
운전자 대화 여부 인식을 통한 운전부하 측정

Workload Assessment of Driver Conversation while Driving

윤대섭, Daesub Yoon*, 최중우, Jongwoo Choi**, 김현숙, Hyunsuk Kim**,
노용완, Yongwan Roh***, 홍광석, Kwangseok Hong***

요약 ~ 텔레매틱스환경에서 운전자는 외부로부터 들어오는 정보와 같은 외부 자극에 대해서 능동적으로 처리 할 수 있어야 한다. 그러나 최근 정보기기의 발전으로 운전자가 운전 중에 처리하여야 하는 정보의 양은 급격하게 늘어났고, 운전자의 정보처리 능력을 초과한 운전부하의 과부하로 인한 교통사고를 야기시키기도 한다. 특히 운전 중 핸드폰의 사용이나 동승자와의 지속적인 대화는 운전자의 인지처리 능력을 저하시키고 운전부하를 과부하로 만드는 경향이 있어 지양되어야 한다. 본 논문에서는 운전 중에 운전자 대화가 운전자에게 미치는 영향에 대하여 논의하고 운전자의 대화여부에 따른 운전부하 측정을 위해 필요한 운전자 대화 여부 판단 알고리즘에 대해 제안하고 구현된 시스템을 이용하여 운전부하를 측정하는 방법에 대해 논의 하고자 한다.

Abstract ~ Drivers need to process dynamic stimulus in real-time with full attention from Telematics environment. However, as the information technology revolution brings more and more data into vehicles, all of it competing for the drivers' attention, the development of automated assistance for driver information processing becomes increasingly important. Therefore, drivers' workload is very essential factor for safety driving in Telematics environment. In this paper, we have discussed driver distraction caused by driver conversation while driving and proposed voice activity detection algorithm for measuring driver workload. Finally, we show how voice activity detection system works for measuring driver workload.

핵심어: *Telematics, Workload assessment, Conversation Detection, Attention*

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT 신성장동력 핵심기술 개발 사업의 일환으로 수행하였음. [2007-S025-01, VDMS기술 개발 과제]

*주저자 : Telematics/USN Research Division, ETRI email: eyetracker@etri.re.kr

**공동저자 : Telematics/USN Research Division, ETRI email: {jwchoi, hyskim}@etri.re.kr

***공동저자 : School of Information and Communication Eng., Sungkyunkwan University e-mail: {elec1004, kshong}@skku.ac.kr

1. 서론

자동차 산업의 발전과 함께 자동차에 대한 의존도는 점점 더 높아지고 있다. 최근의 갑작스러운 IT 기술의 발전은 운전자들에게 보다 많은 정보들을 제공하고 있다. 운전 중 제공되는 정보의 양은 때때로 운전자의 정보처리 능력을 초과하여 운전자의 운전 능력을 저하시키고 심한 경우에는 안전운전을 위협하는 결과를 초래하기도 한다.

따라서 운전 중에 운전자에게 제공되는 정보의 양을 조절하고 운전자의 부하 상태를 관리할 수 있는 운전부하 관리 시스템(Workload Manager)에 대한 연구의 필요성이 중요시되고 있다.

Saab사에서 소개된 Saab 9-3과 9-5 자동차 모델은 이미 2003년부터 운전자의 부하를 관리할 수 있는 초기단계의 Workload Manager인 "Dialogue Manager"를 장착하고 운전자 운전 집중해야 할 경우 운전자에게 필요한 정보를 잠시 제한하였다가 추후에 알려주는 방식을 통해 운전부하 관리 기능을 제공해 오고 있다 [1]. 이와 유사한 기능인 지능형 운전자 정보 관리 시스템(Intelligent Driver Information System)은 Volvo S40s와 V40s에서 소개되었는데 운전자가 차선을 변경하거나 방향을 전환할 경우 외부로부터 걸려온 전화를 음성사서함으로 넘어가게 하는 식의 운전부하 관리 기능을 제공해 오고 있다.

대부분의 다른 자동차 제조회사 운전중 텔레매틱스 장치나 다른 정보기기 사용의 증가가 운전자의 주의분산에 심각한 영향을 끼치고 결과적으로 사고를 야기시킨다는 사실을 인정하고 Workload Manager 기술개발에 큰 비중을 두고 있다 [2].

운전자의 Workload를 측정하기 위해 여러 Cognitive Model이 소개되고 적용되었다 [3, 4, 5]. 특히, 미국육군에서 개발된 IMPRINT는 Workload의 측정 수단으로 VACP테이블을 이용하였는데 다른 Cognitive Model비해 좀더 현실적인 적용이 가능하다. VACP테이블은 운전자의 시각채널을 이용한 상호작용(Visual interaction), 청각채널을 이용한 상호작용(auditory interaction), 인지처리(cognitive process), 휴먼바디컨트롤(Psychomotor process)에 관하여 각각의 Workload소요 정도를 정의하였다. 표 1은 청각채널을 이용한 상호작용에 대한 Workload 예를 보여주고 있다.

VACP테이블을 이용한 Workload 측정을 위해서는 각 해당 요소의 정보를 수집할 수 있는 기능이 텔레매틱스 장치에 추가 되어야 한다. 본 논문에서는 workload에 영향을 미치는 4가지 주요 요소(시각 상호작용, 청각 상호작용, 인지처리, 바디 컨트롤) 중 특히 청각채널을 이용한 상호작용 정보를 수집할 수 있는 운전중 운전자의 대화여부 인식을 통한 청각적인 인터랙션에 대하여 논의를 하고자 한다. 다음절에

서는 운전중에 청각채널을 이용한 인터랙션이 운전 미치는데 영향을 대해서 알아보고 운전자의 대화여부 인식을 위해서 제안한 알고리즘에 대해서 소개하고, 3장에서는 실험결과에 대해서 논의하고 4장에서는 구현된 운전자 대화 여부 판단 시스템이 workload 관리 시스템과 연동되는 방법에 대해서 서명하고 마지막으로 결론 부분에서는 향후 연구 진행 방향에 대해서 소개하고자 한다.

표 1. Assign Workload for Auditory Interaction from IMPRINT

Assign Workload	Interaction
0,0	No Auditory Activity
1,00	Detect/Register Sound
2,00	Orient to Sound (general orientation)
4,20	Orient to Sound (selective orientation)
4,30	Verify Auditory Feedback
4,90	Interpret Semantic Content (Speech)
6,60	Discriminate Sound Characteristics
7,00	Interpret Sound Patterns (pulse rate, etc)

2. 운전자 대화 여부 판단 알고리즘

Wojciechowski는 IMPRINT상에서 구현된 운전자 모델을 이용하여 운전중 청각 인터랙션에 대해서 운전부하를 측정하는 실험을 수행하였다[6]. 운전자가 운전중 장시간의 청각채널을 사용할 경우 태스크 완료 시간이 지연되고 운전자의 평균 속도가 느려지는 것으로 나타났다.

운전중의 장시간 청각채널사용은 운전자의 시야가 전방 도로를 주시함에도 불구하고 전방 물체를 인지하지 못하는 Cognitive distractions을 야기시켜 사고를 유발할 수 있다 [7].

텔레매틱스 환경에서 Cognitive distractions을 야기시킬 수 있는 장시간의 청각채널 사용을 방지하기 위해서는 운전자의 대화여부 판단인식에 대한 연구가 선행되어야 한다. 일반적인 음성검출(VAD: Voice Activity Detection)과는 달리 잡음이 심한 운전환경을 고려하여 본 연구에서는 주파수 영역에서 음성 및 잡음 구간에 대한 MFB(Mel-frequency Filter Bank) log energy와 MFB Delta log energy를 사용하여 음성 및 잡음 구간을 검출하는 것을 제안하고자 한다. 또한 텔레매틱스 단말기에서 적용할 것을 고려하여 모든 Mel filter를 사용한 기존의 방식과 달리 음성 및 잡음의 MFB log energy의 차가 peak를 나타내는 5개의 filter bank를 사용하였다. 기존에는 MFCC 계수를 사용하거나 또는 Delta, Delta-Delta를 사용하여 음성 구간을 검출 하였거나 MFB(Mel-frequency Filter Bank) 에너지를 사용하여 음성 및 잡음 구간을 검출하였다.

MFB log energy를 사용하는 방법은 음성 구간의 MFB log energy와 잡음 구간의 MFB log energy의 차를 분석하

여 음성 구간을 검출하는 것이다. 이를 위해 주행속도별로 음성 및 잡음 구간을 분석하는 과정이 선행되어야 한다. 주행속도별로 음성 및 잡음 구간을 분할하여 차량의 DB에 저장하고, 음성 및 잡음으로 분할된 파일에 대해 FFT 변환을 수행한다. FFT 변환 후 음성 구간의 MFB log energy와 잡음 구간의 MFB log energy를 추출하고 차를 구한다. 주행속도별로 MFB log energy의 차의 평균을 구하여 가장 큰 5개를 각 주행속도에서의 Mel filter bank로 선정하여 음성 구간을 검출한다. 이같이 선정한 이유는 잡음과 음성의 차이가 상대적으로 큰 필터를 선정하여 검출율을 높이고 Mel Filter 중 일부만을 선정함으로써 계산량을 줄일 수 있기 때문이다. 차량의 속도에 따라 서로 다른 필터를 적용하기 어려울 경우 주행속도별 MFB log energy 차를 통합한 필터를 선정하여 사용한다.

MFB delta log energy를 사용한 음성 및 잡음 검출은 잡음 에너지의 변화가 적다는 특성을 이용한 것이다. 음성 및 잡음 파일에 대해 FFT 변환 후 MFB delta log energy를 구하면 음성 구간과 잡음 구간을 구별할 수 있는 임계치를 선정할 수 있으며 성능이 가장 좋은 필터를 5개 선정하여 음성 구간을 검출하였다.

이와 같은 방법을 통해 운전자의 음성 구간을 검출할 수 있으며 음성 구간이 반복되는지 확인하여 운전자가 대화를 하고 있는지, 대화가 오랜 기간 지속적으로 진행되어서 부주의를 유발할 수 있는지 판단한다.

3. 실험 및 결과

운전자 대화 여부 판단을 위한 실험은 실차량 환경에서 수행되었다. 녹취된 음성은 16kHz 샘플링, 16bit 양자화된 PCM 파일이며 차량 주행 중 직접 녹취된 음성 DB를 사용하였다. 음성 DB의 구축을 위하여 차량의 상태를 총 10(A~J)가지로 정의하여 저장하였으며, 차량 내에서 운전자의 동작 상황은 24가지(0~23)로 정의 하였으며, 음성과 노이즈는 S와 N으로 양자화 하였다. 그림 1은 구간 정보 저장의 예를 나타낸다. 또한 FFT, Mel filter 기반의 에너지 및 분산을 사용하였고 Mel filter는 총 27개를 사용하였다.

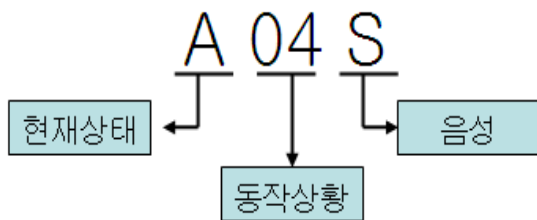


그림 1. 구간 정보 저장의 예

MFB log energy 기반 음성 및 잡음 검출 알고리즘 실험 과정은 다음과 같다. 주행속도 20km/h, 40km/h, 60km/h, 80km/h에서 각 Mel filter bank를 5개 선정하였다. 27개의 Mel filter 중에서 주행속도 별로 선정된 5개의 Mel filter bank에 대해 음성 및 잡음 구간 검출 실험을 수행하였다. 실험 결과는 표 2와 같이 약 86%의 비율로 음성 구간이 검출되었다.

표 2. 통합된 필터를 사용한 음성 및 잡음 구간 검출 실험 결과.

Code	Well Matched	Miss Matched	ambiguity
A02S	78/128	37/128	13/128
	60.94%	28.91%	10.15%
A02N	152/152	0/152	0/152
	100%	0%	0%
A03S	54/90	22/90	14/90
	60%	24.44%	15.56%
A03N	228/228	0/228	0/228
	100%	0%	0%
A04S	60/95	18/95	17/95
	63.16%	18.95%	17.89%
A04N	242/242	0/242	0/242
	100%	0%	0%
A05S	88/128	25/128	15/128
	68.75%	19.53%	11.72%
A05N	71/71	0/71	0/71
	100%	0%	0%
합계	973/1134	102/1134	59/1134
	85.8%	8.99%	5.21%

MFB delta log energy를 사용한 음성 및 잡음 검출 실험에서는 음성 및 잡음 구간을 분할하여 MFB delta log energy를 구한다. 이를 통해 음성과 잡음을 구별하기 위한 5개의 필터와 임계치를 선정하였고, 임계치를 적용하여 음성 구간을 검출하였다. 실험 결과는 표 3과 같이 약 93%의 인식을 나타내었다.

표 3. Mel Filter 기반의 음성 구간 검출과 Delta MFB log energy를 이용한 검출 프레임 수 (임계치: 5.5) AND 연산, 애매한 구간은 노이즈로 매칭된 것으로 판단

Code	Frame	Well Matched	accuracy
A02S	128	101	78.91%
A02N	152	151	99.34%
A03S	90	74	82.22%
A03N	228	228	100%
A04S	95	79	83.16%
A04N	147	147	100%
A05S	128	114	89.06%
A05N	71	71	100%
합계	1039	955	92.88%

4. 운전 부하 측정 및 관리 방법

운전자 대화 여부 인식 시스템은 그림 2와 같이 Workload 관리 시스템의 입력으로 사용될 수 있다. 정확한 Workload 측정을 위해서는 시각, 청각, 인지처리, 바디컨트롤에 대한 데이터를 수집하고 VACP 테이블을 참조하여 각 채널에 로드(load)된 부하를 측정할 수 있다. 만약 운전자의 Workload가 운전자의 능력보다 오버로드(overload)된다면 Workload 관리 시스템은 그림 2와 같이 운전자에게 경고를 주거나 인터페이스 관리 모듈을 호출하여 인터페이스를 정지시키거나 다른 대체 인터페이스로 전환시키게 된다. 운전 환경에서 운전자의 Workload가 포화상태일 경우 [1]에서와 같은 Dialog Manager가 걸려오는 전화를 음성 사서함으로 보내기 위해서 그림 2에서와 같이 인터페이스 방법을 전환 시켜줄 인터페이스 관리 모듈의 구현이 필요하다.

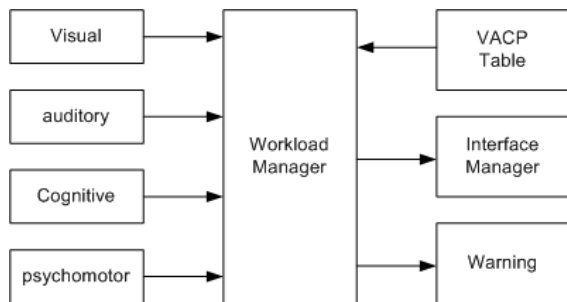


그림 2. Workload 측정 및 관리 방법의 예

5. 결론

본 논문에서는 텔레매틱스 환경에서 운전자의 Workload를 측정하기 위해 선행되어야 하는 시각, 청각, 인지처리, 바디컨트롤을 수집하는 기술 중 특히 청각 채널을 이용한 운전자의 대화 여부 인식 알고리즘을 제안하고 실험을 통하여 제안된 아이디어의 인식률이 실제 텔레매틱스 장치에 적용 가능성을 보여주고 있다.

운전자의 대화 여부 판단시스템은 추후에 운전자의

workload를 측정하고 관리하는 workload 관리 시스템에서 운전자의 청각채널 사용에 의한 workload를 측정할 수 있는 입력시스템으로 적용이 가능하다. 운전자의 장시간 대화는 표 1의 VACP 테이블과 같은 실험을 통해서 생성된 workload 인덱스를 참조하여 운전자에게 걸리는 Workload의 산출이 가능하게 된다.

향후 연구의 진행 방향은 보다 정확한 workload의 측정을 위해서는 청각채널 뿐만 아니라 시각채널, 인지채널, 바디컨트롤의 정보를 운전자에게 어떠한 식으로 수집하여 전달할지에 대한 연구가 선행되어야 할 것이다. 또한 VACP 테이블의 정확도를 높이기 위해서는 실제 운전자를 대상으로 반복적인 통계 실험이 수행 되어야 한다.

참고문헌

- [1] Paul Green, UMTRI, "Driver Distraction, Telematics Design, and Workload Manager," Convergence Conference and Exhibition, 2004
- [2] Michael Gardner, Motorola, Presentation at ITS America 15th Annual Meeting, 2005
- [3] <http://www.arl.army.mil/ARL-Directorates/HRED/imb/imprint/Imprint7.htm>
- [4] Salvucci, D. D., Modeling driver behavior in a cognitive architecture, Human Factors, vol 48, no 2, pp362-380, 2006.
- [5] Aasman, J. Modeling driving behavior in soar, Doctoral Dissertation, University of Leiden, the Netherlands, 1995
- [6] Wojciechowski, J. Q. Validation of a task network human performance model of driving. M.S. Thesis, Department of Industrial and Systems Engineering, Virginia Tech, 2006
- [7] Chittaro, L. & De Marco, L., Driver distraction caused by mobile devices: studying and reducing safety risks. The first International Workshop on Mobile Technologies and Health: Benefits and Risks, 2004