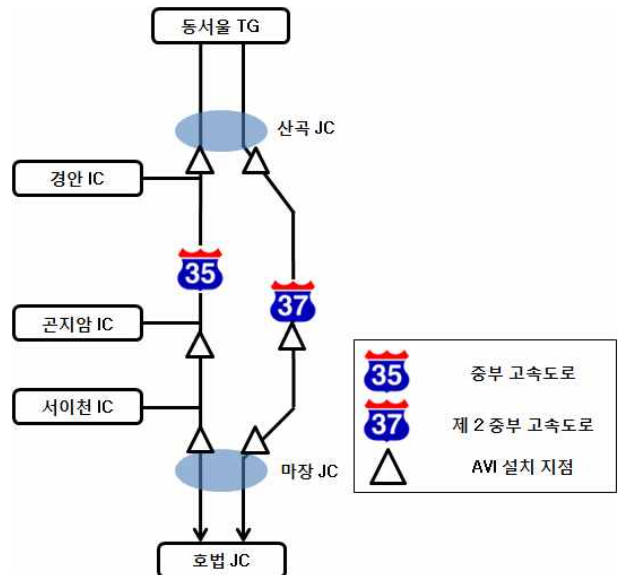
수집체계별 신뢰도를 가중치로 설정하여 모든 수집체계의 통행시간 데이터를 퓨전 하였으며, 산출된 교통정보의 신뢰도 개선 정도를 산정하기 위해 D-S 조합규칙을 이용하였다.

$$m_{ij} = \frac{m_i m_j}{m_i m_j + (1 - m_i)(1 - m_j)}$$

여기서, $m_{ij} =$ 퓨전 후 신뢰도
 $m_i = i$ 수집체계의 신뢰도
 $m_j = j$ 수집체계의 신뢰도

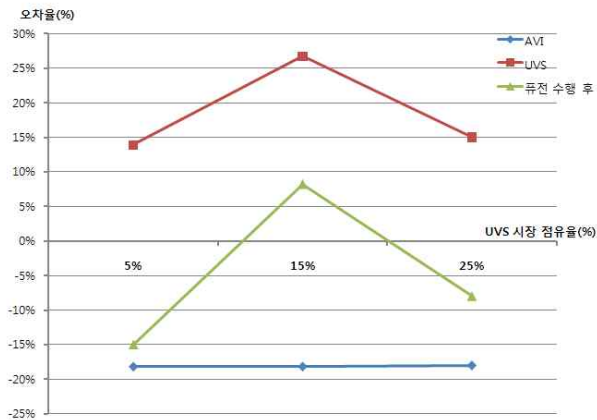
III. 알고리즘의 검증

본 연구에서 개발한 데이터 퓨전 알고리즘을 교통/통신 통합시뮬레이터(TraCISS ver1.0)를 이용하여 검증하였다. 데이터 퓨전의 대상은 ITS의 대표적인 정보수집체계인 AVI(Automatic Vehicle Identification)을 이용해 산출된 구간통행시간자료와 u-T의 UVS와 UIS를 통해 산출된 구간통행시간이다. 검증에는 중부 및 제2중부 고속도로 중 일부구간(동서울 TG~호법 JC)을 1/3로 축소한 약 12.5km의 네트워크가 사용되었으며, 30초마다 교통정보를 수집·가공하는 것으로 설정하였다. 또한, UIS는 1km 간격으로 설치하였으며, AVI는 5km 간격으로 설치하였다.



<그림 2> 검증 대상 네트워크 및 AVI 설치 지점

<그림 3>에서 보는바와 같이 데이터 퓨전 알고리즘은 보다 정확한 통행시간을 추정하는데 효과적인 것으로 나타났으며, 기존 ITS체계의 AVI에 비해 오차율은 약 15%, U-t의 UVS 대비 약 20% 감소하는 것으로 나타났다.



<그림 3> 데이터 퓨전 전/후 통행시간 정보 오차율

IV. 결론

본 연구에서는 ITS와 u-T체계가 혼재하는 t-Conversions 단계에서 보다 정확하고 신뢰도 높은 교통정보를 제공하기 위해 데이터 퓨전 알고리즘을 개발하였다. D-S 이론을 바탕으로 데이터 퓨전 알고리즘을 개발하고, 오차분포 매트릭스 개념을 도입하여 교통정보의 특성을 반영한 질량함수를 이용하였다. 또한, 산출된 교통정보의 신뢰도 개선 정도를 D-S 조합규칙을 활용하여 산정하였다.

데이터 퓨전 알고리즘을 교통/통신 통합시뮬레이터를 이용해 검증하였다. 데이터 퓨전을 통해 기존 ITS체계에서 제공하는 교통정보와 비교해 약 15%의 오차율 감소가 있었으며, u-T체계의 교통정보와 비교해서는 약 20%의 오차율이 감소되는 것으로 나타났다.

V. 감사의 글

본 연구는 국토해양부 교통체계효율화사업의 연구비 지원(06-교통핵심-A01-01)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 김성현.임강원.이영인, “일반국도의 지점 및 구간검지기 자료의 융합을 통한 통행시간 추정 알고리즘”, 대한교통학회지, 제23권, 제5호, 2005, pp.135~146.
2. 김영찬 외, “데이터 융합기술 개발”, 과학기

술부, 2002, pp. 77~

3. 정연식.최기주, “GPS probe 및 루프 검지기 자료의 융합을 통한 통행시간추정 알고리즘 개발”, 대한교통학회지, 제17권, 제3호, 1999, pp. 97~116.
4. Ashish, BHASKAR, "Methodology (CUP-RITE) for Urban Network Travel Time Estimation by Integrating Multisource Data", The Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 2009
5. John N. Ivan, "Data Fusion of Fixed Detector and Probe Vehicle Data for Incident Detection", Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, Vol.13, 1998, pp. 329~337.