

모바일 크라우드소싱 기반 운전자 지원 시스템의 설계 및 구현

Design and Implementation of Mobile Crowdsourcing-based Driver Assistance Systems (MC-DAS)

정 한 유*

Han-You Jeong*

Abstract

In recent years, there have been increasing interests in the mobile crowdsourcing that exploits multiple sensors, communication and user interfaces, and the computation power of widespread smartphones. In this paper, we present a novel mobile crowdsourcing-based driver assistance systems (MC-DAS) that crowdsource the sensor data of smartphone app having already passed a road segment, generate its profile information through a massive data processing, and forward this profile to the smartphone app of vehicle entering the road segment. Based on the MC-DAS platform, we also design and implement a new navigation system that advises the vehicle speed depending on the speedbump and on the road curvature profile. We expect that the proposed MC-DAS platform will be used as a platform for emerging new mobile crowdsourcing applications.

요 약

광범위하게 보급된 스마트폰의 다양한 센서들과 통신/사용자 인터페이스 그리고 연산능력을 활용하여 교통정보를 수집하는 모바일 크라우드소싱 시스템에 관한 관심이 최근 증가하고 있다. 본 논문에서는 특정 도로구간을 통과하는 스마트폰 GPS 수신기와 다양한 센서들이 생성한 데이터를 크라우드소싱하고, 대규모 정보처리를 통해 도로구간의 프로파일 정보를 생성하여 이를 해당 도로구간에 진입하는 차량에게 전달하여 운전의 편의성을 향상하는 모바일 크라우드소싱 기반 운전자 지원 시스템(MC-DAS)을 제시한다. MC-DAS 플랫폼을 기반으로 과속방지턱과 도로 곡률을 고려하여 속력조언을 제공하는 내비게이션 시스템을 설계/개발하고, 도로주행 실험을 통해 속력조언 내비게이션 시스템의 동작을 검증하였다. 제안하는 MC-DAS 플랫폼은 향후 스마트폰과 결합된 다양한 서비스를 제공하기 위한 플랫폼으로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

Key words : Intelligent transportation systems, driver assistance systems, mobile crowdsourcing, navigation, speed advisory

*Dept. of Electrical and Computer Engineering, Pusan National University

★ Corresponding author

E-mail: hyjeong@pusan.ac.kr, Tel:+82-51-510-7332

※ Acknowledgment

This research was supported by Next Generation Information Computing Development Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science and ICT (Grant 2017M3C4A7065980).

Manuscript received Mar. 12, 2018; revised Mar. 16, 2018 ; accepted Mar. 19, 2018

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서 론

도로교통공단에 의하면 교통사고로 인해 매년 약 5,000 명 전후의 사망자가 발생하고 있으며, 도로 교통사고로 인한 사회적 비용을 환산하면 2010년 12조 9,599억 원으로 GDP의 약 1.1 퍼센트, 국가 예산의 약 6.4 퍼센트에 해당하는 천문학적인 손실 규모이다 [1]. 뿐만 아니라, 도로교통 여건의 주요 지표들을 살펴보면, 2002년부터 10년 간 자동차 등록대수와 운전면허 소지자수는 각각 35.2 퍼센트, 33.2 퍼센트 증가한 반면 도로연장거리는 13.6 퍼센트 증가에 불과하여 도로혼잡 및 정체가 지속적으로 증가하였음을 알 수 있다. 50년 이상 지속되고 있는 도시화와 핵가족화, 그리고 인구의 노령화로 인해 시내 및 주변 간선도로에서 도로 혼잡 및 정체의 악화는 당분간 지속될 것으로 전망되며 향후 심각한 사회적 문제로 대두될 것으로 예상된다.

국토교통부의 국가교통정보센터에서는 지능형 교통체계(ITS) 표준 교통망 데이터베이스인 표준노드링크 DB를 구축하고, 도로관리주체인 한국도로공사, 지방국토관리청, 지방자치단체들과 연계하여 도로정보를 갱신하고 있다 [2]. 또한, 교통정보 콘텐츠를 쉽게 활용할 수 있도록 국토교통부와 경찰청에서는 실시간 교통정보를 공공데이터로 공개하고 있다 [3, 4]. 그러나, 정부에서 생성하는 공공데이터들은 고속도로와 간선도로 및 주요 시내도로에 한정되어 있으며, 제한된 예산으로 인해 도로 및 교통 정보의 갱신 지연이 큰 편이다 [5].

한편, 국내 이동통신 사업자들과 인터넷 포털 사업자들도 다양한 지능형 교통체계 정보 제공을 위한 시스템을 운영하고 있으며, 소프트웨어 생태계 구축을 위해 응용 프로그래밍 인터페이스(API)를 외부에 유/무료로 공개하고 있다. 그러나, 이들은 자체 수집한 정보에 대하여 제한적으로 공개하거나 고가의 API 사용료 정책을 유지하고 있어, 중소기업체들과 관련 연구자들이 이를 활용하는데 어려움이 있다.

과학기술정보통신부에 따르면 2018년 1월 현재 국내 스마트폰 가입자의 수는 약 4천 9백만 명에 이른다 [6]. 특히, 대부분의 사용자들이 스마트폰을 항상 휴대하고 있으며, 충분한 연산능력과 다양한

센서들, 그리고 통신 및 사용자 인터페이스를 지원하는 것이 스마트폰의 장점이다.

최근 사용자들의 모바일 단말이 제공하는 정보를 활용하여 도로 및 교통 정보를 수집하고 이를 처리하여 사용자에게 다시 제공하는 크라우드소싱(Crowdsourcing) 기반 지능형 교통 체계에 관한 관심이 크게 증가하고 있다 [7-13]. 논문 [7]은 교통 정보 인프라가 열악한 개발도상국에서 교통정보를 제공하기 위한 대안으로 크라우드소싱 기반 교통 정보 시스템의 구조를 제시하였다. 논문 [8, 9]는 효율적인 Vehicle-to-Everything (V2X) 통신을 수행하기 위해 크라우드소싱한 노변기지국(Roadside Unit: RSU)의 위치 정보를 기반으로 효율적인 멀티캐스트 라우팅 알고리즘을 제시한다. 논문 [10]은 실내 환경에서 정확도가 낮은 스마트폰 센서의 특징을 고려하여 사용자 이동경로를 강인하게 추정하기 위한 통계적인 기법들을 제시하였다. 논문 [11]은 크라우드소싱에 참여하는 사용자들의 제약과 선호도를 고려하여 인센티브를 제공하는 기법을, 논문 [12][13]은 내비게이션의 목적지 주변 경로를 결정하는 크라우드소싱 알고리즘을 제시하였다.

본 논문에서는 특정 도로구간을 통과하는 운전자의 스마트폰 센서가 생성하는 교통정보를 크라우드소싱하여 수집하고, 이들을 분석하여 해당 도로구간에 진입하는 차량들의 운전자에게 제공하는 모바일 크라우드소싱 기반 운전자 지원 시스템(Mobile Crowdsourcing-based Driver Assistance Systems: MC-DAS) 플랫폼을 제시한다. MC-DAS 플랫폼은 자체 개발한 안드로이드 기반 운전자 앱인 Smartphone Access in Vehicular Environments (SAVE), 그리고 이와 연동하는 MC-DAS 서버 데몬들로 구성된다. MC-DAS 서버는 SAVE 앱의 관문 역할을 수행하는 게이트웨이 데몬과, 출발지부터 목적지까지 경로를 제공하는 내비게이션 데몬, 내비게이션 경로 상의 각 도로구간에 진입하기 전 해당 도로구간의 교통정보를 제공하는 프로파일 데몬, 그리고 크라우드소싱한 스마트폰 센서들의 정보를 처리하는 교통정보처리 데몬으로 구성된다.

본 논문의 주요 기여사항은 다음과 같다. 첫째, 오픈소스 디지털 지도를 기반으로 스마트폰 센서 정보의 크라우드소싱, 대규모 데이터 처리를 결합하여 운전자 지원 기능을 제공하는 MC-DAS 플랫폼을 제시한다. 둘째, 스마트폰에 장착된 멀티코어

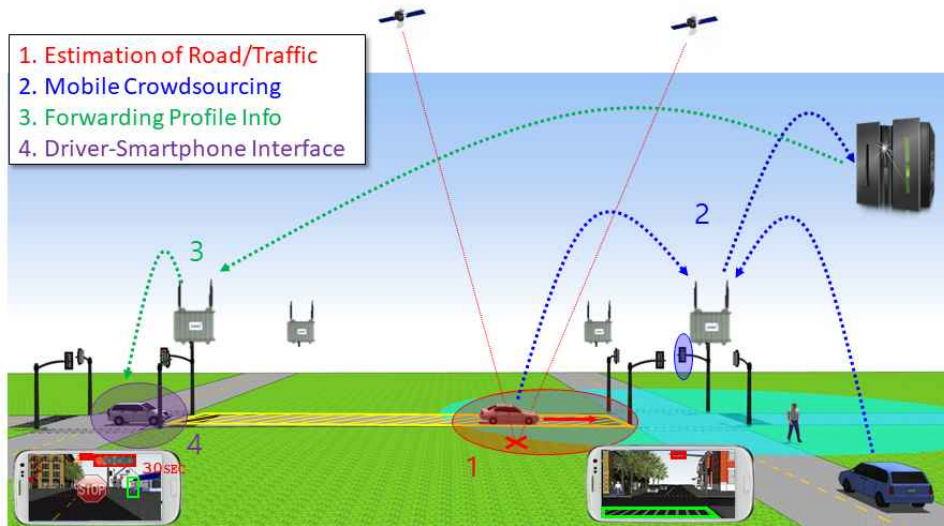


Fig. 1. Overview of mobile crowdsourcing-based driver assistance systems (MC-DAS)

그림 1. 모바일 크라우드소싱 운전자 지원 시스템의 개요

마이크로프로세서의 연산능력과 GPS, 가속도계, 자이로스코프 등의 센서들, LTE 통신, 터치스크린, 스피커 등의 통신/사용자 인터페이스들을 효율적으로 활용하여 운전자 지원 정보를 제공함으로써 향후 다양한 융합 서비스를 개발하기 위한 토대를 제공한다. 셋째, 오픈소스 디지털 지도를 기반으로 자체 개발한 서버 데몬들과 SAVE 앱을 연동하여 속력조언 내비게이션 시스템을 구축하고, 도로주행 실험을 통해 내비게이션 기능 및 도로 곡률과 과속 방지턱 위치를 고려한 속력조언 기능의 동작을 검증한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 MC-DAS 플랫폼의 개요를 설명한다. III장에서는 MC-DAS 플랫폼의 응용으로 속력조언 내비게이션을 설계하고, IV장에서는 도로주행 실험결과를 논의한다. 마지막으로 V장에서는 본 논문의 결론을 제시한다.

II. 모바일 크라우드소싱 기반 운전자 지원 시스템 (MC-DAS)

그림 1은 모바일 크라우드소싱 기반 운전자 지원 시스템의 예를 나타낸다. MC-DAS 시스템은 도로 구간을 통과하는 운전자의 SAVE 앱과 이동통신 기지국을 통해 연결되는 MC-DAS 서버로 구성된다. MC-DAS 시스템에서 노란색 빗금 표시한 도로 구간의 정보가 필요하면, 차량이 해당 도로구간을

통과하는 동안 SAVE 앱이 GPS, 가속도계, 자이로스코프 등의 센서들을 활용하여 도로 및 교통 정보를 주기적으로 감지한다 (1단계).

대부분의 스마트폰들에서 사용되는 GPS 수신기의 최소위치 갱신주기는 약 1초 정도이다. 반면, 관성센서들의 주기는 이보다 매우 짧기 때문에 GPS 주기 동안 다수의 측정값들이 발생한다. MC-DAS에서는 GPS의 주기 동안 관성센서 측정값들의 평균을 계산하여 관성 센서들의 측정값에 포함된 노이즈와 이상점(Outliers)들의 영향을 완화한다. 본 논문에서는 SAVE 앱을 통해 감지하는 도로/교통 정보를 프로파일 (Profile) 정보라고 정의한다. 프로파일 정보는 위/경도 좌표, 주행방향, 과속방지턱 등의 정적 프로파일 정보와 도로구간 통과시간, 신호등 대기시간, 주행 평균속력 등의 동적 프로파일 정보, 그리고 교통사고, 포트홀 등의 이벤트 프로파일 정보로 구분한다.

해당 도로구간을 통과하면, SAVE 앱은 수집된 스마트폰 센서 정보들을 LTE 등의 이동통신망을 통해 MC-DAS 서버의 교통정보처리 데몬으로 전달한다. 충분한 수의 프로파일 정보가 크라우드소싱되면, 교통정보처리 데몬은 이를 활용하여 운전자 지원을 위한 프로파일 정보를 자동으로 생성한다. (2단계)

교통정보처리의 예로 SAVE 앱을 활용하여 크라우드소싱한 6만 건 이상의 가/감속 주행 데이터를 분석하였다. 그림 2는 이를 통해 확보한

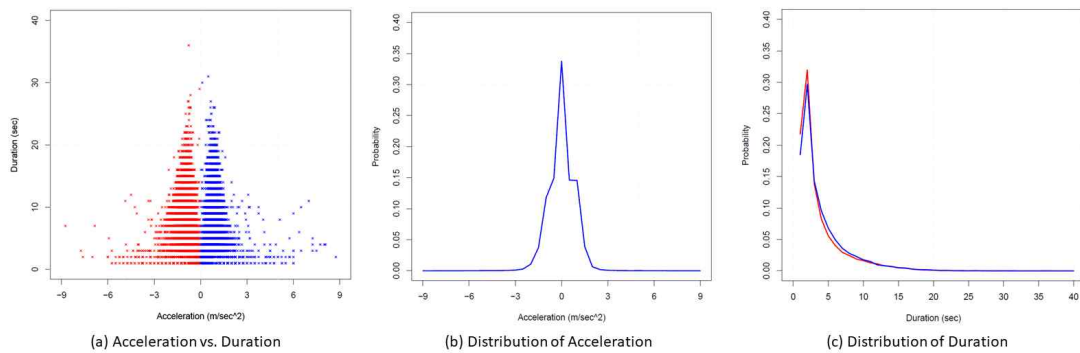


Fig. 2. Analysis of driving characteristics based on the crowdsourced sensing data

그림 2. 크라우드소싱된 센서 정보를 기반으로 한 운전특징 분석

운전자들의 가/감속 주행 특징을 보여준다. 그림 2 (a)는 주행 가/감속도의 크기와 지속시간에 대한 산포도를 나타낸다. 적색으로 표시한 감속구간과 청색으로 표시한 가속구간이 거의 대칭을 이루고 있음을 확인할 수 있다. 그림 2 (b)에서 가/감속도 크기의 평균값은 각각 $0.597/-0.603 \text{ m/sec}^2$ 이며, 정규분포와 유사한 형태를 나타낸다. 그림 2 (c)에서 가/감속 지속시간의 평균은 각각 $3.89/3.65 \text{ sec}$ 이며 기하분포(Exponential)와 유사하다.

교통정보처리를 통해 가공된 정보는 프로파일 데이터베이스에 저장된다. 이후 해당 도로구간에 진입하는 차량의 SAVE 앱이 프로파일 정보를 요청하면, 프로파일 데몬은 데이터베이스 질의를 통해 해당 정보를 검색하고, 그 결과를 이동통신망을 통해 전달한다. (3단계) 일부 도로의 교통정보만을 제공하는 공공데이터와는 달리 MC-DAS는 지도에 표시된 모든 도로의 프로파일 정보를 제공할 수 있는 점이 가장 큰 특징이다.

마지막으로, 운전자-스마트폰 인터페이스 (Driver-Smartphone Interface: DSI)의 설계를 통해 운전자에게 신속하고 정확한 정보를 전달한다. 논문 [14]에서 긴급한 안전 정보를 전달하는 다양한 DSI 방법들이 운전자 인지시간에 미치는 영향을 비교해 본 결과, 아이콘 표시가 문자 표시나 음성 전달, 또는 다른 복합적인 형태의 정보 전달보다 빠르게 위험을 인지할 수 있음을 보였다. 또한, 논문 [15]는 음성과 시각 정보를 동시에 활용하는 멀티모달 방식이 음성이나 시각 정보만을 활용하는 방식에 비해 운전부주의를 줄이면서 보다 신속하게 필요한 조작(내비게이션 설정)을 완료할 수 있음을 보였다. 이러한 기존 연구결과들을 기반으로 스마트

폰의 다양한 인터페이스를 활용해서 효과적으로 DSI를 설계하는 것이 필요하다 (4단계).

III. MC-DAS의 사례 - 속력조언 내비게이션 시스템 설계

본 장에서는 MC-DAS 플랫폼 사례로 기존 내비게이션의 기능을 확장한 속력조언 내비게이션 시스템(Speed-Advisory Navigation Systems: SANS)의 설계를 제시한다. SANS는 교차로에서 주행 정보를 제공하는 기존 내비게이션 기능에 도로 곡률과 과속방지턱 위치를 고려한 아이콘 기반 속력조언 기능을 추가한 내비게이션 시스템이다.

본 논문에서는 크라우드소싱 기반 오픈소스 디지털 지도인 오픈스트리트맵(OpenStreetMap: OSM)을 활용하여 도로망에 대한 지리정보를 관리한다. OSM은 사용자의 자발적인 참여를 통해 전세계 지도를 온라인으로 구축하고, 이를 지속적으로 갱신하는 오픈소스 프로젝트이며, 2018년 현재 약 400만 명 이상의 사용자가 지도 작성에 자발적으로 참여하고 있다 [16]. OSM은 점으로 나타내는 지리 정보를 node 테이블, 연결된 선으로 나타내는 지리 정보를 way 테이블, 그리고 이들 간의 상호 관계를 나타내는 정보를 relation 테이블에서 관리한다. 본 논문에서는 node/way의 속성정보인 highway tag를 활용하여 대한민국의 도로망 정보를 추출하고, Postgres DB에 이를 포팅하여 도로망에 대한 지리정보시스템을 구축한다.

OSM은 지리 정보와 관련된 다양한 오픈소스 패키지를 지원하는 것이 가장 큰 장점이다. 예를 들

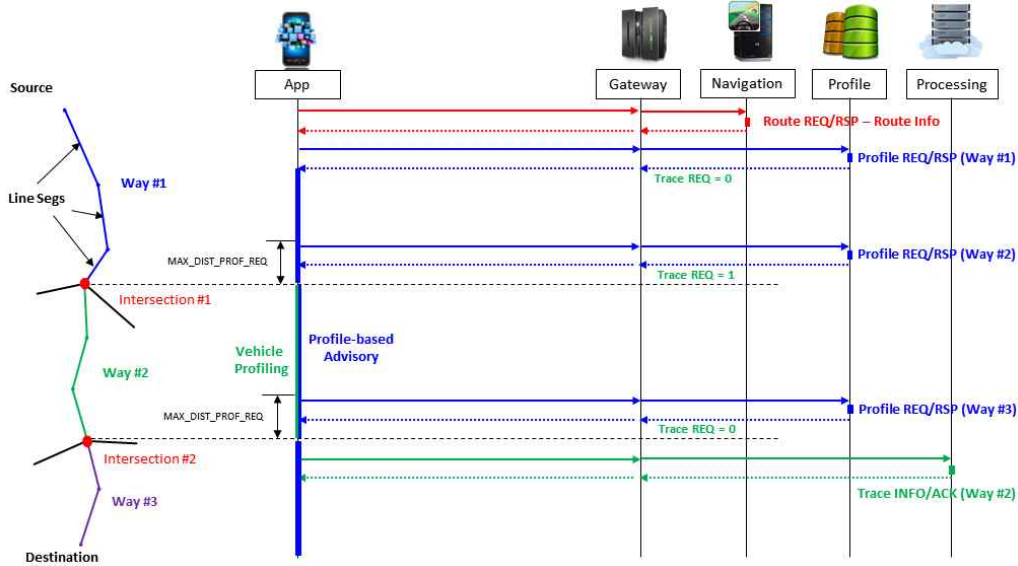


Fig. 3. Procedure of a speed-advisory navigation system based on the MC-DAS
 그림 3. MC-DAS 플랫폼 기반 속도조언 내비게이션 시스템의 동작 절차

어, 지도 수정도구인 JOSM과 지도 화면 렌더링을 위한 Mapnik, 지명과 위/경도 변환을 담당하는 Nominatim, 그리고 최단경로를 계산하는 내비게이션 엔진인 Open Source Routing Machine (OSRM) 등을 오픈소스 패키지로 제공한다. 본 논문의 SAVE 앱은 OSRM 내비게이션 엔진과 연동하여 경로를 설정한다. OSRM 내비게이션 엔진을 실행하면 모든 경로 정보들을 메인 메모리에 올려 경로를 계산하기 때문에, 경로설정 요청 시 신속하게 응답할 수 있다. 참고로 약 436 만 개의 노드들과 55 만 개의 링크들로 구성된 2016년 5월 4일자 OSM의 자료구조를 구현하는데 약 510 MB의 메모리 공간을 사용한다 [5].

1. 속도조언 내비게이션 시스템 동작 절차

그림 3에서 운전자의 SAVE 앱은 출발 전 현재 위치와 목적지의 위/경도 좌표 쌍을 OSRM에 전달한다. OSRM 서버는 출발지에서 목적지까지 모든 도로구간들과 교차로들의 DB 인덱스, 그리고 교차로 회전 정보들을 JSON 포맷으로 전달한다. SAVE 앱과 OSRM 내비게이션 엔진 간의 구체적인 인터페이스 설계는 논문 [5]를 참조하길 바란다. 내비게이션 경로 정보를 수신한 SAVE 앱은 경로 정보를 터치스크린에 도시하고, 각 도로구간에 진입하기 전(MAX_DIST_PROF_REQ = 200 m)에 프로파일 데몬에 다음 도로구간에 대한 프로파일 정

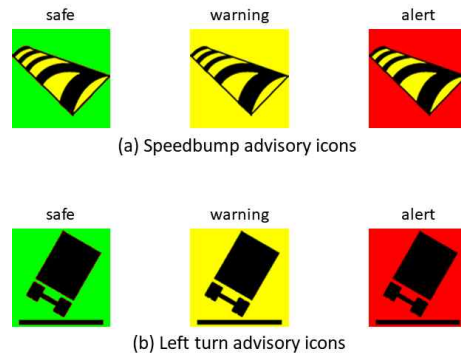


Fig. 4. Speed advisory icons
 그림 4. 속도조언 아이콘

보를 요청한다.

그림 3에 보인 바와 같이 OSM의 way는 다수의 직선도로구간들이 상호 연결된 폴리라인(Polyline)으로 구성된다. 프로파일 데몬은 폴리라인의 각 직선 도로구간마다 프로파일 정보를 할당하고 이를 관리한다. 속도조언 내비게이션 시스템은 과속방지턱 위치와 도로 곡률 정보를 SAVE 앱에 추가로 전달해야 한다. 과속방지턱 정보는 위/경도 좌표와 위치한 직선 도로구간 아이디, 추천속력 정보를 제공한다. 도로 곡률 정보를 제공하기 위해서는 곡선 도로구간의 시작점과 종료점의 위/경도 좌표와 이들이 포함된 직선 도로구간 아이디를 전달한다.

프로파일 응답 메시지를 수신하면, SAVE 앱은 그림 4에 나타난 것처럼 가장 근접한 프로파일

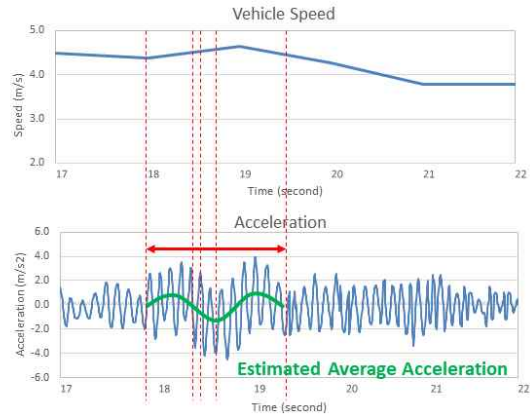
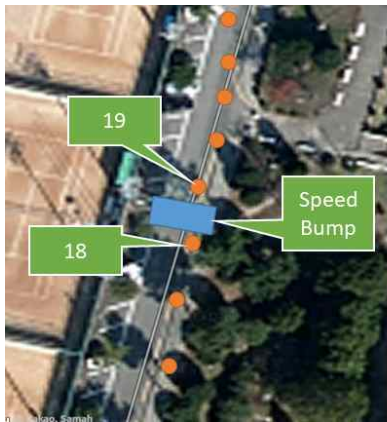


Fig. 5. Speedbump detection scheme
 그림 5. 과속방지턱 검출 기법

정보와 현재 차량의 위치/속력을 고려하여 운전자에게 프로파일 정보 아이콘 색을 변경하여 속력조언 기능을 제공한다. SAVE 앱의 속력조언 알고리즘은 III-3 절에서 구체적으로 설명한다.

그림 3의 way #2에 나타난 것처럼 프로파일 데이터가 응답 메시지에 클라우드소싱 요청 필드를 설정하면, way #2에 진입하기 전에 센서를 동작시켜 해당 도로구간의 교통정보를 수집한다. 차량이 way #2를 벗어나서 way #3에 진입하면 수집한 프로파일 정보들을 교통정보처리 서버로 전달한다. III-2 절에서는 도로주행실험을 통해 수집한 스마트폰 센서 정보들을 기반으로 과속방지턱과 도로 곡률 프로파일 정보를 생성하기 위한 가이드라인을 제시한다.

2. 교통정보처리 기법 가이드라인

본 절에서는 SAVE 앱의 센서들이 감지하는 정

보들을 기반으로 과속방지턱과 도로 곡률 프로파일 정보를 생성하기 위한 기법의 가이드라인을 제시한다.

그림 5의 왼쪽 사진은 부산대 장전캠퍼스에서 과속방지턱의 위치와 주변에서 감지한 GPS 측위점과 측위시간을 나타낸다. 그림에서 차량은 과속방지턱을 18초와 19초 사이에 통과하는 것을 알 수 있다. 오른쪽의 두 그래프들 중에서 위의 그래프는 측위 시간에 따른 차량의 속력을 나타내고, 아래 그래프는 중력방향 가속도계 측정값을 도시하였다. 적색 화살표는 차량이 과속방지턱을 통과하는 구간을 나타내고, 녹색 곡선은 적절한 시간 윈도우를 기반으로 가속도계 측정값의 이동평균을 나타낸다. 그래프에서 보는 바와 같이 차량이 과속방지턱을 통과하는 동안에 수직 가속도의 이동 평균이 'M'자 모양으로 나타나는 것을 볼 수 있다. 이는 차량의 전/후 바퀴가 통과할 때 차체가



Fig. 6. Road curvature estimation scheme
 그림 6. 도로 곡률 추정 기법

```

Algorithm 1. advisoryForSpeedbump()
INPUT: dist, curSpeed, recSpeed
OUTPUT: Type of the speedbump icon
PROCEDURE:
1  if (curSpeed < recSpeed)
2    Display safe icon with constant speed
3  else if(dist > 0)
4    Calculate deceleration from curSpeed to recSpeed
      at the start of the speedbump.
5    if (deceleration > SMOOTH_DECEL_THRD)
6      Display warning icon and mildly decelerate
7    else
8      Display alert icon and aggressively decelerate
9    endif
10 endif
    
```

Fig. 7. Speed advisory for speedbump
그림 7. 과속방지턱을 위한 속도조언

상승하면서 가속도가 증가하고, 그 사이에서는 다시 차체가 하강하기 때문에 가속도가 반대방향으로 나타나는 것으로 해석된다. SAVE 앱이 과속방지턱 프로파일 정보가 없는 위치에서 이러한 가속도 패턴을 발견하면 이를 정보처리서버에 이벤트 프로파일로 전달하게 한다. 정보처리서버는 새로운 과속방지턱 이벤트 프로파일이 발견되면 뒤따르는 차량들에게 해당 위치에서 중력방향 가속도 정보에 대한 클라우드소싱을 요청한다. 이를 통해 수집한 다수의 가속도 데이터를 기반으로 딥러닝 등의 기법을 활용하여 보다 정확하게 과속방지턱의 유무를 구분할 수 있을 것이다.

그림 6은 도로 곡률 정보를 추출하기 위한 기법을 나타낸다. 우선, 해당 도로구간을 통과한 모든 차량들의 GPS 측위 정보를 수집한 후, 측위 오차가 임계치를 초과하는 GPS 측위값들은 이상점으로 제거한다. 남은 GPS 측위값들은 일정한 거리에 따라 클러스터링하고, 클러스터들 간의 곡률 변화가 임계치보다 낮아지면 도로 곡률의 양 끝점으로 설정한다. 마지막으로 논문 [17]의 LMSE 기법을 적용하여 양 끝점 사이의 도로 곡률을 계산한다.

3. SAVE 앱의 속도조언 알고리즘

본 절에서는 현재 위치에서 가장 근접한 프로파일이 주어졌을 때 운전자에게 속도조언을 제공하기 위한 알고리즘을 제시한다.

그림 7의 advisoryForSpeedbump() 함수는 가장

```

Algorithm 2. advisoryForCurvature()
INPUT: dist, curSpeed, curvature, refAccel
OUTPUT: Type of the curvature icon
PROCEDURE:
1  if (curSpeed*curSpeed*curvature < refAccel)
2    Display safe icon with constant speed
3  else if(dist > 0)
4     $recSpeed = \sqrt{\frac{refAccel}{curvature}}$ 
5    Calculate deceleration from curSpeed to recSpeed
      at the start of curvature.
6    if (deceleration > SMOOTH_DECEL_THRD)
7      Display warning icon and mildly decelerate
8    else
9      Display alert icon and aggressively decelerate
10   endif
11  endif
    
```

Fig. 8. Speed advisory for road curvature
그림 8. 도로 곡률을 위한 속도조언

근접한 프로파일이 과속방지턱일 때 호출하는 함수이다. 이 함수는 과속방지턱에서 추천속력(예: 15 Km/h)과 현재 차량의 속도, 그리고 프로파일까지 거리를 파라미터로 받는다. 현재속력이 추천속력보다 적으면 녹색 과속방지턱 아이콘을 표시한다 (Lines 1-2). 그렇지 않고 현재 프로파일을 지나치지 않았다면 과속방지턱 시작점까지 제동하여 추천속력이 될 수 있도록 하는 감속도를 계산한다 (Lines 3-4). 만약, 이 감속도의 절대값이 가속도의 임계치(0.2g)보다 적으면 경고 아이콘을 표시한다 (Lines 5-6). 감속도가 임계치보다 크면 위험 아이콘을 표시한다(Lines 7-8).

그림 8의 advisoryForCurvature() 함수는 가장 근접한 프로파일이 도로 곡률일 때 호출하는 함수이다. 이 함수는 프로파일까지 거리와 현재 차량의 속도, 도로 곡률과 추천 가속도(예: 0.2g)를 파라미터로 받는다. 도로 곡률과 현재 속력을 이용하여 계산한 원심 가속도가 추천 가속도보다 적으면 녹색 과속방지턱 아이콘을 표시한다 (Lines 1-2). 그렇지 않고 프로파일을 통과하지 않았다면 도로 곡률 시작점까지 제동하여 추천속력이 될 수 있도록 하는 감속도를 계산한다 (Lines 3-4). 만약, 이 감속도의 절대값이 가속도의 임계치(0.2g)보다 적으면 경고 아이콘을 표시하고 (Lines 5-6), 감속도가 임계치보다 크면 위험 아이콘을 표시한다 (Lines 7-8).



Fig. 9. Log message of SAVE app

그림 9. SAVE 앱의 로그 메시지 출력

IV. 도로주행 실험결과

그림 9는 그림 3에서 제시한 속도조언 네비게이션의 메시지 교환 정보를 로그 메시지로 출력하였다. JSON 형태로 전달되는 네비게이션 메시지를 제외한 다른 모든 메시지들은 송신단에서 Type-Length-Value (TLV) 형태로 인코딩되고, 수신단에서 다시 TLV 정보를 디코딩한다. 이 때, Type과 Length의 길이는 각각 3 바이트이다. 그림에서 보는 바와 같이 모든 메시지들이 정상적으로 송/수신되는 것을 확인할 수 있다.

부곡온천천로를 따라서 장전동역에서 부산대역까지 주행을 하면서 SAVE 앱의 센싱 정보를 클라우드소싱하여 프로파일 정보를 생성하였다. 수집된 센싱 정보들을 III-2절의 가이드라인을 따라서 분석하여 4개의 곡선주로와 12개의 과속방지턱을 생성하였고, 실제 도로주행을 진행하면서 SAVE 앱 화면을 캡처하였다.*

각 프로파일에 접근할 때 차량의 속력과 가장 근접한 프로파일의 거리에 따라 프로파일 아이콘의 색깔이 변경되는 것을 확인할 수 있다. 속도조언 네비게이션 시스템의 과속방지턱과 도로 곡률 프로파일 정보는 향후 모바일 클라우드소싱 기반 첨단 운전자 지원 시스템(MC-Advanced Driver Assistance Systems: MC-ADAS) 구현에 활용할 수 있을 것이다.

V. 결론

* 해당 실험의 동영상은 <http://goo.gl/75FAMg>에서 확인할 수 있다.

본 논문에서는 도로구간을 통과한 차량들의 스마트폰 앱이 생성하는 센서 정보들을 클라우드소싱하여 대규모 정보처리를 진행하고, 이를 해당 도로구간에 진입하는 차량의 스마트폰 앱으로 전달하여 실시간 교통정보를 제공할 수 있는 모바일 클라우드소싱 기반 운전자 보조 시스템(MC-DAS) 플랫폼을 제시하였다. MC-DAS 플랫폼을 기반으로 도로 곡률과 과속방지턱 위치에 따른 속도조언을 제공하는 앱인 SAVE 앱을 설계/개발하였고, 도로주행실험을 통해 동작을 검증하였다. 본 논문에서 제시하는 MC-DAS 플랫폼을 기반으로 향후 스마트폰 카메라 영상의 신호처리를 통해 전방 차량을 추적할 수 있을 것이다. 향후, 모바일 클라우드소싱을 통해 스마트 크루즈 컨트롤(ACC) 등과 같은 ADAS 응용의 설계/개발도 가능할 것으로 기대한다.

References

[1] KoROAD, “Traffic accident analysis system,” <http://taas.koroad.or.kr>
 [2] Ministry of Land, Infrastructure, and Transport, “Standard Node-Link DB for ITS management systems,” <http://nodelink.its.go.kr>
 [3] Ministry of Land, Infrastructure, and Transport, “OpenAPI,” <http://openapi.its.go.kr>
 [4] Korea National Police Agency, “Urban traffic information center,” <http://www.utic.go.kr>
 [5] H.-Y. Jeong, H.-H. Nguyen J.-H. Park, and

J. Kwon, "One-way road information update based on a smartphone navigation system in the OpenStreetMap," *KIISE Database Research*, vol. 33, no. 2, pp. 16-25, 2017.

[6] Ministry of Science and ICT, "Statistics of mobile network subscribers in Jan. 2018," <http://www.msip.go.kr/web/msipContents/content.s.do?mId=MTQ2>

[7] T. Roopa, A. N. Iyer, and S. Rangaswamy, "CroTIS - Crowdsourcing based traffic information system," *IEEE Int. Congress on Big Data*, pp. 271-277, 2013. DOI:10.1109/BigData.Congress.2013.43

[8] D. Wu, Y. Zhang, L. Bao, and A. C. Regan, "Location-based crowdsourcing for vehicular communication in hybrid networks," *IEEE Trans. Intellig. Transp. Syst.*, vol. 14, no. 2, pp. 837-846, 2013. DOI:10.1109/TITS.2013.2243437

[9] D. Wu, Y. Zhang, . Luo, and R. Li, "Efficient data dissemination by crowdsensing in vehicular networks," *IEEE IWQoS*, pp. 314-319, 2014. DOI:10.1109/IWQoS.2014.6914334

[10] X. Zhang, Z. Yang, C. Wu, W. Sun, Y. Liu, and K. Xing, "Robust trajectory estimation for crowdsourcing-based mobile applications," *IEEE Trans. on Parallel and Distri. Syst.*, vol. 25, no. 7, pp. 1876-1885, 2014. DOI:10.1109/TPDS.2013.250

[11] X. Zhang, Z. Yang, Y. Liu, J. Li, and Z. Ming, "Toward efficient mechanism for mobile crowdsensing," *IEEE Trans. on Veh. Techno.*, vol. 66, no. 2, pp. 1760-1771, 2017. DOI:10.1109/TVT.2016.2564641

[12] X. Fan, J. Liu, Z. Wang, Y. Jiang, and X. Liu, "CrowdNavi: Demystifying last mile navigation with crowdsourced driving information," *IEEE Trans. on Indust. Infomatics*, vol. 13, no. 2, pp. 771-781, 2017. DOI:10.1109/TII.2016.2616107

[13] X. Fan, J. Liu, Z. Wang, Y. Jiang, and X. Liu, "Crowdsourced road navigation: Concept, design, and implementation," *IEEE Comm. Mag.*, vol. 55, no. 6, pp. 126-131, 2017.

DOI:10.1109/MCOM.2017.1600738

[14] Y. Cao, S. Castronovo, A. Mahr, and C. Müller, "On timing and modality choice with local danger warnings for drivers," in *Proc. ACM AutomotiveUI*, 2009.

[15] T. Schalk and L. Gibbons, "Toward natural user interfaces in the car: Combining speech, sound, vision, and touch," in *Proc. ACM AutomotiveUI*, Oct. 2013. DOI:10.1145/1620509.1620524

[16] OpenStreetMap, "OpenStreetMap," <http://wiki.openstreetmap.org>

[17] W. Gander, G. H.Golub, and R. Streb, "Least square fitting of circles and ellipses," *BIT Numerical Mathematics*, vol. 34, pp. 558-578, 1994. DOI:10.1007/BF01934268

BIOGRAPHY

Han-You Jeong



1998 : BS degree in Electrical Engineering, Seoul National University.

2000 : MS degree in Electrical and Computer Engineering, Seoul National University.

2005 : PhD degree in Electrical and Computer Engineering, Seoul National University.

2005~2007 : Senior Engineer, Samsung Electronics.

2008 : Postdoctoral Researcher, University of Minnesota, USA

2015: Visiting Scholar, University of Paderborn, Germany

2008~Present: Assistant/Associate Professor, Pusan National University