

논문 2015-10-34

기능 안전성을 위한 대칭형 각도센서 보상기에 기반한 안전한 적응형 전조등 제어기의 설계

(Safe Adaptive Headlight Controller with Symmetric Angle Sensor Compensator for Functional Safety Requirement)

윤 지 애, 인 멩 디, 안 중 현, 조 정 훈, 박 대 진*

(Jiae Youn, Meng Di Yin, Junghyun An, Jeonghun Cho, Daejin Park)

Abstract : AFLS (Adaptive front lighting System) is being applied to improve safety in driving automotive at night. Safe embedded system for controlling head-lamp has to be tightly designed by considering safety requirement of hardware-dependent software, which is embedded in automotive ECU(Electronic Control Unit) hardware under severe environmental noise. In this paper, we propose an adaptive headlight controller with newly-designed symmetric angle sensor compensator, which is integrated with ECU-based adaptive front light system. The proposed system, on which additional backup hardware and emergency control algorithm are integrated, effectively detects abnormal situation and restore safe status of controlling the light-angle in AFLS operations by comparing result in symmetric angle sensor. The controlled angle value is traced into internal memory in runtime and will be continuously compared with the pre-defined lookup table (LUT) with symmetric angle value, which is used in normal operation. The watch-dog concept, which is based on using angle sensor and control-value tracer, enables quick response to restore safe light-controlling state by performing the backup sequence in emergency situation.

Keywords : Functional safety, Safe controller design, AFLS, Hazard detection & response

1. 서 론

자동차에 포함된 전자 장치는 점차 제어 소프트웨어에 의해 구동되는 ECU(Electronic Control Unit)에 의해 통신 채널을 거쳐 직/간접적으로 제어되는 방식으로 설계되고 있다 [1].

하드웨어와 소프트웨어 간에 유기적인 실행구조를 통해 정의된 기능을 수행하는 ECU는 하드웨어의 무결성과 소프트웨어의 안전한 실행을 가능케

*Corresponding Author(boltanut@knu.ac.kr)

Received: 18 July 2015, Revised: 29 Aug. 2015,

Accepted: 11 Sep. 2015.

J.A. Youn, M.D. Yin, J.H. An, J. Cho, D. Park:
Kyungpook National Univeristy

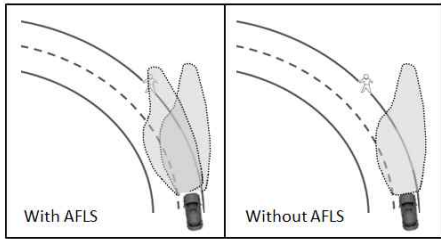
※ 본 논문은 교육부의 재원으로 한국연구재단의 기초과학연구 프로그램의 지원을 받아 수행된 연구결과임 (No. 2014R1A6A3A04059410).

하는 다양한 요구조건이 필수적으로 고려되어야 하며 이를 위한 다양한 하드웨어/소프트웨어 기법이 제안되고 있다 [2].

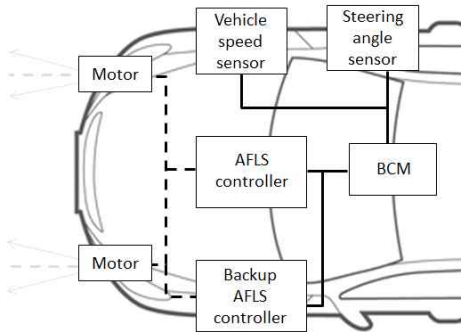
특히 ECU와 제어 대상 시스템이 열악한 온도, 노이즈 환경 속에 있는 자동차에 장착될 경우 네트워크 통신 및 제어과정 중에 예기치 못한 오작동 등의 문제점이 발생할 수 있으며 이러한 상황을 가정하여 오동작 상황을 복원할 수 있는 각종 안전장치에 대한 요구 사항이 점차 커지고 있다 [3].

야간 교통사고 비율이 높아지고 있어 안전성을 위한 많은 차량 보조 시스템들이 소개되고 있으며 그중에서 AFLS(Adaptive Front Lighting System)는 적응형 전조등 시스템으로 야간에 빛을 비추는 과정에서 주변 밝기 환경이나 도로 곡률, 기후에 따라 헤드라이트 제어를 동적으로 수행함으로써 운전자의 시인성과 안전성을 확보에 도움을 준다 [4].

그림 1(a)은 코너 길에서 Semi 적응형 전조등



(a) 적응형 전조등의 효과
(a) Effect of AFLS



(b) 자동차의 적응형 전조등 시스템 동작
(b) AFLS in vehicle

그림 1. 자동차의 적응형 전조등 및 AFLS 동작 예
Fig. 1 AFLS in vehicle and headlight control illustrated

시스템 모드의 동작 여부에 따른 영향을 알 수 있다. 적응형 전조등 시스템이 동작하지 않을 경우 야간 주행 시 코너 길에서 시야 확보가 어려우며 코너 길에서 있는 사물이나 사람을 인식 할 수 없다. 적응형 전조등 시스템 모드가 동작 할 경우 야간 주행 시에도 코너 길에서 시야확보를 높일 수 있고 안전성 또한 높일 수 있다.

본 논문에서는 Semi 적응형 전조등 시스템 ECU의 오동작 상황을 감지하고 오류원인을 검출하여 안전한 전조등 제어 동작을 가능케 하는 제어 보상기 알고리즘과 ECU에 통합된 전조등 각도 제어기 구조를 제안하며 자동차에 통합될 최종적인 적응형 전조등 시스템의 구조는 그림 1(b)와 같다.

본 논문은 다음과 같은 구성을 가진다. 2장 본문 초반부에 기존의 적응형 전조등 제어 방식에 대한 연관 기술을 먼저 소개하고, 3장에서 본 논문에서 제안하는 적응형 제어기의 구조 및 안전 제어 방식에 대한 상세한 내용을 서술한다. 안전이라는 사전적 의미로는 위험 원인이 없는 상태 또는 있더라도 인간의 피해를 받는 일이 없도록 대책이 세워져 있고, 그런 사실이 확인된 상태를 뜻한다. 본 논문에

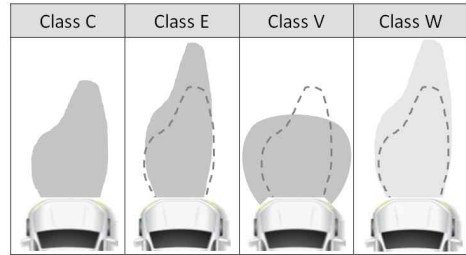


그림 2 Mode별 적응형 전조등

Fig. 2 Type of headlamp beam pattern

서는 안전이란 적응형 전조등 시스템의 고장 또는 오동작 상황을 감지할 경우에 기존 적응형 전조등 시스템은 정적 전조등 모드로 동작 되지만 제안한 방법의 백업 전조등 제어 시스템은 운전자에게 계속적인 시야 확보가 가능하도록 헤드램프를 제어 해 주는 것을 말한다.

4장 시뮬레이션 섹션에서는 제안하는 전조등 제어기 구조를 구현하기 위해 Mathworks사의 Matlab/Simulink를 통해 시스템과 제어 알고리즘을 모델링하고 테스트 환경에서 인위적인 에러를 제어기에 직접 인가하여 내장 설계된 백업 적응형 전조등 시스템과 각도 제어 보상 알고리즘이 수행되는 과정을 시뮬레이션 하였으며 비정상적인 제어기 상태를 적절하게 검출하여 연속된 헤드램프 제어를 안전하게 수행하는 결과를 보여준다. 5장 결론에서 본 연구의 효과와 추가 연구에 대해 소개한다.

II. 관련 연구

적응형 전조등 시스템은 주변 환경이나 도로 곡률의 조건에 따라 자동으로 빔 패턴이 바뀌어 운전자에게 도움을 주는 시스템이다. 그림 2처럼 적응형 전조등은 4가지 빔 패턴을 가진다 [5, 6].

Class C 는 기본 주행 패턴이다. 자동차 속도가 50km/h ~ 100km/h로 주행할 때 동작한다. Class V는 차속이 50km/h이하로 주행 할 경우 동작 하며 도심지를 운전 할 때 교차로나 코너 길과 같은 주변 환경의 시인성을 높여 준다. Class E는 고속도로 주행 시 먼 거리까지 시야를 확보해준다. Class W는 Rain sensor가 비를 감지하거나 와이퍼가 2분 이상 동작 할 경우 우천 상황이라고 판단하여 젖은 도로에 헤드램프 빔이 반사되어 전반 차량이나 대향 차의 눈부심을 줄여 편안한 운전이 가능하도록 우천 시 시야 확보에 도와준다.



그림 3. 카메라 센서를 통한 적응형 전조등 시스템

Fig. 3 AFLS through camera sensor

야간 주행 시 교차로나 코너 길에서 시야 확보를 위해서 Vehicle speed sensor를 통해서 자동차 속도와 Steering angle sensor를 통해서 자동차 Steering angle 그리고 Auto-Leveling Sensor를 통해서 높낮이 정보를 얻을 수 있다. 이러한 정보는 BCM(Body Control Module)을 통해서 적응형 전조등 시스템에서 제어되어 헤드램프에 있는 모터로 제어된 신호를 보내준다 [7]. 제어된 신호를 통해 전조등의 상하좌우를 조절해 줄 수 있다.

최근에 개발된 지능형 전조등은 카메라 센서를 통하여 자동차가 주행 할 때 차량의 앞의 정보들을 얻어 헤드램프 작동 시킬 수 있다. 그림 3을 통해서 보듯이 맞은편이나 전방에 차량이 있다고 인식되면 차량의 이동경로에만 빛을 차단하여 맞은 편 차량의 헤드라이트 눈부심에 의한 사고를 예방할 수 있도록 하는 전조등 기술이 개발 되었다 [8].

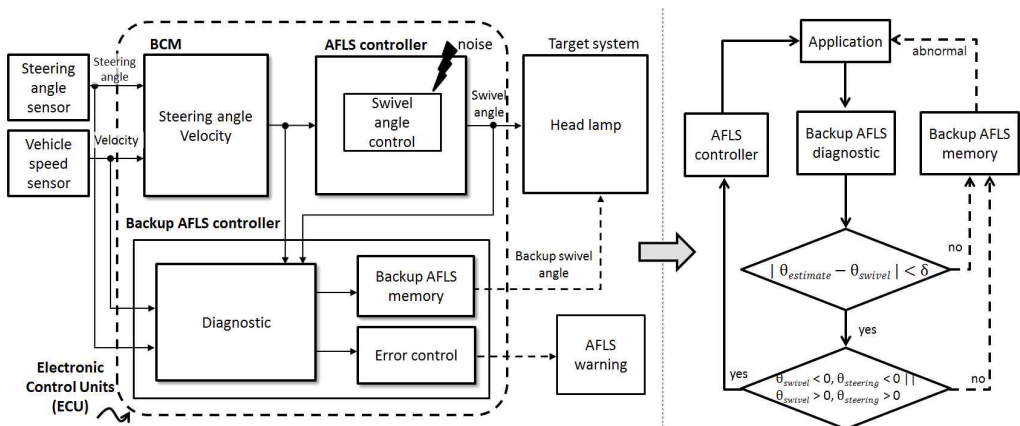
III. 제안된 방법

본 논문에서는 적응형 전조등 제어는 조향 각을 통해 회전 반경을 구한 후 회전 반경과 자동차 속도를 차속에 대한 Swivel angle을 구하여 모터를 제어하는 적응형 전조등 시스템을 기반으로 하여 연구 하였다.

그림 4(a)은 제안하는 백업 적응형 전조등 제어기를 포함한 적응형 전조등 제어를 위한 ECU 및 시스템 구조를 보여준다. 백업 적응형 전조등 제어기는 기존의 적응형 전조등 제어기 동작을 실시간으로 감시하고 대칭적으로 동작하기 위해 고안되었으며 고장여부 진단, 백업 메모리에 상태 저장 및 오동작시 긴급 제어의 3가지 역할을 가진다. ECU의 한 주기 안에서 고장여부 진단, 백업 메모리에 상태 저장 및 오동작 시 긴급제어의 세 가지의 역할이 가능하도록 하는 실시간 백업 적응형 전조등 제어기를 연구하였다.

제어 상태에 대한 진단을 위해 BCM, Vehicle sensor와 Steering angle sensor로부터 자동차에 대한 정보와 적응형 전조등 시스템에서 모터를 제어하는 출력 신호를 입력받아 기존의 적응형 전조등 시스템 제어기의 고장 여부를 판단하여 긴급 상황에서 이전의 안정적인 전조등 제어상태에 이어 연속적인 제어 흐름을 유지하도록 고안되었다.

기존의 적응형 전조등 제어기는 고장 또는 손상이 났을 경우 운전자에게 고장 경고등을 통하여 제어기의 정적인 고장 여부만을 알려주며 적응형 전



(a) 제안된 Backup AFLS controller의 구조
(b) Architecture of proposed AFLS

(b) 제안된 Backup AFLS기반 헤드램프 제어
(b) headlamp control algorithm

그림 4. 제안된 백업 AFLS controller의 구조 및 헤드램프 제어 알고리즘
Fig. 4 Architecture of proposed method and headlamp control algorithm

조등 시스템 모드를 정지시키고 정적 전조등 모드를 수동으로 전환하도록 설계된다 [9]. 제안한 백업 적응형 전조등 제어기는 야간 주행 시 제어 시스템의 오작동 상황에서 동적인 안전 제어 모드를 제공하여 운전 중에서도 운전자의 시야 확보를 도와주고자 한다.

그림 4(b)는 전조등 제어 시스템의 제어 각도에 따른 오동작 판별을 하는 알고리즘을 보여준다. 대칭형 백업전조등 각도 제어기는 메인 ECU의 제어 상태를 감시하여 종합적인 긴급상황(Emergency status) 제어를 위한 개입여부의 판단을 수행하여 비정상적인 시스템 상태로 감지될 경우 메인 시스템과 별도로 설계된 백업 제어기가 직접 헤드램프를 이전의 안전 제어 상태로 복귀시키고 연속된 전조등 각도 제어를 수행한다.

메인 ECU 제어기의 오동작 상태여부의 판단은 센서와 제어기로부터 입력 받은 정보들로 판단한다. Sensor와 BCM에서 입력 받은 정보를 통해 추정된 Swivel angle $\theta_{estimate}$, 적응형 전조등 제어기에서 출력된 Swivel angle을 θ_{swivel} 그리고 BCM을 통해 입력된 Steering angle $\theta_{steering}$ 를 통해 판단한다. $|\theta_{swivel} - \theta_{estimate}|$ 값이 임계값 δ 보다 작거나 큰 경우에 따라 주 제어기 상태를 판단한다. $|\theta_{swivel} - \theta_{estimate}| \leq \delta$ 일 경우 주 제어기는 정상상태라고 판단 한다. 만약 $|\theta_{swivel} - \theta_{estimate}| > \delta$ 이거나 θ_{swivel} 부호와 $\theta_{steering}$ 의 부호가 다를 경우 또 제어기에서 Swivel angle이 $-20^\circ \sim 20^\circ$ 범위를 벗어 날 경우 주 ECU 제어기가 비정상적인 상태라고 판단하여 정적으로 고장 경고등을 켜준다. 만약 적응형 전조등 제어기의 고온, 고압으로 인한 비정상적인 조건에서의 일시적인 오류라면 동적으로 저장된 제어기 상태를 복원하여 백업 적응형 전조등 제어기를 통하여 연속된 전조등을 제어를 수행한다.

동적으로 실시간 백업된 각도 정보는 Steering angle sensor를 통하여 받아진 Steering angle 범위에 따라서 Swivel angle을 정해준다. 표 1은 Steering angle 범위에 대한 Swivel angle을 나타낸 것이다. Steering angle 범위에 따른 Swivel angle은 차량 운행을 통해 측정된 결과[10, 11]를 바탕으로 결정하였다.

실제 도로 실험에서 19° 이상 일 경우 상대운전자의 눈부심을 일으킬 수 있다는 결론을 통하여 Swivel angle 최대 각도를 19° 로 정할 수 있었다.

표 1. 백업된 Steering angle에 따른 Swivel angle

Table 1. Backup memory (Swivel angle corresponding to steering angle)

(Unit: Degree)

Steering angle	Swivel angle
-35 ~ -5	-19
-5 ~ -4	-16
-4 ~ -3	-12.5
-3 ~ -2	-9
-2 ~ -1	-6
-1 ~ -0.5	-3
-0.5 ~ 0.5	0
0.5 ~ 1	3
1 ~ 2	6
2 ~ 3	9
3 ~ 4	12.5
4 ~ 5	16
5 ~ 35	19

표 1을 기반으로 자동차 속도에 따라서 Steering angle에 대한 Swivel angle 제어를 빠르고 효율적으로 결정하여 제어 하도록 설계하였다. 저장된 백업메모리는 float형으로 4byte로 범위 당 Swivel angle을 정하려면 약 156byte정도 된다.

고정된 백업 메모리를 통해서 주 제어기의 각도 제어 시 오동작 상황에서도 마지막 정상 제어상태로 긴급 복원을 수행한다. 이를 통해 오동작 상황에서 전조등 각도를 빠르게 결정하여 백업 적응형 전조등 제어기가 시스템 제어를 위해 개입하도록 유도하여 전조등 동적 제어의 멈춤 없이 안전한 시야확보를 가능케 한다.

IV. 시뮬레이션

1. 실험 환경

적응형 전조등 제어기는 조향 각과 자동차 속도를 입력으로 하여 조향 각을 통해 회전 반경을 구한 후 회전 반경과 차속에 대한 Swivel angle을 구하여 모터를 제어한다. Swivel angle을 구하는 방법은 참고문헌[12]을 참고하였다.

그림 5는 제안하는 백업 적응형 전조등 제어기 구조를 Matlab/Simulink 기반으로 모델링하여 설계한 실험환경을 보여준다. 본 실험에서의 적응형 전조등 제어기의 입력은 Steering angle sensor, Vehicle speed sensor가 안전한 상태란 가정하여

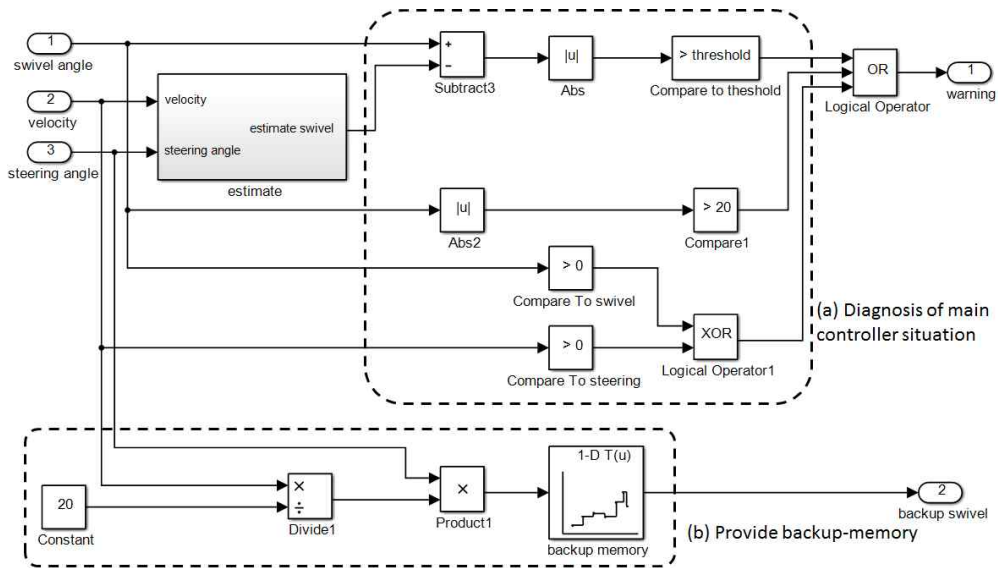


그림 5. Matlab/Simulink 환경에서 구현한 백업 AFLS 모델

Fig. 5 Experimental environment using Matlab/Simulink

Steering angle을 $-35^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 로 하고 Swivel angle은 $-20^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 로 하고, Vehicle speed의 값은 20~80으로 실험하였다.

Estimate 블록은 Steering angle sensor를 통해서 입력 받은 Steering angle과 Vehicle speed sensor를 통해서 입력 받은 Velocity로 Swivel angle을 추정 하는 부분을 구현 하였다. 추정한 Swivel angle은 주 제어기의 상태를 확인하는데 필요하다.

그림 5에 점선으로 표시된 영역 (a)는 추정 된 Swivel angle과 주 ECU제어기에서 출력된 Swivel angle를 이용하여 주 ECU 제어기의 상태를 진단한다. 입력 받은 정보들을 통해서 Threshold 보다 크거나 부호가 다를 경우 또는 Threshold 범위 보다 작지만 Swivel angle이 20° 이상의 값을 가질 경우에 대하여 검출 할 수 있다.

이러한 상황에서 주 ECU 제어기를 대신하여 백업 ECU 제어기로 전조등을 제어 해준다. 그림 5에 점선으로 표시된 영역 (b)블록은 속도에 대한 백업된 메모리를 받아와 헤드램프 제어를 수행한다. Lookup 테이블 통해서 Steering angle 범위에 대한 Swivel angle을 지정하여 줄 수 있었다.

적응형 전조등 제어기에서 Steering angle과 자동차 속도에 따른 Swivel angle을 구현하였다. 백업 AFLS는 정상상태에서의 적응형 전조등 제어기 상태와 현재 시점에 동적으로 감지된 제어상태를

비교하여 에러를 판단함으로써 전조등 제어 방법이 실시간 바뀌도록 설계하였다.

2. 시뮬레이션 결과

그림 6은 정상적인 제어기 상태에서 적응형 전조등 시스템의 제어 특성으로 속도에 따른 Turning radius에 대한 Swivel angle의 결과이다. 속도가 빨라질수록 Swivel angle 또한 커진다. 그리고 Turning radius값이 커질수록 직선에 가까움을 나타내 Swivel angle이 작아지는 것을 볼 수 있다.

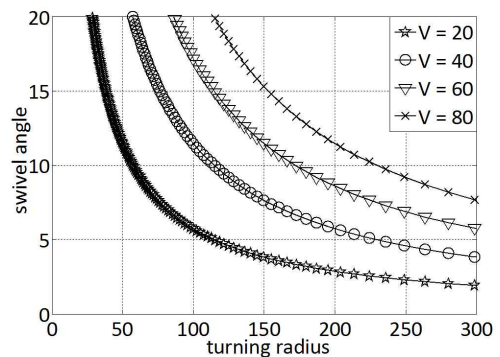


그림 6. 속도에 따른 정상적인 AFLS의 결과

Fig. 6 Normal AFLS operation according to the velocity

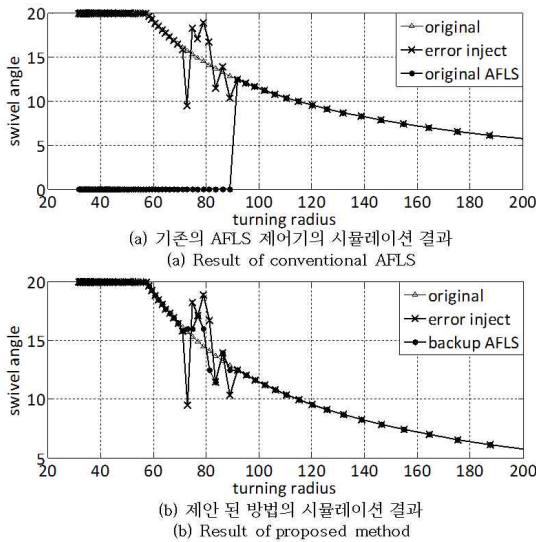


그림 7. 기존 적응형 전조등 제어기와 제안된 적응형 전조등 제어기의 시뮬레이션 결과

Fig. 7 Simulation results of traditional and proposed AFLS

적응형 전조등 제어기의 상태 판단 여부는 실시간으로 측정된 Steering angle, Vehicle velocity를 통하여 적응형 전조등 제어기에서 출력되는 Swivel angle이 정상상태와 비교하여 판단하며 정상적이지 않은 상태이면 백업 적응형 전조등 시스템으로 헤드램프를 직접 제어해준다. Swiveling angle을 고정된 값을 통해서 제어해주며 헤드 램프는 속도에 비례한 Swivel angle로 제어된다.

기존의 적응형 전조등 제어기는 제어기의 에러가 판단되면 적응형 전조등 제어기모드 상태가 꺼지게 되고 기본 전조등 모드로 동작 하게 된다. 그림 7(a)는 기존의 적응형 전조등 제어기가 에러가 발생하면 적응형 전조등 제어기가 off 되어 에러가 발생한 시점에서부터 각도가 0으로 되는 것을 확인할 수 있다. △로 표시된 선은 정상적인 상태의 Swivel angle의 결과를 나타낸다. X로 표시된 선은 임의로 에러를 인가하여 비정상적인 상태일 경우의 결과이고 ●로 표시된 선은 에러가 확인 되었을 때 제어기가 나타내는 결과이다. 그림 7(b)는 제안한 방법의 백업 적응형 전조등 제어기가 에러가 발생

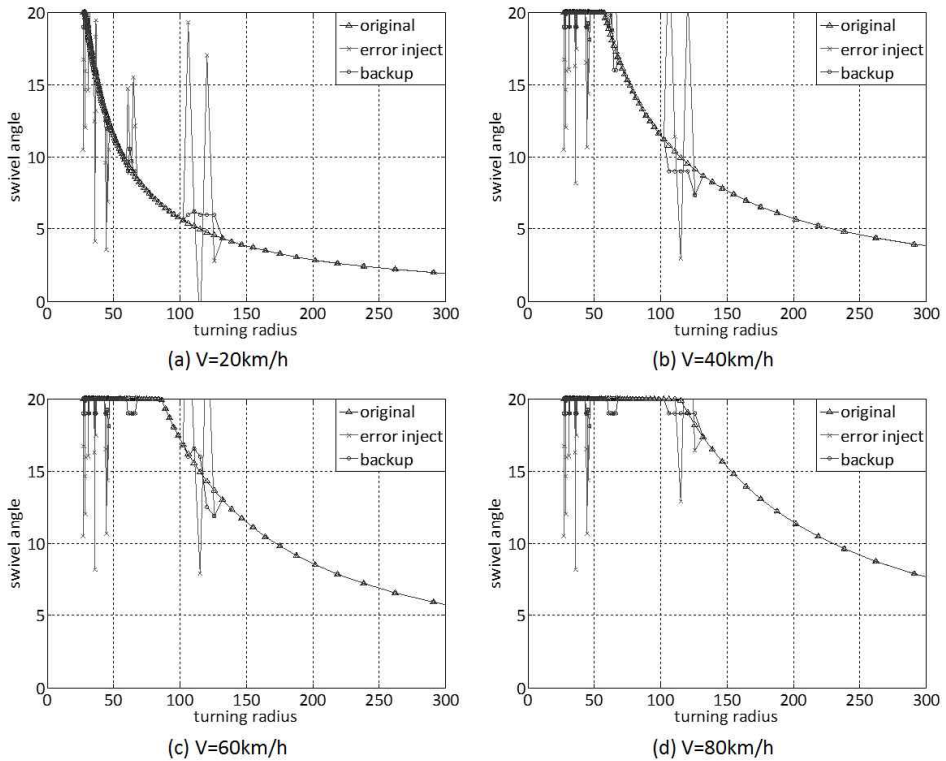


그림 8. 제안 된 방법의 시뮬레이션 결과

Fig. 8 Simulation Result of proposed method

한 상황에서도 계속해서 전조등을 제어에 도움을 주어 운전자의 시야확보에 도움이 될 수 있도록 백업된 정보를 통하여 전조등을 제어해주는 결과를 보여준다.

그림 8은 vehicle speed를 20km/h, 40km/h, 60km/h, 80km/h일 경우에 대해 강제로 시스템 각도 제어 오차를 사용하여 시스템 오동작 제어 상황을 인위적으로 인가하였을 때 제안한 전조등 제어 시스템의 동적인 안전 동작을 시뮬레이션 한 결과를 보여준다.

회전 반경에 대한 헤드램프 회전 각도를 나타낸 결과를 보면 △로 표시된 선은 주 제어기에 예러도 없고 정상적인 상태의 Swivel angle의 결과를 보여준 것이다. X로 표시된 선은 주 제어기에 임의로 예러를 인가하여 비정상적인 상태에서의 Swivel angle의 결과이다. 그리고 O로 표시된 선은 주 제어기의 비정상적인 상태를 판단하여 백업 ECU 제어기의 고정된 백업 Memory로 헤드램프를 제어하는 결과를 나타낸다. 예러가 발생한 부분에서 백업 Memory로 보정된 부분을 그림 8을 통해서 확인할 수 있다.

제안한 백업 적응형 전조등 제어기와 오동작 판별 알고리즘, 내장 각도 복원 테이블 구조를 ECU에 통합 설계한 전조등 제어 시스템을 통해 오동작 상황에서도 차량의 속도가 가변 시에도 안정적인 연속 제어가 가능함을 보여 준다.

3. 추후 연구 방향

위 실험은 시뮬레이션 환경에서 실험된 결과로 예러를 검출하여 예러 발생 시 주제어기를 대신하여 백업 적응형 전조등 제어기로 전조등을 예러가 난 상황에서도 오동작하지 않도록 제어 해 줄 수 있었다. 하지만 ECU가 장착된 실제 환경에서 본 연구에서 제안한 시스템을 구성하고 실장 실험을 수행 해보아야 한다. 그러므로 추후 연구에서는 Simulink 제어로직을 차량과 연동하여 실시간 연동 테스트 할 수 있는 에뮬레이션 환경[13]에서 제안한 적응형 전조등 제어 시스템 모델과 제어 알고리즘을 실차 환경에서 평가 해보아야 한다.

V. 결 론

본 논문에서는 적응형 헤드램프 제어를 위한 ECU 구조에서 발생할 수 있는 예러에 효과적으로 대응하여 안전성을 높일 수 있도록 메인 ECU에 대

칭형으로 설계된 백업 적응형 전조등 제어기 구조와 전조등 제어가 각도 오동작을 판별하고 이를 보상할 수 있는 제어 알고리즘을 제안하고 이를 ECU에 통합하였다.

제안된 ECU 구조를 Matlab/Simulink로 모델링하고 테스트 벤치 환경에서 인위적으로 오동작 상황을 인가 시 적응형 전조등 제어기와 ECU의 동작의 시간 특성과 제어 안전성을 실험 결과로 보여주었다. 백업 적응형 전조등 제어기는 전조등 제어 상태를 동적으로 검사하여 Steering angle 범위 안에서 Swivel angle을 적절하게 제어할 수 있었다. 자동차 속도에 따른 Swivel angle제어 특성을 보여주었으며 일정 이상의 제어 각도 오차가 발생하였을 때만 백업 적응형 전조등 시스템이 제어 시스템에 개입하여 동작하도록 구현하였다.

제안된 ECU구조를 통해 적응형 전조등 시스템 제어과정에 발생하는 동적인 오류 여부를 실시간으로 판단하고 오류가 발생하였을 경우에도 메인 적응형 전조등 제어기를 대신하여 제어 시스템에 개입하여 전조등의 연속적인 동적인 안전제어를 가능케 한다. 추가 연구로 본 연구에서 제안한 적응형 전조등 제어 시스템 모델과 제어 알고리즘을 실제 차량용 ECU에 직접 탑재하여 평가하는 에뮬레이션 환경[13]을 이용하여 외부 노이즈가 인가되는 전장 환경에서 적응형 전조등 시스템의 안전한 제어 성능에 대해 추가로 평가 환경을 개발하고자 한다.

References

- [1] G. Leen, H. Donal, "Expanding automotive electronic systems," IEEE Computer Vol. 35, No. 1, pp. 88-93, 2002
- [2] C.V. Briciu, I. Filip, F. Heininger, "A new trend in automotive software: AUTOSAR concept," Proceedings of IEEE 8th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics, pp. 251-256, 2013.
- [3] S.J. Oh, "A practical approach of SysML with Agile methods for ISO26262 and AUTOSAR," Proceedings of KSAE 2014 Annual Conference and Exhibition, pp. 648-655, 2014 (in Korean).
- [4] L. Feng, H.U. Fengjian, "A comprehensive survey of vision based vehicle intelligent front light system," international journal on smart

sensing and intelligent system Vol. 7, No. 2, pp. 701-723, 2014.

[5] D.H. Kim, "Study of Optimized Tuning in Full AFLS Head Lamps," Proceedings of the FISITA 2012 World Automotive Congress, Vol. 8, pp. 1719-1731, 2012.

[6] P.V. Adhav, S.A. Shaikh, "Adaptive Front Lighting System Using CCD," IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering, Vol. 9, No. 5, pp. 20-25, 2014.

[7] System Application Engineering/ MCU, Automotive Adaptive Front-lighting System Reference Design, TEXAS INSTRUMENTS, SPRUHP3, 2013.

[8] H.K. Kim, H.Y. Jung, J.H. Park, "Vehicle Detection for Adaptive Head-Lamp Control of Night Vision System," IEMEK J. Embed. Sys. Appl., Vol. 6, No. 1, pp. 8-15, 2011 (in Korean).

[9] Rules on vehicle safety standards, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2010 (in Korean).

[10] S.W. Oh, J.H. Cho, D.K. Byeon, J.H. Joo, "A Study on Swivel Angle of Dynamic Bending Light," Proceedings of KSAE Spring Conference, Vol. 4, pp. 2151-2157, 2007 (in Korean).

[11] H.S. Lee, B.D. Kang, H.G. Kim, Y.T. Choi, J.H. Hwang, "A Study on Optimum Swivel Angle of AFLS Headlamps Considering Various Road Curvatures," Proceedings of KASE Spring Conference, Vol. 3, pp. 1434-1439, 2006 (in Korean).

[12] K. Ishiguro, Y. Yamada, "Control technology for bending mode AFS," SAE Technical paper No. 2004-01-0441, 2004.

[13] <http://www.dspace.com/en/pub/home/products/hw/micautob.cfm>

Jiae Youn (윤 지 애)



She is currently a M.S student in department of electronics engineering at Kungpook National university, Deagu, Korea. She received her B.S degree in information and communication Engineering in 2013 from Yeungnam University, Gyeongsan, Korea. She current research interest includes model-driven vehicle ECU controller.
E-mail : jiae0620@gmail.com

Meng Di Yin (인 명 디)



He is currently a M.S student in department of electronics engineering at Kungpook National University, Deagu, Korea. He received his B.S degree in automation engineering in 2012 from Beijing Forestry University, Beijing, China. He current research interest includes Lithium battery fast charging and modeling simulation.
Email: yinlaohan17@gmail.com

Joonghyun An (안 중 현)



He is currently a M.S student in department of electronics engineering at Kungpook National university, Deagu, Korea. He received his B.S degree in electronics engineering in 2007 from Chugbuk National University, Cheongju, Korea. He current research interest includes low-power smart IoT system-on-chip architecture.
Email: joonghyun.an@gmail.com

Jeonghun Cho (조정훈)

He received the B.S. degree in electrical engineering, the M.S. degree, and the Ph.D. degree in electrical engineering and computer science (EECS) from the

Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), Daejeon, Korea, in 1996, 1998, and 2003, respectively. He is currently an Associate Professor with the School of Electronics Engineering in Kyungpook National University, Daegu, Korea. His research interest includes optimized compiler, operating system, and design automation for embedded systems and reconfigurable computing. Dr. Cho is a member of ACM and IEEE.

Email: jcho@ee.knu.ac.kr

Daejin Park (박대진)

He received the B.S. degree in electronics engineering from Kyungpook National University, Daegu, Korea in 2001, the M.S. degree and Ph.D. degree in

electrical engineering from the Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), Daejeon, Korea, in 2003, and 2014, respectively. He was a Research Engineer at Major Semiconductor Companies such as SK Hynix Semiconductor, Samsung Electronics, and ABOV Semiconductor over 12 years from 2003 to 2014, respectively and have worked on processor architecture design and lowpower ASIC implementation with custom designed software algorithm optimization. Dr. Park is now with School of Electronics Engineering in Kyungpook National University, Daegu, Korea and a visiting research professor as presidential post-doctoral fellow.

Email: boltanut@knu.ac.kr