프로브 차량을 이용한 노면 미끄럼 측정 장치

장 진 환 | 정회원 · 한국건설기술연구원 전임연구원

1. 악천후에 따른 도로교통사고 심각성

2007년 기준 국내 도로교통사고 사망자 수는 6,166명이고, 이로 인한 사회적 손실은 연간 약 2.33조원으로 추정된다. 특히 차량 10만 대당 사망자 수는 평균 3.1명으로서 OECD 평균인 1.6명보다 약 2배가량 높으며 이는 OECD 30개 회원국 중 3번째로 높은 수준이다. 특히 이러한 도로교통사고 중 2007년 기준 악천후 일수는 8%(기상청)에 불과하지만, 악천후로 인한 사망사고는 1,433건(경찰청)으로 전체의 약 23%이고, 이로 인한 사회적 손실은 연간 약 5,400억원에 달한다.

또한 최근 들어 악천후로 인한 도로파손 등으로 교통사고가 발생시 도로관리자의 책임을 추궁하는 이른바 Tort Liability에 대한 인식이 확산되고 있다. 이로 인해 악천후 시 전방 도로의 위험상황(노면 결빙 등)을 신속하게 검지하여 이를 활용한 도로관리(염화칼슘 살포 등) 효율화 및 전방 위험도로 정보제공시스템 도입이 시급한 실정이다.

2. 기존 위험(미끄럼) 노면 측정 기술 한계

도로기상정보 수집과 관련해서 기존에는 주로 도로기상정보 수집장치(Road Weather Information System, RWIS)를 설치하여 특정한 지점의 강우, 강설, 안개, 결빙 정보를 수집하였다. 그러나 RWIS는 특정지점의 정보만을 수집, 제공하기 때문에 전체 도로구간에 대한 악천후 위험도로정보 수집에는 한계가 있을 수 밖에 없다. 뿐만 아니라 기존의 RWIS는 단지 노면 결빙, 강우량 등 노면 미끄럼에 영향을 미치는 수치(또는 상태)만 측정할 뿐 실제로 노면의 미끄럼 정도(동일한 결빙이라도 노면 미끄럼 상태는 가변적임)를 측정하는 데에는 한계가 있다.

3. 프로브 차량 기반 노면 미끄럼 측정 장치 개발 모티브

일반적으로 미끄러운 노면에서 차량이 주행 가속시에는 공회전 현상이 발생하고 감속 시에는 타이어 미끄럼이 발생하게 된다. 다시 말해서 차체(vehicle body)의 속도와 차량바퀴(wheel)의 속도차가 발생하게 된다. 만약, 차체의 속도와 차량바퀴의 속도를 정확하게 측정할 수 있다면 가속시 차륜 공회전 및

감속시 타이어 미끄럼 상태(slip)를 다음 식과 같이 측정할 수 있게 된다.

$$s = \begin{cases} \frac{w_w r_w - v_w}{w_w r_w} ; (\text{구동축 가속시}, w_w > 0) \\ \frac{v_w - w_w r_w}{v_w} ; (\text{구동축 제동시}, w_w > 0) \end{cases} \quad 0 \le s \le 1$$

여기서 w_w = 휠의 각도에 따른 차륜각속도
r_w = 유효 휠 반경
v_w = 차량속도
$w_w r_w$ = 차륜회전속도

최근 GPS 기술발전 및 대부분 차량에 ABS 센서가 장착됨에 따라 상기 식에서 필요로 하는 수치들을 비교적 용이하게 획득할 수 있게 되었다. 즉, GPS를 이용하여 차체의 속도를 측정하고 ABS 센서(차속센서)를 이용하여 차륜회전속도를 측정한다. 이에 본 연구에서는 GPS 및 ABS 센서값을 수집하는 장치를 개발하여 노면 미끄럼 상태를 측정하는 장치를 개발했다.

4. 프로브 차량 기반 노면 미끄럼 측정 장치 개발

4. 1 하드웨어

측정 장치의 하드웨어는 크게 GPS 신호 검출부와 휠 스피드(ABS) 센서 신호 수집부로 구성된다. GPS 센서는 위성으로부터 GPS 데이터를 수신 받아

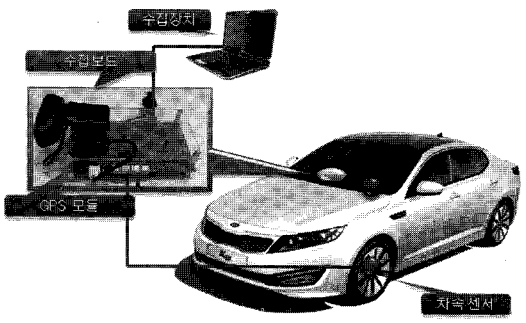

그림 1. 개발장치 하드웨어 구성도

시간 및 위치정보를 분석하고 이를 활용하여 차량속도(body speed)를 측정하는데 사용된다. 휠 스피드 센서는 차량의 차륜이 회전 시 일정한 파동을 생성시키고 이를 수집보드에서 측정하여 주행 중인 프로브 차량의 차륜회전속도(wheel speed)를 측정하는데 사용된다. 또한 측정 데이터의 유효성 등을 검증하기 위해 웹카메라가 사용되는데, 이는 도로 주행 중 도로의 영상을 취득하는데 이용된다.

4. 2 소프트웨어

프로브차량의 각 센서 및 장치로부터 수집된 자료(영상, GPS 신호, ABS센서 신호)는 자료 수집 및 분석 소프트웨어를 통해 실시간으로 저장 및 분석된다. 자료 수집 및 분석 소프트웨어를 통해 악천후 및 불안정한 도로 상태에 기인하는 노면 미끄럼 정도를 판단하며 현장 조건에 따른 각종 파라미터 조정으로 다양한 상황에서의 데이터 취득 및 분석을 수행한다.

- 센서데이터 수집/분석 그래프
  - 주행 중인 프로브차량의 충격센서 및 GPS/차륜회전속도 등을 통해 수집된 데이터를 화면에 표출한다. 수집된 센서 데이터에 대해 충격 및 미끄럼 알고리즘을 처리한 결과를 그래프 형태로 화면에 표출한다.

- 영상 화면
  - 프로브차량에 탑재된 웹 카메라를 통해 주행 중인 도로의 동영상을 표출한다. 동영상은 실시간으로 저장된다.

- 수집제어
  - 프로브 차량에 탑재된 각종 센서들과의 통신설정 및 데이터 수집, 저장 등을 제어한다.
  - 수집장치 연결 : 통신 설정, 통신 연결, 온·습도 통신설정, 온·습도 통신 연결을 수행한다.
  - 데이터 수집 : 수집시작, 저장시작, 파일 불러오기 등을 수행한다.

• 파라미터 및 센서 정보
  - 알고리즘 처리를 위한 파라미터 설정 및 기타 정보들을 표출한다.

5. 개발장치 활용방안 및 향후과제

본 프로브 차량 기반 미끄럼 측정 장치에서 수집된 값은 V2V(Vehicle To Vehicle) 및 V2I(Vehicle To Infrastructure) 기반의 첨단 무선통신을 이용하여 도로관리자 및 도로이용자에게 악천후 시 위험한 노면상황에 대한 유용한 정보를 제공할 수 있다.

도로관리자 측면에서는 노면 위험성 정도에 따른 우선순위에 따라 염화칼슘 살포 등 노면결빙 관리를 가능케 하고, 도로이용자 측면에서는 사전에 전방 위험도로 정보를 제공받음으로써 노면 미끄럼으로 인한 교통사고를 미연에 방지할 수 있게 해 준다.

그러나 본 연구에서 개발된 검지장치의 평가를 위해 모래로 덮인 도로, 수막현상 발생도로에서만 실험이 진행되었다. 실 도로에서 실험환경 조성의 한계로 인해 빙판, 강설 등 다양한 환경에서 개발 방법을 적용하지 못한 것이 본 연구의 한계점 중 하나이다. 따라서 향후에는 도로기상 조건 모사가 가능한 테스트베드에서 다양한 환경을 조성한 뒤 본 연구개발에서 제시한 방법론의 효용성을 검증하는 실험이 필요할 것이다.

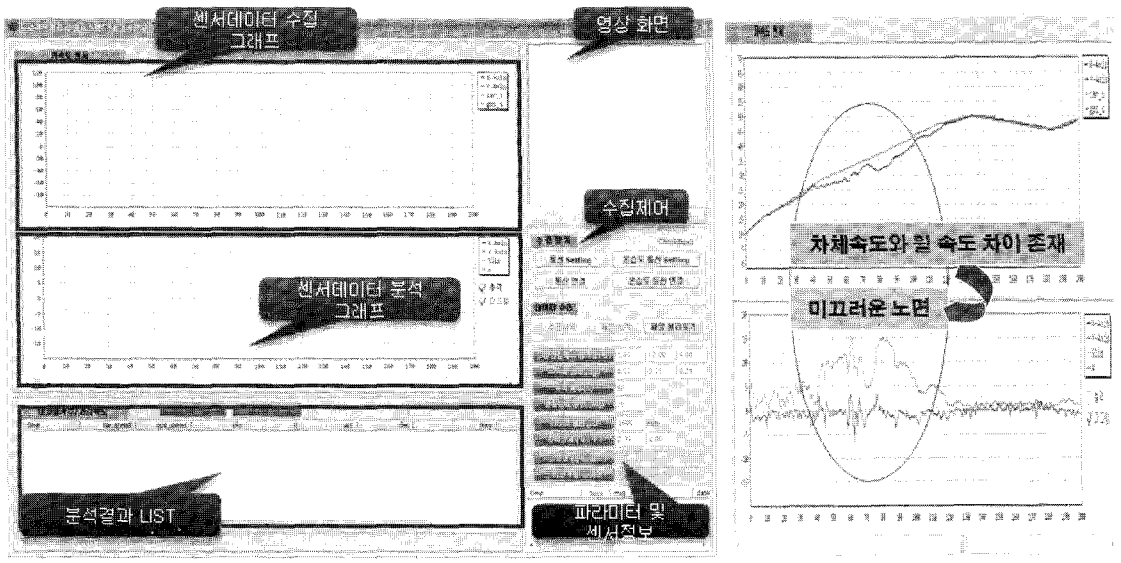

그림 2. 개발장치를 활용한 노면 미끄럼 측정 소프트웨어