

가속소음을 활용한 실시간 거시 교통류 모니터링

Real Time Macroscopic Traffic Flow Monitoring Using Acceleration Noise

엄기종* 이청원**
(Ki Jong Eom) (Chung Won Lee)

요약

Acceleration Noise는 교통류의 안정성을 진단하는데 중요한 지표이다. 하지만, 기존의 연구에서는 개별차량의 Acceleration Noise에 대해서만 수행되었고, 거시적 관점에서의 Acceleration Noise에 대해서는 연구가 이루어지지 않은 실정이다. 본 논문에서는 거시적 교통류 모니터링 지표인 Network Acceleration Noise를 제안하고, 이를 분석하여 거시 교통류 모니터링 활용방안에 대한 연구를 수행하였다.

Abstract

The acceleration noise is valuable index to monitor traffic stability. However, the previous study was performed for the acceleration noise of individual vehicle. The consideration of the acceleration noise for vehicle in the network has not been studied yet. This paper proposes a new macroscopic traffic flow monitoring method based on applying network acceleration noise.

Key words: Acceleration noise, network acceleration noise, u-transportation, paramics API, macroscopic monitoring

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

최근의 검지 체계는 기존의 지점 검기지 기반에서 차량간 통신과 구간검지체계를 이용한 검지환경이 구현되어가고 있다. 특히 국내에서는 “u-Transportation”이란 이름으로 각종 R&D가 진행되고 있다.

유비쿼터스 환경이란 사물들의 네트워크화를 지향하며 결국, 이는 사람·컴퓨터·사물 모두를 유·무선으로 연결하고 센싱과 트래킹을 통해 장소나 시

간에 따라 그 내용이 변화하는 특화된 정보서비스를 받을 수 있음을 의미하는 것이다. 이처럼 유비쿼터스 시대가 도래함에 따라 교통기술에 USN, Wireless, Mobile 등의 유비쿼터스 기술이 Transportation과 접목되어 인간 중심의 유기적 첨단교통체제로 변화하였다.

u-Transportation의 의미는 유비쿼터스 환경하에서 여행자, 교통시설, 교통수단이 실시간으로 네트워킹하여(상태인식 및 인과관계 정보가 분석되어) 안전성과 이동성에 기여하는 인간중심의 미래형 교통서비스 및 시스템을 제공하는 신 교통공간이라 정의한다 [1-4].

† 본 연구는 교통체계효율화사업 “u-Transportation 기반 기술개발” 연구단 과제 3세부과제 “u-Transportation 운영관리 기술개발”의 지원으로 수행되었습니다.

* 주저자 : 서울시립대학교 교통공학과 석사과정

** 공저자 : 서울시립대학교 교통공학과 부교수(교신저자)

† 논문접수일 : 2009년 3월 19일

† 논문심사일 : 2009년 4월 25일

† 게재확정일 : 2009년 4월 26일

유비쿼터스 교통체계는 차량간 통신 및 차량과 시설물간의 연속적인 통신을 전제로 하며 기존의 지점검지기 기반의 교통류 모니터링보다 자료의 양적측면이나 질적측면에서 더 높은 수준의 자료가 수집될 것으로 예상되므로 한 차원 높은 이론의 적용 및 모니터링 방법이 요구된다.

즉, 단순히 자료를 사고나 속도를 계산하는데 쓰고 버리는 것만으로 실시간 교통관리의 최적화를 도모할 수는 없으며, 새로운 이론 및 방법의 적용을 위해서는 요구자료 형태 및 처리프로세스를 시스템의 구축이전에 분석하여 파악해 두어야 할 것이다.

u-Transportation이 지향하는 Probe자료를 센터단으로 가져오게 되면 현재의 지점검지기체계보다는 진보된 교통류관리가 가능하다고 예견되고 있다. 그러나 아직 구체적인 이론정립이나 활용이 본격적으로 이루어지지 않은 실정이다.

본 논문에서는 선행연구인 u-Transportation자료를 기반으로 적용 가능한 거시교통류 모니터링방안 구현에서 제시된 지표 중 Acceleration Noise를 도출하는 방법을 제시하고 이를 활용한 거시적 교통류 관리방법을 제안하였다. 단, 자료획득을 위한 현장이 갖춰지지 않은 관계로 Simulation을 이용하여 자료를 획득하는 방법으로 연구를 진행하였다.

II. 기존문헌고찰

1. 기존연구검토

Acceleration Noise 속도변화를 감가속도의 표준편차로 표현한 지표로서 아래와 같이 계산되며 교통류의 안정성을 진단한다 [5, 6].

$$\sigma = \left[\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{or} \quad \sigma = \left[\frac{\Delta t}{T} \sum a^2(t) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

σ : 감가속도의 표준편차

하지만 개별차량의 감가속 정보수집에 많은 어려움이 있는바, 이에 대한 연구사례가 미흡한 실정이다.

Acceleration Noise는 교통류의 안정성을 진단하는데 유용한 지표이다. 차량이 많지 않은데도 갑자기

이 값이 증가한다면 도로상에 낙하물이나 사고 등으로 인해 안정성이 저하되는 요인이 발생했을 개연성이 있다고 볼 수 있다. 따라서 이 지표의 모니터링을 통한 교통류 진단이 정교화 될 수 있을 것이다.

운전자는 희망속도를 유지하기 위해 감가속을 한다는 가정에서 출발하는 이론으로서 희망속도를 유지하지 못하는 것은 도로환경·교통류의 질이 악화되었다는 것을 의미한다.

Jones(1962)의 연구에서는 개별 차량의 Acceleration Noise와 각기 다른 도로환경, 운전자, 소통상황, 교통량과의 연관성을 연구하였다 [7].

2. 기존연구와의 차별성

기존연구검토 결과 개별차량의 감가속도 정보 수집에 많은 어려움이 있어 연구사례가 미흡하였고, 개별차량의 Acceleration Noise를 이용한 연구가 있었지만 거시적인 측면에서 Network 개념의 Acceleration Noise에 관한 연구는 없었다.

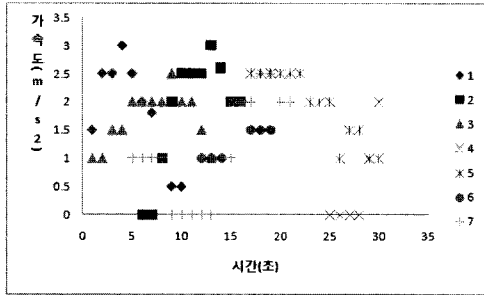
따라서 본 연구에서는 PARAMICS를 이용하여 개별차량의 정보를 수집하고, 이를 활용하여 Network 개념의 Acceleration Noise의 이용방안을 제시하고자 한다.

III. Network Acceleration Noise

u-Transportation 환경하에서는 Network에 존재하는 개별차량의 자료가 한 차원 높은 수준으로 수집될 것으로 예상된다. 이에 Network에 존재하는 모든 개별차량의 속도자료를 취득하여 가공하면 <그림 1>과 같이 시간에 따른 각각의 차량별 가속도 자료를 얻을 수 있다.

<그림 1>에서 보면 차량이 Network에 존재한 시간이 같지 않기 때문에 Network에 미치는 영향이 같다고 볼 수 없다. 따라서 이에 대한 가중치를 부여가 필요하다. 이를 해결하기 위해 수집주기 동안에 관측된 모든 차량의 가속도의 표준편차를 계산하는 Network Acceleration Noise 개념을 도입하였다.

본 연구에서는 분석주기를 30초로 설정하고 30초



<그림 1> 개별차량의 시간별 가속도
<Fig. 1> Acceleration noise of individual vehicle

동안 수집된 모든 개별차량의 가속도의 표준편차를 Network Acceleration Noise로 정의하고 다음과 같이 계산된다.

$$nAN = \left[\frac{1}{M} \left(\sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^{I_j} a_{ij}^2 - M\bar{a}^2 \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

nAN : Network Acceleration Noise

i : 차량ID

J : 수집주기 T_c 동안 총 수집횟수

I_j : t_j 시각에서 대상 Network을 운행한 차량 수

M : 수집주기 T_c 동안 대상 Network에서 측정된 관측값의 수

a_{ij} : 차량 i의 t_j 시각에서의 가속도

\bar{a} : 수집주기 T_c 동안 수집된 모든 가속도 자료의 평균

IV. Simulation 분석

현재 u-Transportation 환경의 개별차량 운행 자료를 대규모로 생성할 수 있는 방안은 가상 Simulation이 유일하다.

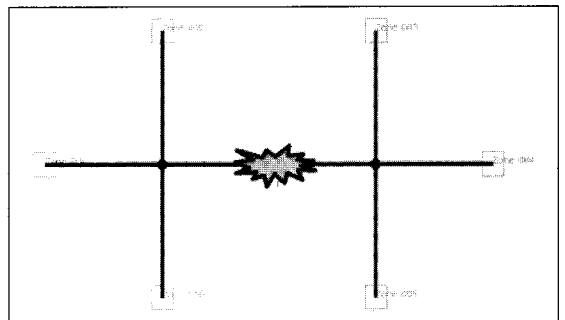
PARAMICS의 API(Advanced Program Interface)는 사용자가 C코드를 이용하여 Simulation을 제어할 수 있는 기능을 가지고 있다. 이 기능을 활용하여 돌발상황의 발생과 해소라는 상황을 부여할 수 있다. Simulation을 통한 효과분석은 PARAMICS API를 이용하여, 분석 시나리오별로 수집된 자료를 이용하여 Network Acceleration Noise 값을 비교하는 전략으로

Simulation을 수행하였다.

1. Simulation 시나리오

자료수집을 위한 Network 구성은 교차로 2개와 6개의 Zone을 포함하는 단차로 Network으로 설정하였다. 모든 Link의 통행속도는 60km/h로 설정하였고, Simulation은 20분 동안 수행하고 첫 5분 자료는 분석에서 제외하였다. 각 교차로의 신호주기는 100초이며, 각 Zone간 교통량은 동일하다. 돌발상황이 발생한 구간은 <그림 2>와 같다.

자료수집은 PARAMICS API를 이용하여 차량 ID,



<그림 2> Simulation network 및 돌발상황 발생 구간
<Fig. 2> The network with incident occurred

<표 1> 수집자료의 예

<Table 1> The example of collected data

차량 ID	Simulation 시간(s)	속도(m/s)
109	14.5	8.15
109	15	10.65
109	15.5	13.15
109	16	14.33
109	16.5	14.27
109	17	14.26
109	17.5	14.26
109	18	14.26
109	18.5	14.26
109	19	14.26
109	19.5	14.26
109	20	14.26
109	20.5	14.26
109	21	11.50
110	21	8.60
...

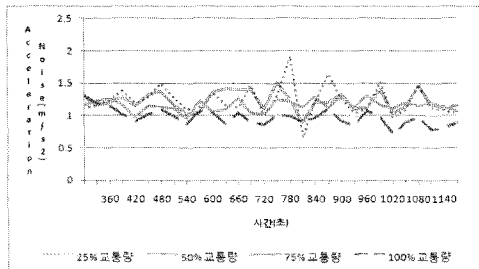
Simulation시간, 속도 자료를 매 0.5초마다 수집하도록 작성하였으며 수집자료의 형태는 <표 1>과 같다.

2. Simulation 분석

1) 수요변화에 따른 Acceleration Noise 값의 변동 분석

신호에 의한 대기행렬의 길이가 길어져 한 주기에 빠져나가지 못하는 차량이 발생하는 경우의 교통량을 100%교통량으로 정의하고, 이를 비율적으로 구분하여 25%, 50%, 75%, 100%의 교통량 별로 Acceleration Noise의 변동을 분석하였다.

교통수요가 적을 때가 많을 때 보다 Acceleration Noise 값이 더 크고 편차도 크게 분포되어 있다. 이는 절대적인 표본의 수는 수요가 많을수록 증가하기 때문에 이에 따른 편차는 감소 할 가능성이 높다. 또한 수요가 적은 경우에는 속도의 분포가 더 넓게 분포되는 반면, 수요가 많은 경우에는 지체가 발생하여 속도의 분포가 집중되기 때문에 Acceleration Noise 값은 수요가 증가 할수록 작아진다.



<그림 3> 교통량 별 Network acceleration noise 값의 변동

<Fig. 3> Fluctuation of the network acceleration noise depending on traffic demand

<표 2> 전체 Network의 교통량 별 평균 acceleration noise

<Table 2> Average Acceleration noise depending on traffic demand

(단위 : m/s^2)

	25% 교통량	50% 교통량	75% 교통량	100% 교통량
Acceleration Noise	1.23	1.23	1.16	0.97

2) 유고발생 시 수요변화에 따른 Acceleration Noise 값의 변동 분석

Network의 변화를 유고가 발생하는 상황을 설정하여 유고가 발생했을 때 이를 검증할 수 있는지에 대한 가능성을 알아보기 위하여 <그림 2>에서 보는 바와 같이 특정 지점에서 1분간 유고를 발생시켰다. 유고발생을 위해 simulation을 시작한 후 10분이 지났을 때 특정지점에 진입한 차량을 1분간 정지시켰으며, 이를 유고 상황으로 전개하여 실행하였다.

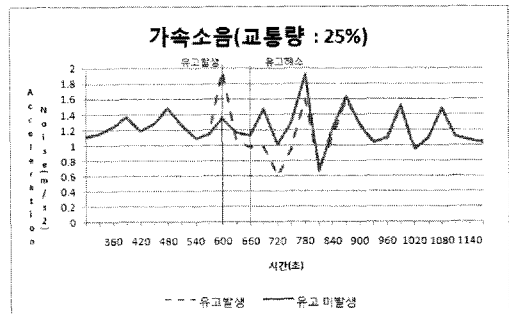
25% 교통량에서는 유고발생 직후에 Network Acceleration Noise 값이 유고 미발생 시와 비교하였을 때 급격하게 증가한 뒤 다시 급감하였다가 빠른 시간에 유고가 발생하기 전의 교통류를 회복하였다.

교통량이 적어 절대적인 표본수가 적기 때문에 Network Acceleration Noise의 민감도가 크지만, 유고 상황이 Network에 미치는 영향이 지속되는 시간은 짧았다.

50% 교통량에서는 유고 발생 시 Network Acceleration Noise의 증가폭은 25%교통량과 유사하였으나 이후 감소폭은 현저히 줄어들었고, 다시 회복되기까지의 시간은 증가하였다.

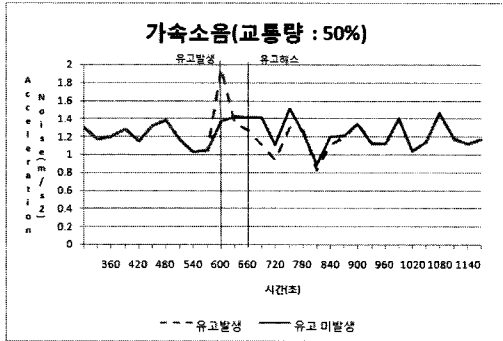
75% 교통량에서는 유고 발생 시 Network Acceleration Noise의 증가폭과 감소폭이 모두 감소하였고, 분석종료 시점인 20분에도 원래의 교통류를 회복하지 못하였다.

100% 교통량에서는 이미 교통류가 와해된 상태이



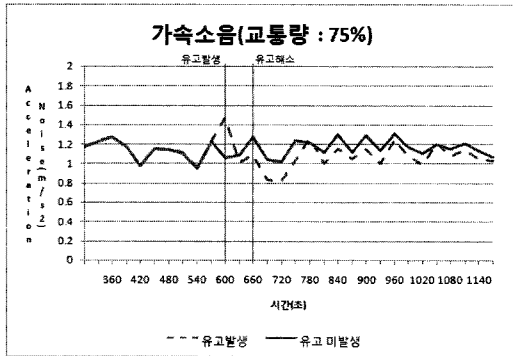
<그림 4> 25% 교통량에서의 Network acceleration noise 값 비교

<Fig. 4> Comparison of non-incident and incident network acceleration noise : 25% traffic demand



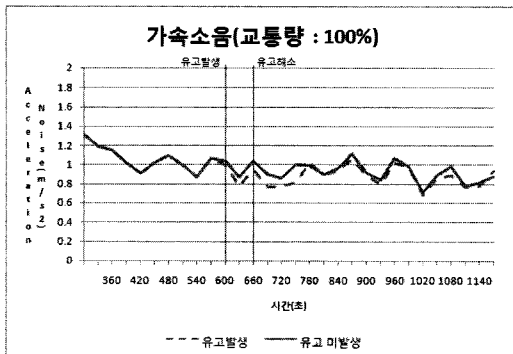
<그림 5> 50% 교통량에서의 Network acceleration noise 값 비교

<Fig. 5> Comparison of non-incident and incident network acceleration noise : 50% traffic demand



<그림 6> 75% 교통량에서의 network acceleration noise 값 비교

<Fig. 6> Comparison of non-incident and incident network acceleration noise : 75% traffic demand



<그림 7> 100% 교통량에서의 network acceleration noise 값 비교

<Fig. 7> Comparison of non-incident and incident network acceleration noise : 100% traffic demand

기 때문에 유고 발생 시에도 Network Acceleration Noise의 눈에 띄는 증가는 없었다. 추가지체로 인한 감소폭 또한 크지 않아서 교통류가 와해된 상태에서의 유고 발생은 영향이 크지 않았다.

3. 분석 결과

Simulation을 통해 수요량의 변화 및 유고상황의 유무에 따른 Network Acceleration Noise 값을 분석한 결과 <표 3> 및 <그림 8>과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

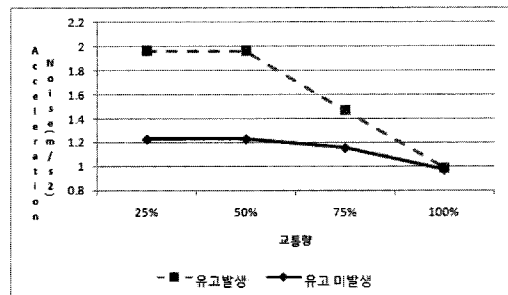
수요가 증가할수록 표본의 수가 많아짐에 따라 Network Acceleration Noise 값의 변동폭은 감소하였고, 유고가 발생했을 때 Network에 미치는 영향은 교

<표 3> 교통량 별 Network acceleration noise의 변동 및 교통류 회복시간 비교

<Table 3> Comparison of for each network acceleration noise and recovery time for each traffic demand

구분	25% 교통량	50% 교통량	75% 교통량	100% 교통량
Network Acceleration Noise 변동폭	●●●●●	●●●●	●●●	●
교통류 회복시간	●	●●	●●●	●●●●

- : 매우 작음
- : 작음
- : 큼
- : 매우 큼



<그림 8> 교통량 별 유고 발생 직후 Network acceleration noise 값 변동비교

<Fig. 8> Comparison of the network acceleration noise after incident

통량이 적을수록 더 크고 빨리 회복되었다.

교통량이 증가함에 따라 Network의 Acceleration Noise 값은 감소하였고, 유고가 발생한 직후에는 Acceleration Noise 값은 교통량이 적을수록 더 높은 증가폭을 보였다.

필요한 것으로 판단된다.

향후에 시계열분석을 통한 지표값의 예측과 거시 교통류 모니터링 지표간의 관계에 대한 연구가 추가된다면 거시교통류 모니터링을 통한 원활한 교통흐름을 제공할 수 있을 것으로 예상된다.

V. 결론 및 향후과제

개별차량 운행자료를 거시교통류 분석에 활용하기 위한 방안을 개발하는 것은 교통관리 고도화를 위해 중요한 사항이다. 다양한 거시교통류 분석지표 중 Network Acceleration Noise를 정의하고 그 값을 다양한 교통상황에 적용하여 거시적 활용성을 진단하는 것이 본 연구의 목적이다.

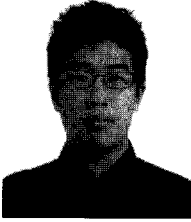
본 연구는 Network Acceleration Noise 값을 이용하여 수요의 변화나 유고 상황의 발생에 대한 검지의 가능성을 타진해 보았다. Network Acceleration Noise 값은 수요가 증가할 시에는 감소하고, 수요가 감소할 시에는 증가하는 현상 및 유고가 발생한 직후에는 급격하게 증가하는 현상을 확인했다. 이러한 특성을 이용하여 거시적 모니터링에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 Simulation의 특성상 Car-Following 이론에 따라 그 결과가 달라질 수 있으며 다른 거시교통류 모니터링 지표들과의 상관관계에 대한 연구가 더

참 고 문 헌

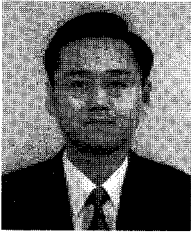
- [1] 이청원, 변완희, “유비쿼터스 컴퓨팅환경에서 교통기술의 이슈와 역할,” *대한토목학회지*, 제26권, pp. 259-263, 2004. 3.
- [2] 이청원, *Ubiquitous 도입에 따른 교통부문의 쟁점, 토지와 기술*, pp. 111-131, 2006. 6.
- [3] 한국교통연구원, *유비쿼터스 기반 교통체계의 비전과 전망*, 2006.
- [4] 한국교통연구원, *유비쿼터스 환경에서의 교통부문 여건변화 및 대응전략개발연구*, 2005. 12.
- [5] D. L. Gerlough and M. J. Huber, *Traffic flow theory: a monograph*, Special Report 165, Transportation Research Board, 1976.
- [6] TRB, *Traffic Flow Theory(Special Report 165)*, 1997.
- [7] R. J. Trevor, “The measurement of acceleration noise-a traffic parameter,” *Operations Research*, vol. 10, no. 6, pp. 745-763, Nov. 1962.

저자소개



엄 기 중 (Eom, Kijong)

2009년 2월 ~ 현재: 서울시립대학교 교통공학과 석사과정
2009년 2월: 서울시립대학교 교통공학과 공학사



이 청 원 (Lee, Chungwon)

2004년 ~ 현재 : 서울시립대학교 교통공학과 부교수
1999년 ~ 2004년 : 서울시정개발연구원 연구위원
1998년 : University of Texas at Austin, 토목공학과 (교통공학박사)
1988년 : 서울대 토목과 교통공학 석사
1986년 : 서울대 토목과 공학사