

교통정보서비스 표출기준 개선 및 상세교통정보 기반 서비스 제공방안 연구*

배광수** · 이승철***

A Study on the Improvement of Standards of Traffic Information Service and Provide Services Based on the Detailed Traffic Information*

Kwangsoo Bae** · Seungcheol Lee***

■ Abstract ■

In this study, we formulated rational criteria to efficiently provide traffic information services via a crafted approach. By utilizing this, we presented a detailed traffic information service providing method that can overcome the limitations of existing link unit information provision system. Three methodologies such as user survey, data mining, and KHCM (Korea Highway Capacity Manual) utilization method were applied to formulate a rational expression standard for traffic information service. Each method was designed to establish a quantitative criterion for various traffic conditions and to enable user-oriented traffic information service in consideration of the traffic principal/compatibility.

Considering the results of each methodological analysis in a comprehensive manner, the basic expression standards for traffic information service was formulated. Then we presented improvements such as traffic condition step by road, speed range of traffic condition, expression term of traffic condition and so on. In order to complement the problems of the information provision system of the existing link unit based on the derived improvement criterion, we presented the detailed traffic information service provision method by using the traffic speed data of the second order. And we applied this to the two links of Daegu city.

The method presented in this research can improve the quality of traffic information service. Not only it can be used for various fields such as optimal route search, traffic safety service and so on.

Keyword : Traffic Information, Traffic Condition, Traffic Congestion Classification, Traffic Information Service

Submitted : October 15, 2018

1st Revision : October 29, 2018

Accepted : December 16, 2018

* 본 연구는 국토교통부 국토교통기술지역특성화사업의 지원을 받아 연구되었음(18RDRP-B076268-05).

** 도로교통공단 첨단공학연구처 책임연구원

*** 도로교통공단 첨단공학연구처 선임연구원, 교신저자

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

교통정보는 도로구간별 교통상황, 사고, 공사 등과 같이 교통흐름에 영향을 주는 다양한 요인에 대한 정보로써 정의될 수 있다. 현재 경찰청/도로교통공단, 국토교통부, 지자체 등 교통정보를 수집하는 공공부문에서는 교통정보의 정확성과 신뢰도를 향상시키기 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 이의 일환으로 교통정보의 수집·분석 및 가공체계와 관련한 연구개발이 활발하게 진행되고 있으나, 교통정보를 이용자에게 효율적으로 전달하기 위한 방안 관련 연구는 아직 미흡한 실정이다.

교통정보서비스 시행기관들의 소통상황에 따른 표출기준을 살펴보면, 소통상황을 표현하는 ‘용어’, 소통상황을 구분하는 속도의 ‘범위’ 등이 각기 달라 이용자들에게 혼란과 불편을 주고 있다. 이는 기본적으로 소통상황에 대한 운전자의 인식이 주관적인 판단을 통해 이루어지기 때문에 모든 혼잡 상황을 특정기준에 따라 정량적으로 구분할 수 있는 객관적 방법론이 부족하기 때문으로 볼 수 있다.

또한 첨단교통정보 인프라를 통해 수집되고 있는 데이터는 링크 단위의 가공된 속도정보로써 유관기관 및 지자체 등에서 교통문제 해결을 위해 활용하기에 많은 제약사항들이 있어 활용이 확대되지 못하고 있는 실정이다. 교통정보를 이용하여 지역의 교통 현안을 해결하고, 부족한 요인에 대해서는 시스템 고도화 및 품질 개선 과정을 거쳐 다시 교통 문제를 해결하는 선순환 구조를 만들기 위해서도 기존 시스템 체계에서 기초 데이터 활용성을 확대시키기 위한 노력이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 도로종류별 통행속도의 분포 분석과 이용자의 정보습득 및 이해정도 파악 등을 통해 교통소통정보 표출기준에 대한 합리적인 개선방안을 제시함과 아울러 초(sec) 단위로 수집된 프로브차량(Probe Vehicle, 이하 PV) 기반의 속도 데이터를 활용한 상세교통정보 제공방안을 제

시함으로써, 도로교통상황을 정확히 전달할 수 있는 이용자 중심의 합리적 교통정보 서비스 제공 기반을 마련하는 것을 주요 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위 및 수행방법

본 연구는 합리적인 교통정보서비스 표출기준의 개선·적용 및 상세교통정보를 활용한 서비스 제공방안의 개발을 위한 연구로써, 연구의 공간적 범위는 도시부 일반도로 및 고속도로/자동차전용도로를 대상으로 하며, 개선안의 시험적용은 대구시에 위치한 2개 도로구간(link)을 대상으로 하였다.

교통소통상황에 대한 객관적 기준 설정의 어려움은 교통혼잡(Traffic Congestion)이 공학적 기준에 의하기 보다는 운전자 기대심리와 관련된 상대적 현상이기 때문¹⁾이며, 모든 혼잡상황을 특정기준에 따라 정량적으로 구분할 수 없는 방법론이 없었기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 공학적 방법론 기반의 다차원적 접근방법을 통해 기존의 문제점을 극복할 수 있는 합리적인 교통정보서비스 표출기준을 수립코자 하였다.

첫째, 교통정보서비스를 이용하는 운전자를 대상으로 설문조사를 실시하여 교통정보 이용자의 요구사항을 수렴·반영하였다.

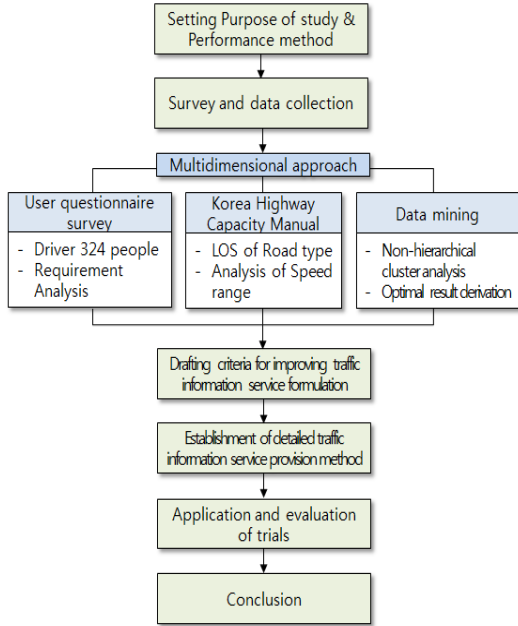
둘째, 도로용량편람에서 제시된 도로별 서비스 수준(Level of Service, LOS)을 활용하여 교통소통상황 및 소통상황별 속도값에 대한 정량적 범위를 도출하였다.

셋째, 도로 종류별 속도데이터를 데이터마이닝 기법을 통해 분석하여 소통상황과 관련된 최적 군집수 및 속도값을 도출하였다.

위의 3개 방법론을 통해 도출된 결과를 종합적으로 활용하여 도로별 교통소통상황에 대한 합리적 분류기준 및 통행속도 범위 등을 제시하였으며, 최종적으로는 초(sec) 단위의 교통정보 데이터를 활용한 세그먼트(Segment) 단위 상세교통정보서비스

1) European Conference of Ministers of Transport(OECD), Managing Urban Traffic Congestion, 2007.

제공방안을 제시하였다. 본 연구의 수행방법 및 절차는 <Figure 1>과 같다.



<Figure 1> Research Procedure Flow

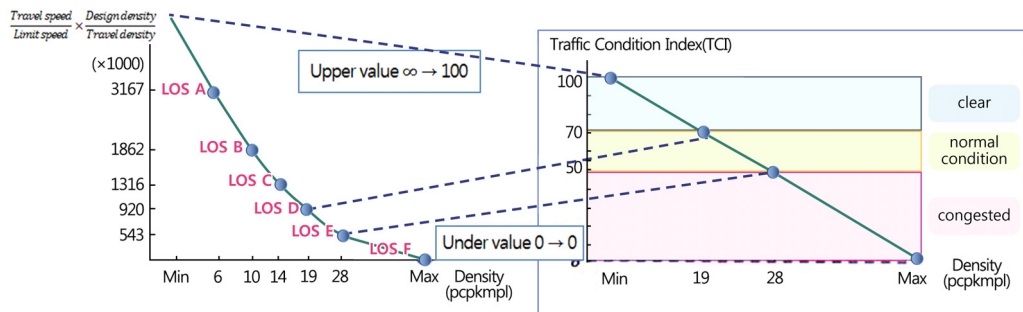
2. 이론적 고찰 및 현황분석

교통정보 표출과 관련한 연구는 이용자의 행태 분석을 통해 우수한 정보 전달 방법을 도출하거나 이용자 만족도 점수를 유추하여 교통정보 제공수준을 평가할 수 있는 방안 등에 관한 연구가 주로 수행되었다.

홍지연(2010)은 교통정보제공의 목적은 이용자들로부터 신뢰성을 얻고, 이를 통한 최적경로 선택으로 도로운영의 효율성을 높이기 위한 것으로 규정하고 현재 서비스 중인 교통정보의 이용자 만족도 평가모형을 개발하였다. 평가지표는 욕구충족성, 신뢰성, 효율성, 이해성으로 구분하였으며, 확인적 요인 분석을 통한 구조방정식을 사용하였다. 운전자들이 교통정보에 대한 심리적 안정감이나 경로선택에 도움이 되었는지에 대한 지표인 효율성이 만족도에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

김명수(2013)는 VMS에 대한 운전자의 시각행태 특성을 분석하고 표출 형태별 판독시간을 고려하여 정보제공 효과를 극대화하는 방안을 제시하였다. 운전자 시각행태 분석을 위해 고글을 피실험자가 착용하고 차량에 탑승하여 주행하는 방식으로 실험하였다. VMS 표출형태는 문자식, 도형식, 혼합식으로 구분하였고, 최장 주시시간을 통하여 각 형태별 평균 판독시간을 도출하였다. 차량 탑승조사 결과 표출형태별 판독시간은 문자식(2.18초) → 도형식(2.62초) → 혼합식(3.08초)순으로 나타났으며, 정보제공시 운전자가 전방주시를 할 수 있도록 최소한의 메시지 구성이 필요함을 제시하였다.

복기찬(2009)은 고속도로 관리기관에서 상시적인 교통소통 상태에 대한 모니터링, 혼잡구간의 파악, 교통개선사업의 우선순위 결정, 사업계획 수립 등의 일련의 업무에 유용하게 사용될 수 있는 종합소통지수(TCI : Traffic Condition Index)를 개발하였다. 종합소통지수는 기존 데이터를 그대로 사용할 수 있



<Figure 2> Concept Map to Separate Traffic Condition

는 장점이 있으며, 전산화를 통해 과거의 매시간~매월 등 시간적 교통소통 상태의 변화 및 여러 구간간 상호비교가 가능하여 상시적으로 소통상태를 모니터링하고 소통상태의 추이 변화를 파악할 수 있는 특성이 있다. 하지만 고속도로에 국한하여 개발 및 적용되었기 때문에 타 도로에 적용하기에는 한계가 존재하는 것으로 볼 수 있다.

국내에서 교통정보서비스를 제공하는 기관은 국토교통부(국가교통정보센터, 한국도로공사, 지방국토관리청), 경찰청(도시교통정보센터), 지자체, 인터넷 포털(Naver, Daum 등), 이동통신사(SKT, KT 등) 등으로 공공/민간을 포함하여 다양하다. 이렇게 교통정보서비스의 주체가 다양한 만큼 제공방법에 있어서도 많은 차이가 있다. 많은 기관에서 소통상태에 대한 단계를 3단계로 구분하고 있는 반면, Daum에서는 4단계로 구분하여 교통정보를 제공하고 있으며, 국가교통정보센터에서는 소통상황에 대한 단계

별 용어를 대부분의 기관이 사용하고 있는 ‘정체’가 아닌 ‘지체’로 표현하는 등 서비스 제공 주체별로 서비스 제공방법에 차이가 존재한다. 도로종류에 따른 교통정보서비스 기관별 소통정보 제공현황은 다음과 같다.

① 고속도로

국가교통정보센터, 한국도로공사, NAVER가 동일한 기준으로 소통정보를 표출하고 있으며, 도시교통정보센터는 SK Tmap, Daum 등과 함께 ‘서행’ 단계의 속도범위가 30~70kph로 설정되어 정보를 제공하고 있다(<Table 1> 참조).

② 일반국도/지방도

현재 도시교통정보센터에서는 지방국토관리청에서 교통정보를 제공하는 기준을 준용하여 국도 교통정보를 제공하고 있으며, Daum은 소통상황을 4단계로 구분하여 교통정보를 제공 중에 있다(<Table 2> 참조).

<Table 1> Currently Providing Information on Expressway by Traffic Information Service Provider

Organization	Speed(kph)											
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	
NTIC	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red
EX	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red
SK Tmap	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red
NAVER	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red
Daum	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Red	Red	Red	Red
Mozen	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red
UTIC	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red

<Table 2> Currently Providing Information on Local Road by Traffic Information Service Provider

Organization	Type of road	Speed(kph)										
		100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
MOLIT	National Road	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
EX	National Road	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
NAVER	National Road	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
Daum	National Road	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Orange	Red	Red
SK Tmap	National Road	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
	Local Road	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
UTIC	National Road	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Red

③ 도시부 일반도로

도시부 일반도로는 Daum과 모젠 등이 소통상황을 4단계로 구분하여 정보를 제공하고 있으며, 도시교통정보센터에서는 속도 기준값이 상대적으로 하향 설정되어 교통정보가 제공되고 있다(<Table 3> 참조).

④ 국외 교통정보서비스 현황

미국 사례를 보면 교통정보 표출단계는 평균적으로 약 3.9단계 수준이며, 최대 7단계(PeMS)까지 소통상황을 구분하고 있는 것으로 나타났다. Highway급 도로에서 ‘소통원활’ 단계의 시작속도 평균값은 약 74.3kph이며, ‘서행’ 단계의 시작속도 평균값은 약 34.2kph로 나타났다.

미국 외의 국가에서는 주로 Highway급 도로에 대해 도로 소통상황에 대한 단계 구분을 최소 3단계에서 최대 7단계까지 구분하여 교통정보를 제공하

고 있다. 또한 이탈리아, 캐나다 등은 3단계를 중심으로 하고 있고, 영국은 7단계로 소통상황을 구분하여 제공하고 있다. 베이징의 Transportation Research Center에서는 도로를 고속도로, 간선도로와 보조간선도로, 기타 연결도로 등으로 체계적으로 분류하고 각 도로별로 5단계의 교통정보를 제공하고 있다.

국내·외에서 시행 중인 교통정보서비스의 제공 방식에 대한 검토를 수행하였으며, 각 서비스별로 제공단계, 표기방법, 속도범위 등이 상이한 기준에 의해 운영되고 있음을 확인하였다. 이는 교통혼잡이라는 개념이 상대적이고 주관적인 교통상황에 대한 인식으로서, 이에 대한 명확하고 객관적인 단일의 판단기준을 적용하기 어렵기 때문인 것으로 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 한계점을 인식하고 객관적이고 공학적인 근거를 통해 다양한 방법론을 기반으로 교통정보서비스 제공방식을 개선하기 위한 방안을 제시하였다.

<Table 3> Currently Providing Information on City Road by Traffic Information Service Provider

Organization	Speed(kph)										
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
NTIC	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
TOPIS	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
SK Tmap	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
NAVER	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
Daum	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
Mozen	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
UTIC	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Red

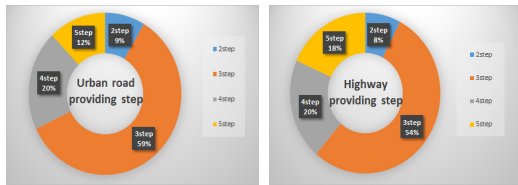
<Table 4> Speed Indication According to US Traffic Condition(number, color)

Road	Organization	Speed(mph)							
		70(112)	60(96)	50(80)	40(64)	30(48)	20(32)	10(16)	0
Highway	Caltrans(San Diego)	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
	Transtar(Huston)	Green	Green	Green	Blue	Yellow	Yellow	Red	Red
	PeMS(California)	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
	LADOT(LA)	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Red
	Portland	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
Local Road	CDOT(Chicago)	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Red
	LADOT(LA)	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Red

3. 분석 결과

3.1 이용자 설문조사

교통정보서비스 관련 이용자 요구 사항을 분석하기 위해 설문조사를 실시하였다. 설문문항은 응답자의 기본 속성을 파악하는 문항 외 8개 문항으로 이루어져 있으며, 응답자는 총 324명이다. 고속도로와 시내도로에 대한 교통정보를 제공할 때 몇 단계로 구분된 교통정보를 원하는지에 대한 질문에는 대부분 3단계를 원하고 있는 것으로 나타났다. 하지만 두 도로 모두 4단계 이상의 세분화된 교통정보를 원하는 응답자도 30% 이상 나타났다.



<Figure 3> Analysis Result of Questionnaire(Information Provision Step)

교통정보를 제공할 때 명확한 기준을 제시하기 위해서는 소통상황에 대한 단계별 용어 선정이 필요하다. 교통소통정보 제공 단계를 3단계로 가정했을 경우, 소통상태별 표현하는 용어는 “원활 > 서행 > 정체”를 선호하는 것으로 나타났다. 소통상황 표현 용어의 혼잡강도 평가와 관련해서는 “혼잡 > 정체 > 지체 > 서행”의 순으로 분석되었다.

교통정보를 제공하는 단계별 속도범위를 파악하고자 현재 대부분의 기관에서 제공되는 3단계 소통정보를 기준으로 설문조사를 진행하였으며, 소통단계별 속도의 경계값을 응답자가 직접 입력하는 방법으로 진행하였다. 교통소통정보 제공 단계를 3단계로 가정했을 경우, 이용자들이 선호하는 도시 일반도로의 속도 범위는 지체 0~20kph, 서행 20~40kph, 원활 40~60kph으로 나타났으며, 고속도로의 경우는 지체 0~30kph, 서행 30~60kph, 원활 60~80kph인 것으로 나타났다.

3.2 도로용량편람 활용

본 연구에서는 교통정보서비스 표출기준 정립에 도로용량편람을 활용하는 방안을 검토하였다. 다차로도로는 신호등과 같은 시설이 포함되어 있어 연속류와 단속류가 혼재하고 있으며, 이로 인해 고속도로와 같이 연속류가 보장되는 시설 수준에서부터 간선도로의 시설 수준에 이르는 폭넓은 도로특성을 보이고 있다.

편람에서 고속도로와 자동차전용도로는 특성상 다차로도로 유형 I에 해당하는 것으로 볼 수 있으며, 정체의 경우 서비스수준(LOS) D와 E를 기준으로 소통상태의 기준으로 활용이 가능할 것으로 판단된다. 다차로도로 유형 I 중 설계속도 100kph는 고속도로에 해당하며, 설계속도 80kph는 자동차전용도로에 해당하는 것으로 볼 수 있다. 따라서 소통원활 상태의 시작값으로써 고속도로는 77~88kph, 자동차전용도로는 67~79kph의 속도를 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

도시 및 교외 간선도로의 주된 기능은 직진 교통류를 원활하게 처리하는 것이며, 부차적 기능은 인접 위계의 도로와 유·출입을 원활하게 하는 것이다. <Table 5>, <Table 6>은 도로용량편람에서 간선도로의 유형을 구분하기 위해 제시하고 있는 기준이며, 도시부 내 주요 교통정보서비스 대상인 편도 2차로 이상 도로는 간선도로 유형 III에 해당하는 것으로 볼 수 있다. 간선도로 유형 III은 도시 내부 교통을 처리하고, 그리고 km당 신호교차로 수 2개 이상, 자유속도는 65kph 이하이다.

<Table 5> Types of Roads

Classification	Design Speed (kph)	Signal Density (n/km)	Basic condition Max Speed (BSP, kph)
TYPE I	100, 90, 80	0	97, 87
TYPE II	80, 70	≤0.5	87, 70

*KHCM(2013).

<Table 6> Service Level of Road Type I

LOS	Design Speed 100kph			Design Speed 80kph		
	V/c	Service Volume (Veh/hour/lane)	Speed (kph)	V/c	Service Volume (Veh/hour/lane)	Speed (kph)
A	≤ 0.27	≤ 600	≥ 97	≤ 0.25	≤ 500	≥ 86
B	≤ 0.45	≤ 1,000	≥ 95	≤ 0.40	≤ 800	≥ 85
C	≤ 0.61	≤ 1,350	≥ 93	≤ 0.58	≤ 1,150	≥ 84
D	≤ 0.80	≤ 1,750	≥ 88	≤ 0.75	≤ 1,500	≥ 79
E	≤ 1.00	≤ 2,200	≥ 77	≤ 1.00	≤ 2,000	≥ 67

*KHCM(2013).

<Table 7> Types of Highway in Roads and Road Conditions

Road \ Condition	Good	Normal
High Standard	I	I
Medium Standard	I	II
Low Standard	II	III

*KHCM(2013).

<Table 8> Set Type of Highway

Classification	Functional Classification		
	High	Medium	Low
Movement	Very important	Important	Normal
Accessibility	High	Medium	Low
Connecting road	Highway Urban Expressway Connecting Urban Road	Arterial highway	Collector Road
Major purpose of travel	Long-distance through traffic	Urban access traffic	Urban inner traffic

Classification	Level of Design		
	High	Medium	Low
Slip road density	Low	Medium	High
Number of Signalized intersection/km	≤ 2	1~3	2 <
Free Speed(kph)	≤ 85	≤ 75	≤ 65
Pedestrian Density	Low	Medium	High
Development	Low	Medium	High

Classification	Road Condition	
	Good	Normal
Number of Lane	High	4 lanes(each way) or more
	Low/Medium	3 lanes(each way) or more
		3 lanes(each way) or under
		2 lanes(each way)

*KHCM(2013).

〈Table 9〉 Service Level of Highway

Type of Arterial road	I	II	III
Range of Free speed(kph)	85~75	75~65	65~55
Criteria of Free speed(kph)	80	70	60
Level of Service	Average travel speed(kph)		
A	≥ 67	≥ 60	≥ 49
B	≥ 51	≥ 46	≥ 39
C	≥ 37	≥ 33	≥ 29
D	≥ 28	≥ 25	≥ 20
E	≥ 21	≥ 18	≥ 12
F	≥ 10	≥ 10	≥ 8
FF	≥ 6	≥ 6	≥ 5
FFF	< 6	< 6	< 5

*KHCM(2013).

간선도로 유형 III과 LOS에 따른 도로상황을 고려하여 교통정보 표출기준을 설정하였다. 소통원활 상태는 LOS A~C수준으로 LOS A는 자유교통류 상태, LOS C는 안전운행 상태로 볼 수 있다. 서행은 LOS D~E수준으로 LOS D는 지체로 인하여 속도가 현저히 감소된 상태, LOS E는 자유속도의 1/3로 속도가 감소된 상태로 볼 수 있다. 그리고 정체는 LOS F 이하 상태로 볼 수 있다.

3.3 데이터마이닝(비계층 군집분석)

도로종류별 속도분포 분석을 위해 개별차량의 속도데이터를 수집하고 최적 군집모형 및 최적 군집수를 도출하였다. 분석에는 SPSS modeler를 이용하였으며, Two-Step, K-평균, Kohonen의 3가지 모형을 적용하였다. SPSS modeler를 활용한 비계층 군집분석시에는 실루엣이라는 측도를 사용한다. 실루엣 값을 통해 분석자의 주관적 개입을 제한하여,

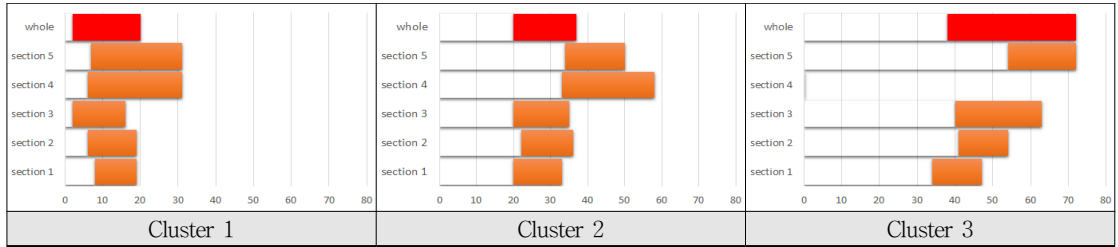
군집분석 결과에 대한 신뢰도를 확보할 수 있다. 실루엣은 -1부터 1사이 값으로 도출되며, 1에 가까울수록 우수한 모형으로 볼 수 있다. 본 연구에서는 도시부 일반도로와 자동차전용도로 및 고속도로에 대한 차량들의 속도분포를 분석하였다.

① 도시부 일반도로(부천시)

도시부 일반도로는 부천시의 북부역사거리에서 북교사거리까지 약 870m 구간이며, 왕복 5~6차로의 도로로 5개 구간으로 나누어 OBE 데이터를 수집하였다. 5개 구간은 국가교통정보체계 기준으로 작성된 링크 단위를 적용하였다. 5개 구간에서 수집된 자료는 침두시와 비침두시를 고려한 08:00~10:00 2시간 동안의 총 784개 데이터이다. 3가지 모형에 의한 분석결과는 <Table 10>과 같으며, 군집분석 결과 실루엣 값은 대부분 0.6 이상으로 분석되어 우수한 군집분류 결과를 나타내고 있다.

〈Table 10〉 Result of Cluster Analysis(Urban Section General Road)

Classification	K-means		Two-Step		Kohonen	
	number of cluster	Silhouette	number of cluster	Silhouette	number of cluster	Silhouette
Section 1	5	0.662	3	0.721	12	0.546
Section 2	5	0.642	3	0.714	10	0.796
Section 3	5	0.710	3	0.781	10	0.741
Section 4	5	0.657	2	0.674	9	0.763
Section 5	5	0.685	3	0.723	10	0.827
Whole	5	0.663	3	0.682	12	0.574



<Figure 4> Result of Optimum Cluster Analysis(Urban Section General Road, Two-Step Model)

모형별로 살펴보면 K-평균의 경우 개별/전체구간 모두 실루엣 값이 0.6 이상으로 높게 나타났으며, 군집수 구분결과도 일관성도 확보된 것으로 나타났다. Two-Step은 구간 4 이외는 모두 3개 군집으로 나타났으며, 실루엣 값 또한 높게 나타났다. Kohonen은 구간 1과 전체구간을 제외하면 실루엣 값이 모두 0.6 이상으로 나타났지만, 군집수의 변화폭이 컸다. 본 연구에서는 군집수 및 실루엣 값의 변화폭이 작은 동시에, 통계적 신뢰도를 유지하기 위해 실루엣 값이 큰 Two-Step의 최적모형으로 선정하였다. 전체구간의 Two-Step 모형에 의한 분석 결과를 보면, 군집 1은 2~20kph, 군집 2는 20~37kph, 군집 3은 38~72kph로 나타났으며, 이를 바탕으로 도시부 일반도로의 소통상황에 따른 표출기준 정립에 활용하였다(<Figure 4> 참조).

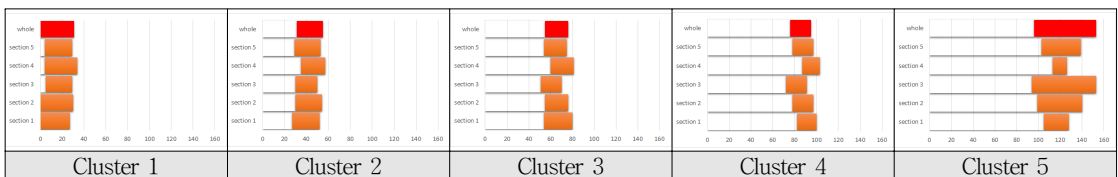
② 자동차전용도로(올림픽대로)

올림픽대로는 청담대교~동호대교 구간(3.9km)을 대상으로 하였다. 해당 구간 역시 5개의 세부 구간으로 나누어 자료를 수집하였으며, 각 구간은 국가교통정보체계의 표준 링크 단위를 기준으로 하였다. 5개 구간에서 수집된 자료는 2017년 11월 20~21일의 2일 간 해당 구간에서 수집된 OBE 데이터이며, 총 3,801개의 데이터를 수집하였다.

K-평균 모형은 각 구간 모두 실루엣 값이 0.6 이상으로 높게 나타났으며, 군집수도 5개 군집으로 일관성을 보였다. Two-Step의 실루엣 값은 전체구간이 0.720로 모형 중 가장 높았으나 대부분 구간에서 2개 군집으로 구분되는 결과를 나타냈다.

<Table 11> Result of Cluster Analysis(Urban Expressway)

Classification	K-means		Two-Step		Kohonen	
	number of cluster	Silhouette	number of cluster	Silhouette	number of cluster	Silhouette
Section 1	5	0.640	2	0.760	12	0.564
Section 2	5	0.632	2	0.738	12	0.511
Section 3	5	0.661	2	0.735	12	0.583
Section 4	5	0.603	3	0.689	11	0.654
Section 5	5	0.673	3	0.688	12	0.613
Whole	5	0.637	2	0.720	12	0.510



<Figure 5> Result of Optimum Cluster Analysis(Motorway, K-means Model)

올림픽대로 전체 분석구간 대상의 K-평균 모형에 의한 분석 결과, 군집 1은 0~31kph, 군집 2는 31~55kph, 군집 3은 55~76kph, 군집 4는 76~95kph, 군집 5는 96~153kph으로 나타났으며, 이를 바탕으로 도시고속도로의 교통소통상황에 따른 표출기준 정립에 활용하였다(<Figure 5> 참조).

③ 고속도로(경부선)

경부고속도로는 동탄IC에서 북천안IC까지 VDS (Vehicle Detection System)가 설치된 5개 지점에서 수집된 24시간 데이터(총 276,797건)를 군집 분석에 활용하였다. 3가지 모형을 통해 도출된 실루엣 값의 크기는 Two-Step과 K-평균 모형은 대부분 0.6 이상으로 나타나 우수한 군집분류 결과를 보여주고 있다. K-평균 모형의 경우 실루엣 값이 개별/전체구간 모두 0.6 이상으로 높게 나타났으며, 모두 5군집으로 분류되어 일관성도 확보된 것으로 나타났다. Two-Step 또한 실루엣 값이 높게 나타났으며, K-평균에 비해 조금 더 우수한 분석결과를 나타냈다. Kohonen 모형과 K-평균 모형은 각각 12군집과 5군집으로 균일하게 나타난 반면, Two-Step 모형은 2군집부터 5군집까지 다양한 군집 분류 결과가 나타났다.

본 연구에서는 실루엣 값이 높게 나타난 K-평

균과 Two-Step 모형에 의한 결과 중에서 각 구간별 그리고 전체구간 모두 군집의 수가 동일하게 나타난 K-평균에 의한 방법을 교통정보서비스 표출기준 정립에 활용하였다(<Figure 6> 참조).

4. 교통정보서비스 표출기준 개선방안

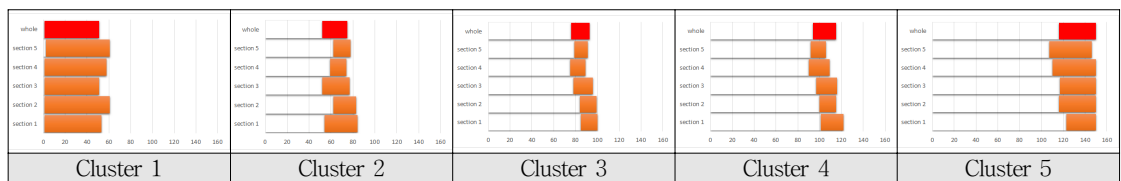
4.1 기본 표출기준 정립

교통정보서비스 표출기준의 개선을 위한 합리적이고 공학적인 근거 마련을 위해 다양한 방법론(이용자 설문조사, 데이터마이닝, 도로용량편람)을 활용하여 교통정보서비스 표출방법에 대한 개선방안을 제시하였다. 개선안은 소통상황 표기용어, 소통상황 제공단계, 단계별 속도값 범위로 구분될 수 있다.

이용자 설문조사 및 군집분석 결과에 따르면 소통상황에 대한 표기단계의 경우 3단계를 기본으로 하는 방안이 가장 타당할 것으로 판단된다. 고속도로와 같이 진출입이 통제된 도로가 차단 등 극심한 혼잡상태에 있을 경우는 차량진입을 가급적 방지하기 위한 교통정보 제공방법의 수립이 요구된다. 이 경우 운전자들의 정확한 상황판단을 돕기 위해 소통상황과 돌발상황 심각도를 종합적으로 고려하여 4단계로 정보 제공을 하는 방안을 제안하였다.

<Table 12> Result of Cluster Analysis(highway)

Classification	K-means		Two-Step		Kohonen	
	number of cluster	Silhouette	number of cluster	Silhouette	number of cluster	Silhouette
Section 1	5	0.630	5	0.635	12	0.494
Section 2	5	0.635	2	0.685	12	0.451
Section 3	5	0.626	4	0.623	12	0.512
Section 4	5	0.626	3	0.648	12	0.496
Section 5	5	0.627	2	0.660	12	0.531
Whole	5	0.626	3	0.626	12	0.527



<Figure 6> Result of Optimum Cluster Analysis(Highway, K-means Model)

<Table 13> Improvement Standard for Expressing Traffic Information Service

Classification	Detailed Contents
Terms of Traffic condition	▶ 3 classes : Free flowing, Slow, Congested
Level of Traffic condition	▶ General Road : 3 classes provide ▶ Highway & Mtorway : 3 classes+a(Outbreak class)
Congestion Level of Speed range	▶ General Road : Free flowing(40kph ≤), Slow(20~40kph), Congested(20kph >) ▶ Highway : Free flowing(80kph ≤), Slow(50~80kph), Congested(50kph >) ▶ Motorway : Free flowing(60kph ≤), Slow(30~60kph), Congested(30 >)

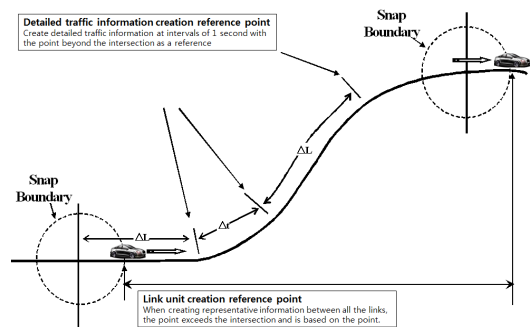
소통상황에 대한 표기 용어는 3단계 기준으로 볼 때, ‘원활-서행-정체’로 표기하는 것이 이용자의 인식도 제고와 혼동 방지를 위해 필요할 것으로 판단된다. 혼잡단계별 속도값 범위는 운전자들의 상대적 교통상황 인식으로 인해 가장 규정하기 어려운 부분이다. 따라서 본 연구에서는 3개의 분석결과를 종합적으로 고려해 도시내 일반도로, 고속도로, 자동차 전용도로에 대한 속도값 범위는 3단계를 기본으로 제시하였다. 이들 도로 중 가장 중요한 교통정보서비스 대상 도로인 도시 내 일반도로의 경우, 소통원활은 40kph 이상, 서행은 20~40kph, 정체는 20kph 미만으로 설정하여 서비스를 제공하는 것이 가장 합리적일 것으로 판단된다.

4.2 상세교통정보를 활용한 서비스 제공 방안

4.2.1 상세교통정보 수집 체계

도시교통정보시스템(UTIS)은 전국 33개 주요 도시에 설치되어 지역센터-통합센터 체계를 기반으로 교통정보를 실시간으로 수집·제공하고 있다. 도시교통정보시스템에서는 링크 소통정보 외에도 세그먼트 소통정보 데이터를 수집하고 있다.

세그먼트 정보는 링크 내에서 특정 시간 또는 거리 동안의 세분화된 데이터로써 교통 관련 주요 기초데이터로 활용이 가능하다. 현재보다 세분화된 교통소통정보의 제공과 기초데이터의 활용성 제고를 위해 기존의 교통정보를 수집하는 로직을 수정하여 모든 링크에서 1초 단위의 상세교통정보 생성이 가능하도록 개선하였다. <Figure 6>은 링크 및 세그먼트 데이터 작성방법을 나타낸 것이다.



<Figure 7> How to Create Traffic Information of Urban Traffic Information System

링크/세그먼트 단위의 정보 작성은 진입노드, 진출노드 모두 노드를 벗어나는 시점을 기준으로 한다. 상세교통정보 작성은 노드를 벗어난 시점을 기준으로 매 1초 마다 작성하게 된다.

4.2.2 상세교통정보 서비스 제공 방법

① 기본방향 및 적용대상

기존 교통정보서비스가 링크 단위로 이루어지는 것에 반해 상세교통정보 서비스는 초(sec)단위의 속도 데이터를 활용, 각 링크를 교통상황별로 세분화하여 제공하는 서비스로 정의할 수 있다. 본 연구에서는 상세교통정보에 대한 이용자 식별성 및 서비스의 실용성 확보를 위해 상세교통정보 서비스 제공이 필요한 링크에 대한 기준을 설정하였다.

우선 고속도로 같은 연속류 링크는 최소 링크길이 기준을 적용하여 기준값을 초과하는 링크에 대해 상세교통정보를 표출하며, 도시부 일반도로 중심의 단속류 링크는 도시 내 주요도로를 대상으로 차로조건, 교통규제 조건, 최소링크길이 조건 등을 종합적

으로 고려하여 서비스 대상 링크를 선정하였다. 여기서, 교통규제 조건은 링크 속성값 중 최고제한속도를 적용하였다. 각 링크별 최소길이 기준은 운전자의 정보 시인성 및 서비스 식별성 등을 고려하여 각 링크에 설정된 최고제한속도로 약 30초~40초 이상 주행 가능한 거리로 설정하였다. <Table 14>는 상세교통정보서비스를 위한 도로종류별 제공 기준을 정리하여 제시한 것이다.

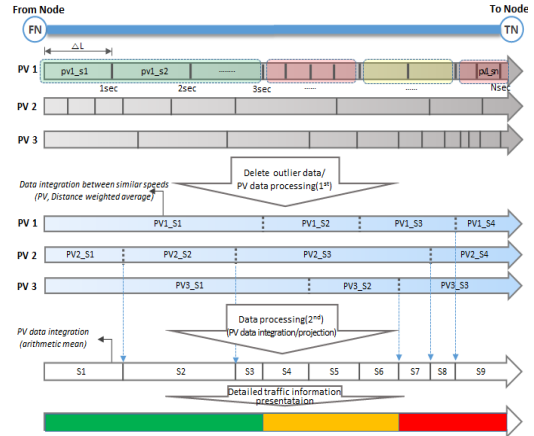
<Table 14> Criteria for Applying Traffic Information Services by Road

Classification	Interrupted flow	Uninterrupted flow
Target	Urban road National/ Local road	Highway, Motorway
Link length	500m <	1km <
Number of lanes	2lanes or more	n/a
Speed limit	50km/h <	n/a

② 상세교통정보 서비스를 위한 데이터 가공 방법
상세교통정보의 왜곡을 최소화하기 위해 교통신호로 인한 대기 시간외에 도로별 주정차 시간(택시 승객 대기시간, 업무 처리 시간 등)을 이상치로 간주하여 1차적으로 데이터 필터링을 시행하였다. 데이터 필터링 기준은 도시부 교차로의 최대 신호 운영 주기값 및 GPS 좌표값을 참조하여 오차범위를 고려한 동일지점 정지시간이 180초를 초과하는 데이터를 대상으로 하였다.

1차 필터링 된 데이터를 활용하여 현시점 이전 15분(5분 기준 3주기) 동안 해당 링크를 통과한 PV 초단위 속도 데이터를 <Figure 8>에 제시된 절차에 따라 가공하여 상세소통상황 표출을 위한 통행속도 기준값을 설정토록 하였다. 통행속도 기준값을 활용한 최종적인 상세교통정보 표출방법은 앞의 '4.1 기준 서비스기준 개선 방안'에서 제시된 도로종류별/교통상황별 교통소통정보 표출기준(소통상황별 속도범위)을 활용하였다.

PV별 원시데이터의 1차 가공을 위한 유사속도구



<Figure 8> Key Map of Data Processing for Detailed Traffic Information Service

<Table 15> Criteria for Data Intergration between Similar Speeds by Road

Classification	Similar speed section(1)	Similar speed section(2)	Similar speed section(3)
Interrupted	20kph >	20~39kph	40kph ≤
Uninterrupted	40kph >	40~69kph	70kph ≤

간 데이터 통합 기준은 <Table 15>에 따르며, PV별 거리가중평균(1차 가공시) 및 PV 데이터 통합(2차 가공시)을 위한 산식은 식 (1), 식 (2)와 같다.

$$PV1_S1 = \frac{pv_1 - s_1 \times \Delta L_1 + pv_1 - s_2 \times \Delta L_2 + \dots + pv_1 - s_n \times \Delta L_n}{\Delta L_1 + \Delta L_2 + \dots + \Delta L_n} \quad (1)$$

여기서,

PV1_Sn = PV별 유사속도구간 통합 후 통행속도

pv_s_n = PV별 초단위 원시 통행속도

ΔLn = 각 속도생성시간(1sec) 동안 이동거리

$$S1 = \frac{PV1_S1 + PV2_S1 + \dots + PVn_S1}{N} \quad (2)$$

여기서,

PV1_Sn = PV별 유사속도구간 통합 후 통행속도

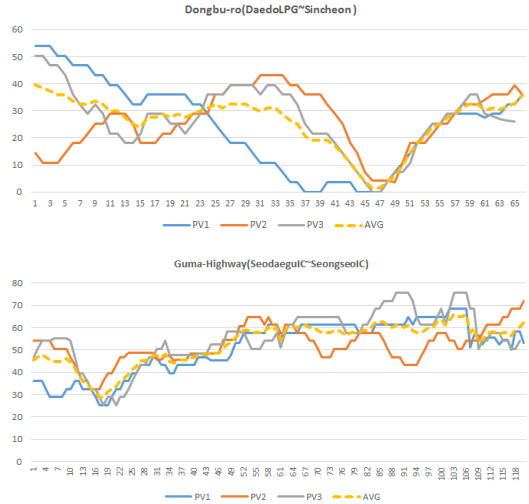
pv_s_n = PV별 초단위 원시 통행속도

ΔLn = 각 속도생성시간(1sec) 동안 이동거리

4.2.3 개선방안 시험적용 및 평가

상세교통정보 표출기준의 시험적용을 위해 대구 시 2개 링크(단속류 1개 링크, 연속류 1개 링크)를 선정하였다. 시험적용 대상 링크는 앞의 <Table 14>에서 제시된 설정기준을 만족하는 링크를 대상으로 PV 통과횟수를 고려하여 선정하였다. 시험적용을 위한 기초 데이터는 평일(월~금) 오전 첨두 시간 기준으로 2시간 속도 데이터(08:00~10:00)를 사용하였으며, 분석에 활용된 상세교통정보 수집용 PV는 각 링크별로 각 3대이다.

<Figure 9>는 링크별 초단위 속도값의 변화추이를 나타낸 것이며, <Table 17>은 기존 링크 단위 소통정보 표출방식과 개선 적용된 상세교통정보 표출방식의 적용 결과를 나타낸 것이다.

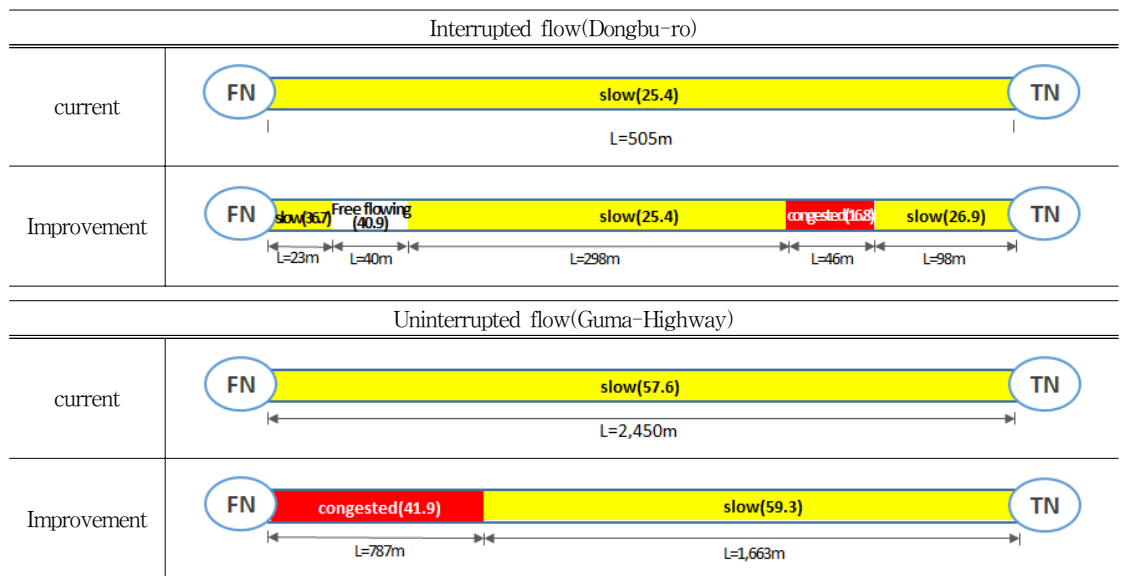


<Figure 9> Analysis Result of Speed Data (by PV)

<Table 16> Test Applied Link

Classification	Interrupted flow	Uninterrupted flow
Link ID	1510026500	1560009200
Link Start~End point	Daedo LPG~Sincheon	Seodaegu IC~Seongseo IC
Link length(m)	505	2,450
Number of lanes(each way)	4	2
Speed limit(km/h)	60	100

<Table 17> Detailed Traffic Information Expression Method Result of Trial Application



<Table 13>에 제시된 것과 같이 기존 방식은 링크단위로 도로연장이나 세부구간의 교통상황에 관계없이 단일한 정보만을 제공하는 반면, 개선 방식은 단일링크를 교통상황 변화에 따라 1~N개의 세부구간 단위로 탄력적으로 구분하여 상세교통정보를 표출함으로써 해당 도로구간의 소통상황을 더욱 정확히 반영하고 있음을 알 수 있다. 이와 같은 상세교통정보 제공방안은 링크길이가 길고 소통상황 변화가 많은 링크들에 대한 교통정보서비스 시행 시 사용자들이 해당구간의 소통상황을 더욱 정확히 이해하는데 도움을 줄 수 있을 것을 뿐 아니라, 최적경로탐색이나 교통안전서비스 등 다양한 교통분야에 활용이 가능할 것으로 판단된다.

5. 결 론

교통정보서비스를 제공하는 가장 기본적인 방법은 노드-링크 체계 기반으로 소통상황을 표출하는 것이며, 여기에는 소통상황 구분 방법, 제공단계 등에 대한 체계적 기준이 필요하다. 하지만 교통혼잡에 대한 명확한 정의 및 정량화 기준 등이 부족하기 때문에 각 기관별로 상이한 기준에 따라 서비스를 제공하고 있는 상황이다. 또한 도로특성 및 교통상황에 관계없이 각 링크(link) 단위로 단일한 일률적 정보만이 제공되고 있는 한계도 가지고 있다.

본 연구에서는 다양한 공학적 접근방법을 통해 교통정보서비스를 효율적으로 표출하기 위한 합리적 기준을 수립하였으며, 이를 활용하여 기존 링크단위 정보 제공체계의 한계를 극복하기 위한 상세교통정보서비스 제공방안을 제시하였다.

교통정보서비스의 합리적 표출기준 수립을 위해 사용자 설문조사, 통계적 분석, 도로용량편람 활용 방법 등 3개 방법론을 적용하였다. 각 방법론은 교통혼잡(Traffic Congestion)의 주관성/상대성과 관련된 한계 극복과 다양한 교통상황에 대한 정량적 기준을 수립하는데 있어 상호보완적으로 활용이 가능토록 방법론을 설계하고 분석을 수행하였다.

3개 방법론을 활용해 교통정보서비스의 기본 표출

기준을 정립하였으며, 대상도로는 도시부 일반도로, 자동차전용도로, 고속도로로 한정하였다. 교통상황에 대한 구분은 3단계(소통원활, 서행, 정체)를 기본으로 진출입이 제한된 고속도로/자동차전용도로에 대해서는 4단계까지 제공하는 것이 효과적일 것으로 판단하였다. 소통상황별 속도구분은 도시부 일반도로의 정체상태는 20kph 미만, 서행 20~40kph 미만, 소통원활 40kph 이상으로, 고속도로의 정체상태는 40kph 미만, 서행 40~70kph 미만, 소통원활 상태는 70kph 이상으로 하는 설정하는 것이 합리적임을 보였다.

도출된 교통정보서비스의 기본 표출기준을 활용하여 최종적으로 상세교통정보서비스 제공 방안을 제시하였다. 상세교통정보는 본 연구를 통해 기존의 도시교통정보시스템의 교통정보 데이터 수집 로직을 개선·보완한 차량단말기(OBE)를 통해 초 단위로 수집되며, 현재 대구시에서 운행 중에 있다. 상세교통정보가 제공이 필요한 도로교통 조건을 우선 설정하고, 초(sec) 단위 속도 데이터를 세부구간 단위의 상세교통정보를 가공하기 위한 방법론을 제시하였다. 대구시 2개 링크에 대한 시험적용 결과, 상세교통정보 표출방식이 기존 방식에 비해 단위구간의 소통상황을 더 정확히 반영할 수 있으며, 이용자 측면에서도 교통상태에 대한 식별성을 높일 수 있는 것으로 나타났다.

본 연구에서 제시된 교통정보서비스 표출기준은 2018년 내에 경찰청 도시교통정보센터에 적용될 예정이며 2019년 이후 타 교통정보센터로의 확대 적용도 추진할 계획으로써, 향후 교통정보서비스의 효율성을 향상시키고 교통정보 서비스 이용자의 혼란도 최소화시킬 수 있을 것으로 판단된다.

References

- Bok, K.C., S.J. Choi, Y.H. Kang, J.G. Lee, and S.H. Lee, "Development of a Traffic Condition Index(TCI) on Expressway", *Journal*

- of *Korean Society of Transportation*, Vol.27, No.5, 2009, 85-95.
 (복기찬, 이승준, 최윤혁, 강정규, 이승환, “고속도로 소통상태지수 개발에 관한 연구”, *대한교통학회지*, 제27권, 제5호, 2009, 85-95.)
- European Conference of Ministers of Transport (OECD), *Managing Urban Traffic Congestion*, 2007.
- Hong, J.Y., S.B. Lee, B.M. Yeon, and J.B. Lim, “Development of Customer Satisfaction Model of Providing VMS Traffic Information”, *The Journal of Korean Institute of Intelligent Transport Systems*, Vol.8, No.3, 2009, 11-19.
 (홍지연, 이수범, 연복모, 임준범, “VMS 교통정보 제공에 따른 이용자 만족도 모형 개발”, *한국 ITS 학회논문지*, 제8권, 제3호, 2009, 11-19.)
- Kim, M.S., “A Study on Characteristics of Driver’s Visual Time-varying on the message Display Form”, *International Journal of Highway Engineering*, Vol.15, No.1, 2013, 163-169.
 (김명수, “VMS 표출형태별 운전자 주지시간 특성에 관한 연구”, *한국도로학회 논문집*, 제15권, 제1호, 2013, 163-169.)
- Kum, K.J., Y.T. Son, D.M. Bae, and S.N. Son, “A Study on Significance Testing of Driver’s Visual Behavior due to the Message Display Forms on the Road”, *International Journal of Highway Engineering*, Vol.7, No.4, 2005, 151-162.
 (금기정, 손영태, 배덕모, 손승녀, “도로상 VMS 표출방식별 운전자 유의성 검증에 관한 연구”, *한국도로학회 논문집*, 제7권, 제4호, 2005, 151-162.)

◆ About the Authors ◆



Kwangsoo Bae (kwangsoo97@koroad.or.kr)

Kwangsoo Bae is currently a Senior Researcher of Traffic Science Institute at KoROAD (Korea Road Traffic Authority). He received his MS in Transportation Engineering from University of Seoul in 2002 and was acquired qualification of Professional Engineer (PE) Transportation in 2008. His current research interests include C-ITS (Cooperative Intelligent Transportation Systems), traffic information service and data mining.



Seungcheol Lee (leesc@koroad.or.kr)

Seungcheol Lee is currently a Senior Researcher of Traffic Science Institute at KoROAD (Korea Road Traffic Authority). He received his Ph.D. in Transportation Engineering from Keimyung University in 2012. His current research interests include ITS, traffic information service, data mining and public transportation.