

운전자 감시 제어와 교통안전도 향상 연구동향

이상국

프랑스 국립 응용 과학원, 센서 및 의용전자기기 연구팀.

1. 문제제시 : 운전자의 주의력 감시 제어

첨단산업기술의 발전은 항공기 자동조종이나 열차 무인운행을 가능하게 하였을 뿐만아니라 항공기(열차)와 운항(운행)조건 및 조종(운전)자 사이의 정보교환 실현과 특히 그들의 안전도 향상에 많은 기여를 하고있는데 최근의 이러한 노력은 자동차산업에도 이루어지고있다. 새로운 도로망확충에 힘입어 점점 더 긴여정의 운행이 증가하는 추세에 음주, 약물복용 또는 단순히 연령에 기인한 운전자의 주의력(Vigilance) 감쇠가 교통인명사고요인의 큰비중을 차지하고 있다.

현재, 산업계를 비롯 학계에도 상업화된 운전자의 실시간 주의력변동 감시제어 시스템은 물론 주의력의 정확한 예측 및 평가는 이루어지고 있지않다. 센서, 정보처리 및 제어 자동화기술의 발전은 아직까지 미개발의 이 연구 분야에 새로운 진전을 가져올 것으로 보인다. 그럼에도 불구하고 대부분 교통사고들의 원인조사에 의하면 운전자들의 주의력 감쇠가 안전도 유지에 커다란 걸림돌이 되고있고, 이와 같은 이유에서 1985년 이후[1] 별다른 진전이 없는 “주의력 감쇠 감시제어”분야에 운전자의 주위환경(교통상황, 도로상태)과 관련된 주의력 감쇠의 정확한 평가, 감시에 관한 연구개발 필요성은 운전중의 주의력 변화 과정을 정확하게 평가 할 수 있는 적절한 매개변수의 선정과 자동차에 실장 할 수 있는 주의력 감쇠 측정을 위한 실시간 신호처리 인텔리전트 제어시스템의 개발을 필요로한다.

2. 서 론

“교통안전도 향상과 운전자의 주의력 감쇠 감시”에 관한

한 연구는 1970년대 말, 운행중 운전자의 운전상태 감지 기구 개발 및 인텔리전트 운송망구축 개발계획과 관계된 도로상에서의 자동차의 위치측정 모듈 개발이 그 시작이다. 유럽에서는 자동차 제조업체들과 프랑스로 과학기술청(DRAST : Direction de la Recherche et des Activites Scientifiques et Techniques) 및 유럽피언 교통안전향상 개발계획 (DRIVE : Dedicated Road Infrastructure for Vechicle safety in Europe)으로 수행하는 사업들과 미국에서는 이미 IVHS(Intelligent Vechicle Highway System)의 많은 프로그램들이 이분야에 할애된 바 있다. 일본과 호주에서도 신뢰성있고 상업화가 가능한 운전자 감시제어장치 실현에 많은 인력과 연구 투자가 있었지만 일본(Nissan), 호주는 물론 유럽(Mercedes Benz, Renault, PSA, Saab, Siemens, Sagem)에서도 지난 수년동안 많은 실패를 기록했으며 아직까지 완벽하게 상업화된 시스템은 없는 것으로 알려지고있다. 최근 한국과 프랑스는 경북대학교 센서기술연구소(STRC)와 프랑스 국립응용과학원(INSA de Rouen)이 국제공동 연구개발 협약을 체결함과 동시에 교통안전과 운전자의 주의력변동 감시제어분야의 공동연구를 시작했고, 이와같은 이유에서 본 원고가 아직까지 미개발 분야인 “운전자의 주의력 감시제어를 위한 실시간 인텔리전트 종합정보시스템 개발”에 대한 문제제시의 기회가 되기를 바란다.

자동차에 실장할 수 있는 운전자의 주의력감쇠 감시 실시간 시스템 개발은 현재로서는 R&D 상황에 머물러 있으며, 다음의 두가지 사항에 근거한다.

— 주의력 변동은 운전자의 생리신호(뇌파전위; EEG, 근육의 긴장도; EMG, 눈의 움직임; EOG, 심전도; ECG, 운전자세...) 변화로서 규정된다.

— 주의력 감쇠는 특이한 운전양상(운전대의 움직임, 자동차의 진행방향 과 도로상에서의 위치 및 속도...)을 야기하며 자동차의 운행상황에서 분석된다.

3. 교통 안전사고 통계(프랑스의 경우)및 안전도 향상을 위한 연구 사업[2]

교통사고방지대책부(La Prévention Routière, France)의 보고에 의하면 대부분 교통인명사고들은 운전자의 과실에 의거하며, 첫번째 원인은 피로[3]와 졸음으로서 이러한 현상은 매년 전체사고율의 25% 에서 27%를 차지하고있다. 또한 1992년도에 도로형태분류에 따른 교통사고사망자 숫자를 열거하면 다음과 같다 : 566(고속도로), 24(고속도로와 고속도로 또는 간선도로를 이어주는 연결 도로), 70(자동차 전용 도로), 2630(국도), 4394(지방도), 715(지방간선도로), 684(기타). 1992년도 전체 사망자 숫자는 9038명에 달하며 이것은 심야 4648, 낮동안 4435명으로 구분된다. 이것은 1991년도에 비해 고속도로에서의 사고가 5.5% 증가했고, 총 사고중 75%가 아침 7시에서 저녁 8시 사이에 일어났고 특히 오후 4시에서 8시 사이에 31%를 기록하고있다.[4] 밤 10시에서 새벽 5시 사이가 모든 사고발생수의 14%를 차지하고 사망자수는 25%를 차지하며, 연령별 구분은 다음과 같다. 399(0-14세), 2615(15-24세), 3033(25-44세), 1626(45-64세), 1374(65세 이상), 39(불확정). 93년도 1/4분기 사고통계에 의하면 15-24세 사망률의 12.2%감소와 부상 12.5%감소[5]를 보인 반면 25-44세의 경우 10.5%의 사망증가율을 보이고있다. 이들 보고의 분석에 의하면 일률적이지 못한 신호등 체계와 도로형태의 원인이외에 특히 15-24연령 운전자의 경우 과속, 음주를 포함한 부주의 원인이 큰 비중을 차지하고있음을 지적하고있다.

현재 유럽에서 진행되고 있는 교통안전도 향상을 위한 10여개 미만의 연구개발사업들을 다음에 열거하며, 이러한 연구개발사업들 즉 유레카 프로메테우스(Eureka Prometheus)[6] 씨플레이터 및 인텔리전트 운송망구축등의 대단위 연구 개발 투자 사업들이 운전자의 주의력 감쇠 측정과는 거의 무관하게 이루어지고있음을 지적한다.

* 레이더 및 스테레오비전 시스템을 이용한 인텔리전트 속도 조절장치.

현재 이 장치의 응답시간은 1.7초로 보고되어있으며 (운전자의 위험반응시간 1초 및 브레이크작동시간 1초를 고려하면 응답시간 1.7초는 부적당함.) 이것은 자동변속기어장치를 사용할 경우에만으로 제한되어있다.

* 도로구분 표시선의 추적.

지금까지 가장 진보된 시스템은 메르세데스 벤츠사의 것으로 알려졌다[7]. Vita라는 이름의 이 프로토타입은 18개의 카메라가 가속, 제동 및 운전대 회전 등의 운전 정보들을

알려준다. 도로구분 표시선의 인식원리에 바탕을 둔 이 장치는 도로구분선을 그려넣지않은 작은규모의 도로들과 우발적인 도로표시선 불명확의 경우에 대처방안이 모호한것으로 알려지고있어 운전자의 부주의와 밀접하게 관련된다.

* 점착력 제어

운전자에게 순간적인 과속을 알려주기 위한 수단으로 도로와 자동차와의 점착력상태 및 타이어의 마모상태들을 수시로 감시한다. 아직 완벽한 개발이 이루어지지 않았으나 모든 타입의 도로에 유용할것으로 알려지고있다.

* 적외선 및 자외선을 이용한 야간시각장치

특히 Saab[8]자동차회사 연구소에서 개발중이다.

* 충돌방지 레이더.

유럽피인 프로젝트 CERS(Vectavib and Lucas) 또는 Macadam Star(Renault and Magnet Marelli)이 그것이다. 안개가 자주발생하는 북유럽 지역에서 아주 유용하다. 그러나 일반 보편화에 있어서 주과수 간섭의 많은 문제를 제기할 수 있다.

* 인텔리전트 도로

원리는 도로의 주변을 따라 설치해놓은 라디오비콘 장치와 자동차와의 수시 정보교환이다. 이 시스템은 자동차안에 마련해 놓은 텔레비전화면에 정보를 표시하는데, 이것은 오히려 운전자의 부주의를 유발시킬 수 도있다. 또한 이 장치는 인공위성항법위치제어장치(GPS)와 함께 사용될것으로 보이고 자동차의 장거리이동에 따른 라디오 방송주과수수신 자동변조(RDS)장치(프랑스 Renault자동차사 와 Sagem 전자회사가 공동 개발한 Carminat 시스템)와같이 1996년에 상업화를 이룰것으로 되어있다.

* 주의력 감쇠 감시 장치

여러분야에서 이 분야에 관련한 연구들이 각각의 결과들을 발표하면서 진행중에 있다. 운전대의 움직임 감시와 운전자의 생리반응 시플레이터(PAVCAS프로젝트[9])가 이에 포함된다. 프랑스의 뿌조-씨트로엔(PSA) 및 르노(Renault)자동차회사와 국립 교통안전연구소(INRETS)가 공동 개발하고있는 첨단 자동차씨플레이터(SARA)는 주로 연령, 피로도 및 약물복용후의 영향등이 운전자의 생리리듬과 안전에 미치는영향등을 주로 다룬다[10]. 이러한 단일 시스템의 개발에 드는 비용이 대단히 큰것으로 알려졌다(약 150억원).

4. 주의력 평가를 위한 연구 실태

많은 연구들이 주의력의 변동현상 이해 및 그 측정을 위한 노력에 도움을 주고있다. 1923년 신경학자 Head[11]는 주의력(Vigilance)이란 《중앙 신경시스템 능률의 고양된 상태, state of high efficiency of the central nervous system.》로서 적응응답의 민첩성을 확고히한다고 정의한바

있으며, Macworth(1957)[12]는 《불규칙적인 주위환경의 순간적인 변화를 감지하고 대응하기 위한 준비상태, stade of readiness in detecting and responding to short lived and randomly occurring changes in the environnant.》라고 정의한바 있다. 또한 O'Hanlon, Kelly, Gale(1977), Warm, 1984; Parasumaran, 1984[13]는 《지속적인 경계, sustained attention》라고 정의했는데 이는 현대 심리생리학 (psychophysiology)에서 자주 사용하고있다. 그러므로 주의력은 신경시스템의 기초대사(基礎代謝)주의력(basal vigilance of nervous system)과 외부환경변화에 대해 준비행동을 하는 주의력(operational vigilance concerned with the behavioural readiness of the subject)으로 구별할 수 있는데 F.Lecret-Grillon(1976-1985)[14]는 후자의 영역, 특히 자동차 운전자의 피로(fatigue)에 관해 연구하면서 “사고예방에 관한 교통문제 취급의 가장좋은 접근은 운전자의 주의력고려, best approach in dealing with road problem is to consider the vigilance of drivers with respect to the prevention of accidents.”에 있다고 지적했다. Mackie(1987)[15]는 작업등의 실제 조건중의 주의력 측정에 관한 연구들은 아직 충분치않으며 특히 자동차 운전자의 주의력 유지를 위한 능률적이고 적절한 기구개발은 쉽지않다고 지적하고있다. 물론, 주관적인 주의력(subjective vigilance)과 객관적인 주의력(objective vigilance)은 똑같이 평가할 수 없는것이 분명하고, 그것들은 각각 심리학적(psychological) 그리고 생리학적(physiological) 접근 해석으로볼수있다. Santamaria 와Chiappa(1987)[16]는 주관적이고 관측상의 주의력저하상태(features drowsiness : lower state of vigilance)는 신빙성이 없다고 지적하고있는데, 만약 주의력을 객관적으로 평가할수 있다면 그것의 가장 중요하고 실질적인 지표는 아마도 운전자의 주의력 감쇠 정도(程度)일 것이다. Mackie(1987)[19]에 의해 운전자의 주의력 감쇠 원인 일람표가 제안되고있지만 그들중 몇몇은 합리적으로 조사되지 않은것도있다.

운전중의 주의력 유지에 관한 노력중에는 멈추지않고 한번에 운행하는 거리의 단축, 주의력과 관련된 인체 일주(一

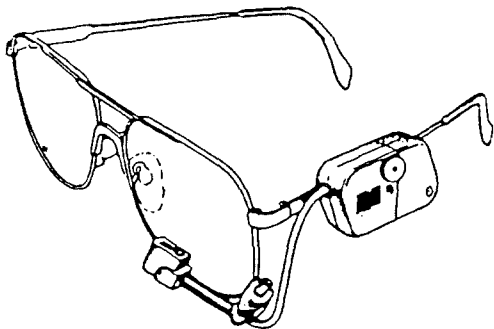


그림 1. The Onguard eye closure monitor.

周)리듬의 고려 및 긴 운행 이전의 충분한 휴식 및 수면과 같은 운전자 자신의 운전양상을 개선하기와 여러가지 전자 시스템 및 운전보조장치 실장등의 자동차 자체 기능향상 개발이 있다. 소음 및 진동이 주의력에 미치는 영향[17]과 차내 기후 조건으로 CO2가스 함유 측정, 그리고 스웨덴은 차내로의 배기가스 주입을 법적으로 규제하는 유일한 나라로 알려지고있으며 Wyon[18]은 열의 영향도 조사한 바 있다.

그림 1은 이스라엘의 Xanadu Ltd.에 의해 개발되었던 것으로, 어떤종류의 안정태에든 부착할 수 있는 Optical electronic eye monitor 로서, 운전자가 눈을 감을경우 작은 Infrared sensing unit로 부터 보내진 적외선 beam의 반사과가 눈꺼풀로 인해 감소함을 감지하여(0.5초 이상 눈을 감는 경우) 경보음을 울리는 구조로서, 그 신뢰성에 문제점을 제기하기가 쉽고[19] 또한 여러회사들에 의하여 “Head nodding monitor” 또는 주의력변동과 관련된 운전자세 감시 장치 (그림 2) [20]들이 개발된적이 있으나 대부분이 그 신뢰도가 높지않은 실정이다. 최근 Ford (그림 3)와 Nissan 자동차회사에서는 Neural networks를 기반으로한 운전자의

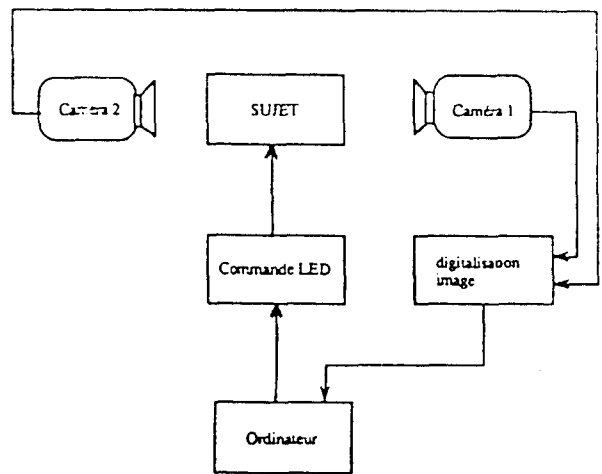
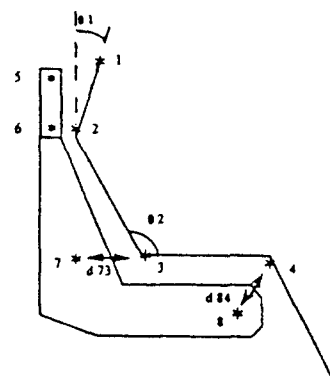


그림 2. Bloc diagram of position recoding system.



Arrangement of LED on the subject and the seat.

주의력변동 및 졸음 감시 제어 시스템 개발에 착수했고, 향후 5년 이내에 상용화하겠다는 발표[21,22]를하고있다. 지난 6월 프랑스의 보르도(Univ. de Bordeaux, France)에서 개최된 자동차 및 자동화 학술대회에서 신경망회로 및 Fuzzy diagnosis방법에 의한 운전자의 주의력변동 감시제어(그림 4)에 관한 연구를 만난 바 있고, 툴루즈(Univ. de Toulouse III, France)공대의 A.HERRERA씨는 “신경망접근방법에 의한 자동차운전시 부주의력 측정을 위한 다중 센서신호융합(Fusion Multisensorielle pour la dtéction de la Non-vigilance dans la conduite automobile : Approche Rseaux Neuronaux)”에 관한 박사논문(1995년 10월 27일)을 발표한 바 있다.

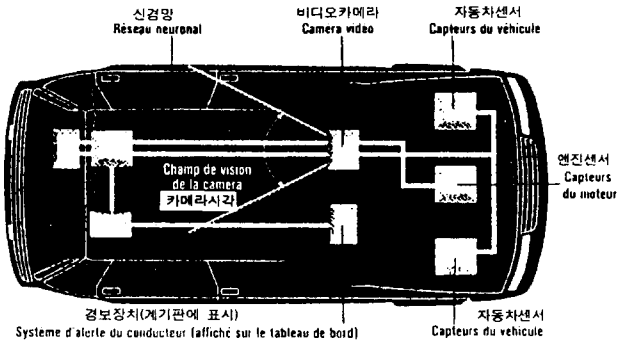


그림 3. An automobile against the drowsiness.

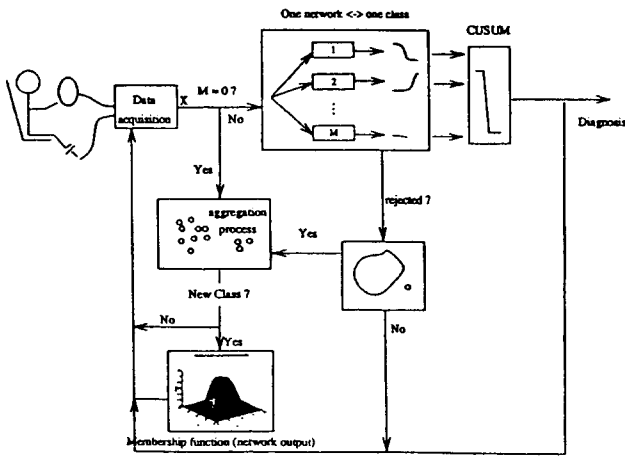


그림 4. Bloc diagram of the diagnosis process[38].

서론에서도 지적한 바 있드시 운전자 주의력변동 감시 제어를 위한 지금까지의 모든 프로토타입등의 개발기구들은 2가지 원리에 근거를 두고있다. 즉, 위험이 닥치기전에 감지할 수 있는 육체적행동(운전자세, 근육의 긴장, 여러가지 생리신호)으로 특징지어지거나 주의력감쇠로 야기되는 특수한 운전유형(운전대의 흔들림, 도로에서의 궤도이탈)을 찾아내는 방식이다. 여기서 뇌파전위기록분석과 운전대의 움직임

및 자동차속도 해석에 의한 주의력 감쇠 연구실태를 간략히 열거한다.

4.1 뇌파전위기록 (EEG : Electroencephalogram)에 의한 상태 진단.

인체내의 모든 기관은 세포내부와 그 주위 사이의 이온교환으로 10 μ V~100 μ V의 전류를 생성하는데, 뇌파전위기록은 머리피부에 20~30개의 전극을 붙여 뇌세포 활동에 의해 생성되는 전위를 측정하므로써 얻어진다. 전극 부착 위치는(그림 5) 기술해부학(descriptive anatomy)의 지표에 따라행하고(Prefrontal, Frontal, Central, Parietal, Occipital) 전극의 위치나 뇌파의 상태에 따라 측정된 전위는 특정한 리듬으로 구분된다.(알파리듬, 8~10cycles; 베타리듬,

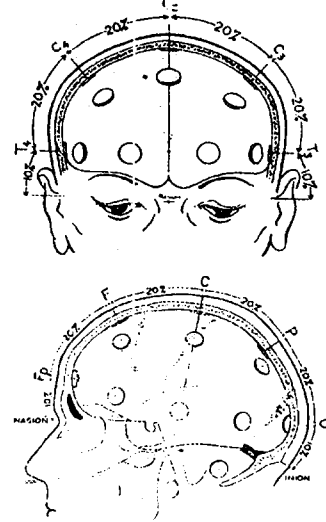


그림 5. Placing of EEG Electrodes.

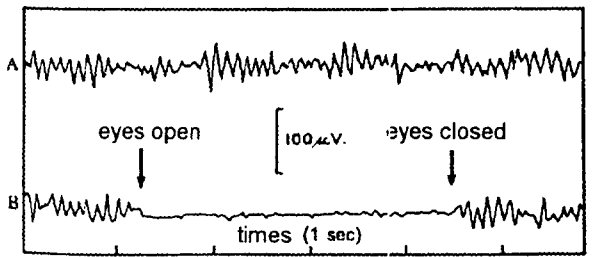


그림 6. Human Electroencephalogram; normal recording of eye movement.

14~30cycles; 데타리듬, 4~7cycles; 델타리듬, 0~3cycles)[23]. 눈꺼풀 움직임(정확하게는 망막색소피막, pigment epithelium of retina의 상태변화) 또는 조명도에 따라서도 생리신호의 변동(EOG; Electrooculogram)이 일어나기도하고(그림 6), 눈을 뜨고있는 상태에서는 알파리듬이 지배적인주파수가없는 불규칙적이고 빠른리듬으로 바뀌는데 이것을 alpha block현상이라한다. 이것은 또한 어떤종류의

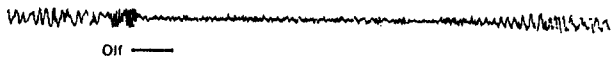
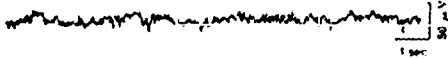


그림 7. Desynchronization of the cortical EEG of a rabbit by an olfactory stimulus.

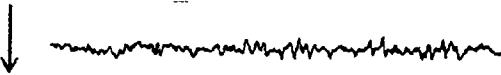
A. Vigilant(beta rhythm)



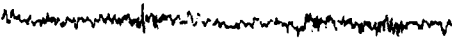
B. at rest, closed eyes(alpha rhythm)



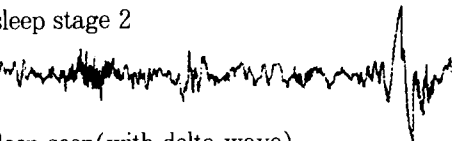
C. paradoxial sleep(REM)



D. sleep stage 1



E. sleep stage 2



F. deep seep(with delta wave)



그림 8. EEG layout concerned with different conscience state.

감각기관 흥분이나 수학문제를 푸는등의 정신집중에서도 일어난다(Desynchronization 현상)(Fig.7)(Fig.8). Fig.9는 수면 EEG 신호의 몇가지 형태를 보인다[24, 25]. 이와같이, 뇌파전위기록법은 중앙신경계시스템의 경계상태와 활동을 기록하는 가장 유용한 생리학적 지표(Lindsley, 1987)[26]로서 자연히 주의력 측정을 위한 첫번째 선택(Fruhstorfer and al. 1977)[27]이 된다. Belyavin과 Wright(1987)[28]의 분석은 데타신호 증가를 주의력 저하상태로 기록하고있고 또한 Autret(1985)와 Jones(1989)는 데타증가와 더불어 베타저하로 보고하고있다. EEG는 실제 운전중의 주의력 변동을 평가할 수 있는 가장적절한 변수로서 많은 저자들이 이 생리신호를 사용하고있는데, Torsvall 와 Akerstedt(1987)[29]는 열한명의 기차운전자의 연속 EEG신호를 분석했다. 그들은 저주파 EEG신호의 증가와 더불어 알파와 데타신호의 급격한 상승을 주의력 결여로 보고하고있다. 특히 Hjorth(1970, 1973)[30, 31]는 시간축으로 신호를 구분(진폭, 경사의 선도(線度)특징)하므로서 수량화를 유도했는데 이는 전통적인 주파수해석 방법으로

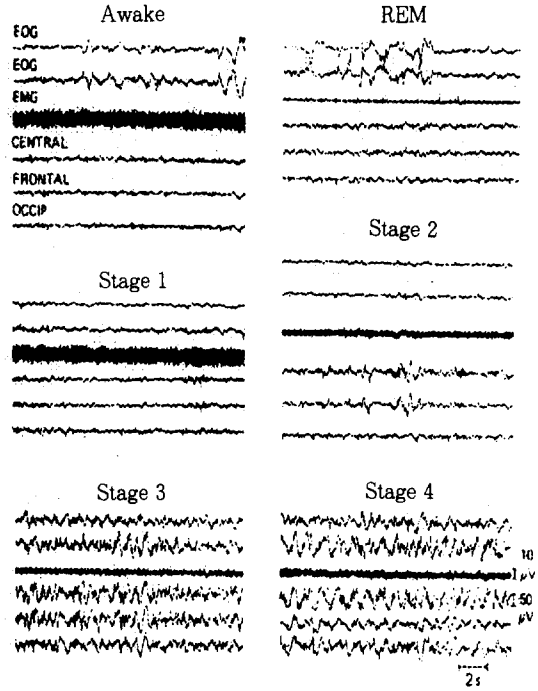


그림 9. EEG and muscle activity during various stages of sleep. Sleep stage, EOG, electro-oculogram registering eye movements; EMG, electromyogram registering skeletal muscle activity; central, frontal, occip, 3 EEG leads. Note the low muscle tone with extensive eye movements in REM.

EEG신호와 관련한 모든정보를 시사하게했다.

4.2 운전대 움직임 및 자동차 속도진단(그림 10)

실제관측이나 사고분석에의하면 초보운전자의 경우 위험이 닥치는 순간에 운전대를 급격히 돌리는 경향이 있는데 이러한 반응은 지나친 음주로 정상적인 운전이 불가능한 운전자의 경우에서도 관찰된다. Macfarland(1954)[32]는 장시간운전시 운전대의 진동주파수가 감소함을 기록했고 한편 Maclean(1972) 과 Hoffman(1973)[33, 34]는 복잡한 교통환경으로 운전자의 주위가 산란할때 그 주파수가 증가함을 보고하고있다. 아직까지 운전시간경과에 따른 주파수지표가 세워있지는않고, Mackie 와 Wiley(1990)[35]는 트럭운전자들에대한 실제적이고 이론적인 연구에서 운전대의 움직임과 속도분석에의한 주의력 평가의 어려움을 지적하고있다. 이외에도 많은 연구들이 주의력 감쇠의 정확한 측정을 위해 실행됐지만, 대부분이 불충분한 실험설계나 또는 통계적자료추출방식으로이루어져 외부변수들의 제어에 실패하므로써 확증적인 지표수립이 없는상황이다.

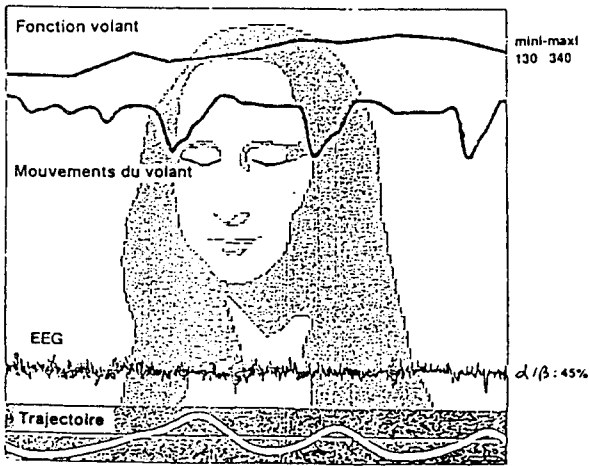
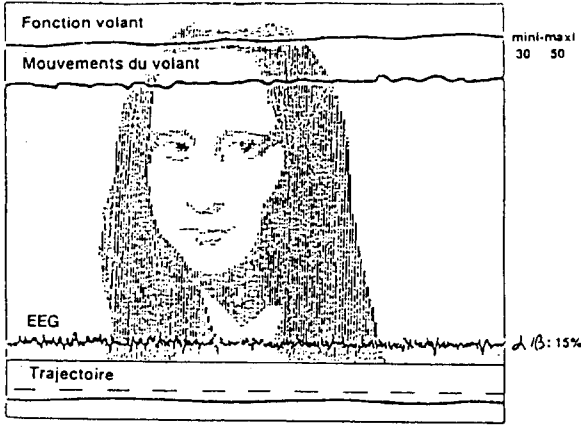


그림 10. The state of vigilance in the same experience. (1 and 2 hours of drive)[39]

5. 결 론

자동차안전사고 희생자의 50% 이상이 운전자의 주의력감쇠에 기인하는데 반해 자동차 제조업체와 그와 관련된 연구기관들은 인텔리전트 운송망구축 또는 자동차(압유리 주행 정보 표시장치, 자동항행 장치,...)개발에 많은 비용을 투자하고있다. Crespy(1972)[36]는 이와같은 시스템의 사용은 오히려 뇌전도 (EEG) 신호로 충분히 측정될 수 있을 정도

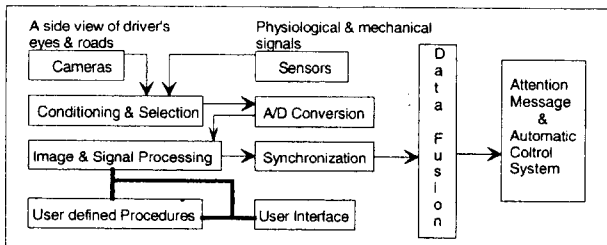


그림 11. Real-time detection system of driver's low vigilance states.

의 주의력감쇠를 유발한다고 지적하고있다. 그러므로 개발될 시스템은 오류 진단 및 시스템사용으로 일어날수있는 역효과를 피하고 운전자의 주의력변동을 정확하게 실시간 측정하기위해 주의력변동과 수반되는 각종 심리생리학적신호 및 기계적신호들과 소형 카메라를 이용한 운전자 눈꺼풀 움직임 추적, 얼굴 표정감시, 운행도로 감시 시각센서 정보들의 다중신호 융합 분석 시스템(그림 11)을 구현 해야된다 [37].

그림 12는 운전자의 눈꺼풀 움직임 감시 패턴 인식을 위해

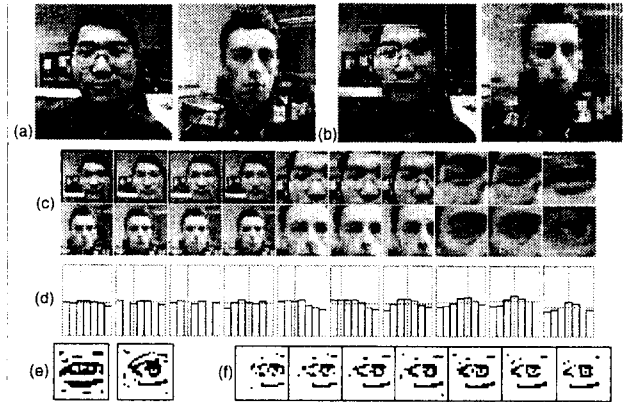


그림 12. (a) Source images (b) The retinal planes are centered on the right eye in the left image. The result of the visuo-motor convergence (VMC) process which searches for the corresponding planes in the right image (c) The same left/right planes as (b), but they are displayed with the same size. The initial resolution is 1/8, the final one is 1. (d). Representation of the criterion which is minimized by the VMC process. Each frame corresponds to a step in the sequence of (c). Each bar represents the product of correlation between the left/right retinal planes of which characteristics have been extracted with a shift varying from -3 to +3. The horizontal line represents the mean value of these products, the vertical one the center of gravity of the parts of the bar located above the means. For each resolution the VMC process recenters the center of gravity in the frame. (e) Characteristics which are extracted from the last left/right retinal planes of (c) and used by the VMC process. (f) Product of the left/right planes of (e), pixel by pixel, with a shift varying from -3 to +3.

마이크로카메라로부터 받아들인 왼쪽이미지 흥부상을 기준으로 운전중의 운전자로 가상할수있는 오른쪽 흥부상의 눈으로만의 이미지 국부집중 알고리즘의 결과[37]를 보인다. 이것은 운전자의 주의력변동을 눈꺼풀움직임감시로부터 학습을 통해 인식할수있는 신경회로망 알고리즘으로 향상시켜야한다.

주지하는 바와 같이 궁극적으로 자동차에 실장할수있는 운전자감시제어를 위한 실체크기의 시스템개발을 위해서는 신호처리, 마이크로프로세서, 자동화, 신경회로망은 물론 심리생리학, 인간(행동)공학분야등 여러 전공분야의 많은 협력을 필요로한다.

참 고 문 헌

- [1] M.VALLET
Les dispositifs de maintien de la vigilance des conducteurs de voitures, Actes des Journées d'Etude d'INRETS, 18/19 Oct. 1990 Bron France pp.13-21.
- [2] Accidents corporels de la circulation routière en 1992. Observatoire Nationale Interministériel de Securite Routiere (Doc de travail) May 1993.
- [3] J.E.MEYER, The measurement of automobile driver fatigue, Master of Science, MIT Boston 1990.
- [4] Bilan Quadrimestriel. Stastiques et commentaires. 1er quadrimestre 1993. Observatoire National Interministériel de Securite Routière.
- [5] REAGIR(Réagir par des Enquêtes sur les Accidents graves et les initiatives poury Remédier)Secrétariat d'Etat chargé des transports routières et fluviaux. Direction de la Securite et de la Circulation Routière. Exploration des enquêtes en milieu urbain.
- [6] B.NEUMEISTER, Réalité virtuelle, Horizons industriels, no.1 Mar. 1995 pp.27-30.
- [7] L.Meillaud, Y aura-t-il encore un pilote dans l'auto?, Action Auto Moto no.9 Jan. 1995 pp.28-31.
- [8] Anonyme, intelligente Strasse, Bild der Wissenschaft, dezember 1994 pp.41-52.
- [9] Evaluation de la vigilance des conducteurs, rapport DRET M600-8/5 fev. 1995 27P.
- [10] C.CHINA, en route pour l'automobile intelligente, Horizons industriels, no.1 Mar. 1995 pp.27-30.
- [11] H.HEAD, The conception of nervous and mental energy. Vigilance : a physiological state of the nervous system. British Journal of Psychology, vol. 14 1923 pp.126-147.
- [12] MACWORTH N.H., Some factors affecting vigilance. The advancement of science, vol.53 1957 pp.389-393.
- [13] O'Hanlon, J.F., and Kelly G.R., Comparisation of performance and physiological changes between drivers who perform well and poorly during prolonged vehicular operation. Vigilance. Theory, Operational Performance and physiological correlates. Edited by Mackie, New York, Plenum Press 1977 pp.87-110.
- [14] LECRET-GRILLON F, La vigilance et ses variations lors d'une tâche de longue durée : le cas de conduite automobile, Thèse Paris 1985 198P.
- [15] MACKIE R, Vigilance research. Are we ready for countermeasures? Uuman factors 29(6) 1986 pp. 707-723.
- [16] Santamaria J. and Chiappa K.H., The EEG of drowsiness in normal adults. J. Clin Neurophysiol 1987 vol.4, pp.327-382.
- [17] KHARDI S. et al. Les effets du bruit et des vibrations sur la somnolence en situation réelle de conduite. Noise and man '93 Proce. of the 6th internation congress, Nice France 5/6 July 1993.
- [18] WYON D., Factors affecting the subjective tolerance of ambient temperature swing. Proceeding of the 5th International congress for HVAC, Copenhagen, 1971 pp.87-107
- [19] N.L. HAWORTH and Peter VULCAN, Testing of commercially available fatigue monitor. LE MAINTIEN DE LA VIGILANCE DANS LES TRANSPORTS, Actes des Journées d'Etude de l'INRETS, 18/19 Oct. 1990 Bron France pp.81-104.
- [20] S.FAKHAR, M.VALLET, D.OLIVIER et D.BAEZ, La posture corporelle comme indicateur de fatigue du conducteur. Actes des Journées d'Etude de l'INRETS, 18/19 Oct. 1990 Bron France pp.151-158.
- [21] Science & Vie no.936 Sep. 1995 pp.158-159.
- [22] Courrier international, no.252, 15/19 Apr. 1995.
- [23] Arthure J. and al., Physiologie humaine. 2nd ed. 1989, McGraw-Hill,Ed., pp.686-391
- [24] William F. and Ganong, Review of medical physiology, Appleton & Lange Ed. 1991 pp.178-187.
- [25] Samson Wrighh, Physiologie appliquée à la médecine, 12^{ème}Ed. 1973 Flammarion Médecine-Sci-

ences pp.335-339.

- [26] Lindsley D.B., Activation, arousal, alertness and attention., Encyclopedia of Neuroscience, vol.1. Adelman Ed. Boston, 1987 pp.3-6.
- [27] Fruhstrifer H., Langanke P., Meisser K. and Peter J.H., Neurophysiological vigilance indicators and operational analysis of train monitoring device : a laboratory and field study. Vigilance. New York, Plenum Press, 1977 pp.147-162.
- [28] Belyavin A. and Wright N.A., Changes in electrical activity of the brain with vigilance. EEG and Clinical Neurophysiology, vol.66 1987 pp.137-144.
- [29] Torsvall L. and Akerstedt T., Sleepiness on the job : continuously measured EEG changes in train drivers. EEG and Clinical Neurophysiology, 1987 vol.66 pp.502-511.
- [30] Hjorth B., EEG analysis based on time domain properties. EEG stages during daytime sleep, Jpn J. Psychol. 1970 vol.29 pp.306-310.
- [31] Hjorth B., The physical significance of time domain descriptors in EEG analysis, EEG and Clinical Neurophysiology, 1973 vol.34 pp.321-325.
- [32] Macfarland R.P. and Moseley A.L., Human Factors in highway transport safety. Boston(Mass.) : Havard School of Public Health 1954..
- [33] Maclean J.R. and Hoffmann E.R., The effects of lane width on driver steering control and performance. Proc. of the Australian Road research Board 6th Conference, 1972 vol6(3) pp.418-440.
- [34] Maclean J.R. and Hoffmann E.R., Steering Reversals as a measure of driver performance and task difficulty, humanfactors, vol.15 1973 pp.421-440.
- [35] Mackie R.R. and Wiley C.D., Countermeasures to loss of alertness in truck drivers : theoretical and practical considerations, Journées d'Etude sur le Maintien de la Vigilance dans les Transports 1990 pp.113-141.
- [36] Crespy J., Le guidage de la conduite, étude d'un système de guidage électronique. Cahier d'études de l'ONSER no.29 1972.
- [37] 이 상국, B.Decoux, R.Debrie, M.Hubin, "Traffic security and detection of the driver's low vigilance state", 제6회 센서기술학술대회 논문집, 10/11 Nov. 1995 Korea pp.54-62.
- [38] M.AGNES, D.PELTIER, A Fuzzy diagnosis process for the detection of evaluation of car driver's behavior, Proc. de Journées d'étude automatique et automobile, 22/23 Jun 1995 Bordeaux France.
- [39] D.CHAUT et al. Un système embarqué de détection de l'hypovigilance, Actes des Journées d'étude de l'INRETS, 18/19 Oct.1990 pp.105-121.

저 자 소 개



이 상 국

1962년 12월 23일생. 1988년 인하대학교 공과대학 전기공학과 졸업.

1990년 인하대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사).

1994년 프랑스 루앙대학교 대학원 전자전기공학부 졸업(공학박사).

1990년 부터 프랑스 국립응용과학원 센서 및 의용전자기기연구팀 연구원.

1994년부터 경북대학교 센서기술연구소 선임연구원.

1995년 부터 프랑스 루앙대학교 공과대학 전자전기공학부 조교수.

연구분야는 Intelligent sensor, Ambulatory monitor, FPGA, VHDL, Thin film engineering.