
Adaptive Front-lighting System용 ECU 개발에 관한 연구

김관형* · 강성인*

A Study on the development of ECU for Adaptive Front-lighting System

Gwan-Hyung Kim* · Sung-In Kang*

요 약

현재 교통사고의 통계를 보면 야간에 발생하는 교통사고는 주간과 비슷하게 일어나지만, 치사율은 주간에 비해 1.5 배 높은 실정이다. 이러한 문제점은 야간에 운전자의 시야확보가 불리하여 적절한 사고 대응을 하지 못하는데 기인한다. 그러므로 본 논문에서는 밝기, 연색성, 광효율이 우수한 자동차 전조등을 마이크로컨트롤러에 의한 디지털 제어방식을 적용하여 주어진 요구조건 및 주변 환경에 최적으로 적용할 수 있도록 전자식 지능형 적응제어시스템을 설계하였다. 특히, 자동차용 조명장치의 경우 기본적인 역할은 물론 주행조건, 도로조건 및 기후조건에 가장 적합한 조명 패턴으로 자동적으로 전환 및 이동시켜 줄 수 있는 지능적인 조명장치를 구현하여야 한다. 따라서 본 논문에서는 이러한 지능형 자동차의 구현에 초점을 맞추어 운전자의 편의성과 안전성을 더욱 향상시킨 조명장치 시스템의 개발에 목표를 두었다.

ABSTRACT

Recently, according to traffic accident statistics, traffic accidents occurring at night are as frequent as those during daytime, but their death rate is 1.5 times higher than that of daytime traffic accidents. This problem originates that the insufficient range of vision security of a driver causes the inappropriate accident confrontation. Therefore, in this paper, a microcontroller-based digital control method for the superior performance in headlight system is presented for optimal control that can adapt complex transient state, steady state and various environments. Specially in vehicles' headlight, its fundamental purpose is to implement the artificial headlight system which automatically controls the lighting patterns most adaptive to driving, road and weather conditions. Therefore we aimed at the development of headlight system, focused on the implementation of an artificial vehicle, of more advanced convenience and safety for drivers.

키워드

자동차 전조등, 등조도 곡선, 조명 패턴, 시인성, 지능제어

I. 서 론

현재 일반적인 자동차 전조등의 각도는 상향 및 하향으로만 조정하게 되어 있고, 수동으로 조절해야 하는 불편함이 있다. 이러한 점을 해결하기 위해 하나의 전조등 안에 Basic Lamp, Bending Lamp #1, #2 그리고 Weather

Lamp를 둔다. 이들 램프들은 자동차의 Speed Sensor, Wheel Sensor, Turn Signal, Height Sensor, Rain Sensor들에 의해 수집된 자동차의 주행조건, 도로조건 및 기후조건들을 ECU(Electronic Control Unit)에 의해 현재의 상태를 지능적으로 판단하여 가장 적절하게 전조등을 점등되게 한다. 여기에서 가장 일반적인 전조등 점등 방식은

일반 국도 및 고속도로의 시인성 확보에서는 Basic Lamp 가 점등되고, 곡선도로의 진행 방향 시인성 확보를 위해서는 Bending Lamp #1이 점등되며, 시내 교차로의 진행 방향 시인성 확보를 위해 Bending Lamp #2가 점등된다. 또한 우천시 시인성 확보를 위해 Weather Lamp가 점등된다. 따라서 기존의 수동식 전조등 조작방법의 단점을 개선한 전자식 지능형 AFS(Adaptive Front-lighting System)는 야간의 시인성이 대폭 향상되어 운전자는 보다 넓고, 보다 멀리까지 뚜렷하게 노면을 볼 수 있어 신체적 피로도가 경감되며, 악조건(우천시, 기타)하에서도 노면의 상태를 파악할 수 있어 안전운전에 탁월한 효과를 발휘한다. 야간에 발생하는 교통사고의 절반이상이 부적절한 조명장치에 기인하고 있으므로 본 시스템의 개발은 야간 운전 시 운전자의 시야 확보에 많은 도움을 주는 차량 지능화의 한 부분이 될 것이다.[1][2][3]

II. 시스템 작동 방식

본 시스템은 좌우 각각 4개씩 총 8개의 램프가 설치되어 있다. 각각의 램프는 각도 및 구동 범위가 다르게 설정되어 있으며, 이를 통해 다양한 운전상황에 맞는 조명 패턴을 제공한다. 또한, 자동차에는 여러 가지의 센서가 부착되어 있으며, 이들을 통하여 차량의 다양한 상태들을 지능적으로 판단한다. 본 논문의 시스템에서는 Wheel speed sensor, Height sensor, Steering angle sensor, Turn signal, Rain sensor 및 Photo sensor로부터 감지된 센서신호들을 처리하여 제어기(ECU)에 입력한다. 제어기에서는 이들 입력된 신호들을 통하여 현재 차량 정보를 파악하며 현재 어떤 환경에서 도로를 주행하는지에 대한 상태 정보를 파악하여 도로의 굴곡과 차량의 곡선주행 여부 및 기후상태를 판단하여 각각 램프에 부착된 구동장치를 제어하게 된다. 본 실험에 사용된 램프는 Projection HID Lamp는 Basic Lamp의 기능을 갖고 있으며 Low/High 변환을 통하여 일반국도와 고속도로의 시인성을 확보하며, 스텝핑모터에 의해 좌우로 구동된다. 그리고 할로겐전구를 사용한 Bending lamp #1은 곡선도로의 진행방향 시인성 확보를 위해 서보모터에 의해 좌우로 구동된다. 또한 이 램프의 조도는 제어기에서 발생하는 펄스폭에 따라 밝기가 조절된다. 시내 교차로의 진행 방향 시인성을 확보하는 Bending lamp #2는 릴레이의

ON/OFF에 의해 조정되며, 마지막으로 우천시의 시인성 확보를 위한 Weather lamp가 제어기에 의해 릴레이 ON/OFF되어 조절된다. 이들 시스템의 구성은 전체적인 시스템의 구성도는 그림 1에서 제시하였다. 특히, 그림 1의 출력 부분은 기존의 방식대로 조작 하였을 때의 결과를 점선으로 표시하였고, 본 연구에서 제시한 지능형 AFS를 적용했을 때의 개선된 결과를 음영으로 비교 제시하였다.

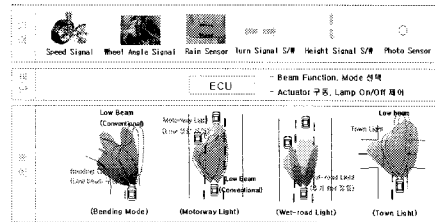


그림 1. 전체 AFS의 구성도
Fig. 1. Overall operation block diagram of AFS

III. 제어기 구성 및 제어알고리즘

ECU를 구성하는 부분은 크게 센서 입력부와 구동장치 구동부, 신호들을 판단하고 제어하는 마이크로 컴퓨터부 그리고 이들에게 전원을 공급하는 전원부로 나뉘며 그림 2와 같이 블록선도로 표시 한다.

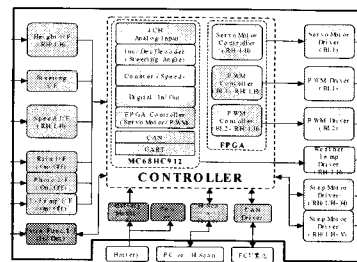


그림 2. ECU 블록선도
Fig. 2. the block diagram of ECU

그림 3은 ECU의 핵심 부분으로 입력신호와 출력신호를 결정하는 마이크로컴퓨터 회로부분으로 본 시스템에서는 모듈라 계열의 16비트 프로세서인 HC12계열 마이크로프로세서의 최신 기종을 선택하였다. 이 프로세서의 특징은 32Kbyte 플래쉬 eeprom, 1Kbyte 램,

768byte eeprom, 8ch 타이머, 10비트 A/D 컨버트, 4ch PWM등의 성능을 갖고 있으므로 본 시스템의 모든 입출력 신호들을 제어하기에 충분한 기능을 가지고 있어 본 시스템에 적용하였다.

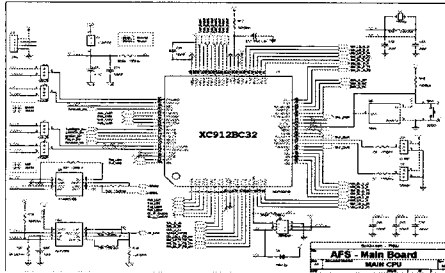


그림 3. AFS CPU 회로도
Fig. 3. AFS CPU schematic

다음은 실제 제작된 ECU에 대한 사진을 그림 4에 제시하였다. 본 연구에서 사용된 실제 ECU의 제어 방식은 다양한 조명패턴을 제어하기 위한 입출력 조건들과의 상관관계를 표 1에 제시하였고, 설계한 제어 알고리즘은 크게 5가지 모드로 나누어 구성하였다. 또한 각각의 모드별로 제공해야할 출력상태를 표 2에 제시하였으며, 각 모드별 중요 개념들을 서술하였다. 현재 자동차의 운전상태를 지능적으로 판단하기 위하여 각 모드별 작동조건 및 작동개념을 공식화하는 if-then 규칙을 활용하여 차량의 운전상태머신을 설계하였으며, 실시간으로 입수되는 센서 정보로부터 주어진 차량의 운전상태를 지능적으로 판단하게 설계하였다. 이렇게 설계된 AFS는 차량의 운전상태 정보를 활용하여 주어진 도로환경에 가장 적합한 자동차 조명패턴을 지능적이고 적응성있는 조명을 운전자에게 제공하게 된다. 이러한 모든 운전상태정보를 기초로 하여 모든 제어알고리즘을 C언어로 작성하여 ECU에 탑재하였다.

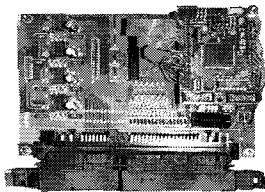


그림 4. 실험에 제작된 AFS ECU
Fig. 4. Implemented test platform for AFS ECU

표 1. 제어프로그램을 위한 입출력 조건
Table. 1. Input/output condition for control program

Actuator	Specification	Input/Output
Basic Lamp	급가속/급감속 보정	Height Sensor Stepping Motor
	좌/우 구동	Stepping Motor
	상향조절	Speed Sensor Stepping Motor
	Auto-Lighting On/Off	Photo Sensor
Bending Lamp #1	좌/우 구동(Steering)	Servo Motor
	상시점등, 조건점등	Steering Sensor
	Speed 감지	Speed Sensor
Bending Lamp #2	On/Off 제어	Steering Sensor
	방향지시 신호시	Relay On/Off Signal
	Speed 감지	Speed Sensor
Weather Lamp	On/Off제어	Rain Sensor
기타 Function	통신회로	Program 제어
	Power 및 PCB 회로	Fail-safe 제어
	기능별 수동/자동 설정	On/Off 제어
	Parameter 수정기능	Program 제어

표 2. 제어 알고리즘 정의
Table. 2. The define of control algorithm

No.	작업 기능	출력	작업 조건 및 작동 CONCEPT
1	Dynamic Bending Mode	• 곡선로 주행 시인식 할당 • PRU UNIT 좌/우 구동	• 좌/우회전 곡선로 : Steering Wheel Angle 및 차량 속도의 변화에 따른 LOW UNIT 구동 • 차량 후진 시 LOW 구동 인형 (현 유지 Hold-in) • 차량 후진 후 전진 시 : 현재 Steering Wheel Angle 대응 위치로 이동
2	Static Bending Mode (Cornering Light)	• 교차로 주행 시인식 할당 • 전방 전사경 ON/OFF	• 차량 주행 속도 40 km/h 이하에서 작동 (Light ON) • Steering Wheel Angle 좌/우 90도 이상 구간에서 작동 (Light ON) • Steering Wheel Angle 좌/우 90도 이하로 바뀌면 시 Light OFF • 좌/우 Turn Signal Lamp 작동 시 인동
3	Motorway Light	• 교차로로 주행 시인식 할당 • PRU UNIT 할당 구동	• 차량 주행 속도 80km/h 이상 20초 지속 시 동작 • 차량 주행 속도 80 km/h 이하 시 Normal 위치로 복귀
4	Wet-road Light	• 우천도로 주행 시인식 할당 • 전방 전사경 ON/OFF	• Windshield 직물 신호등 의한 Light ON/OFF
5	Dynamic Auto. LD	• 차량 상태에 대한 CL-Off 보상	• 차량 저속 변형(결핵, 동적제) 대한 LOW CUT-OFF 일시인 보상 • FRU/RR SENSOR 변위에 의한 STEPPING MOTOR 제어

IV. 실험 및 결과

다음은 제작된 ECU와 전조등을 각종 센서로부터 입력된 차량의 상태정보를 파악하여 최적의 환경을 제공하도록 램프 구동장치를 구동하도록 실험하였다. 본 실험은 주어진 환경에서 제어해야할 조명 패턴들을 직진 코스, 좌측곡선코스, 교차로코스과 같은 대표적인 세가

지 경우에서 실험을 결과로 제시한다. 그림 5에서 제시한 그림은 실험에 사용한 자동차 전조등으로 왼쪽의 Static Bending Unit와 중앙의 Dynamic Bending Unit으로 이 두 전조등의 조명 패턴을 AFS에 적용하여 실험을 실시하였다.

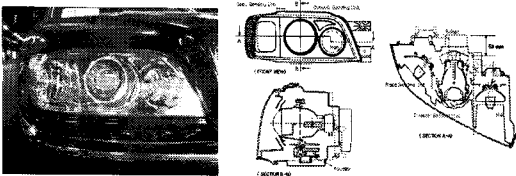


그림 5. 자동차 전조장치 및 구조도
Fig. 5. Vehicle head light and structure

실험은 적응성이 없는 일반적인 Static Bending Mode에서 자동차 전조등의 조도곡선을 그림 6에서 제시하고, 그에 따른 비교대상으로 AFS에서 사용되는 조도곡선을 각각의 실험 별로 비교 제시하며, 실험에 따른 실제 그림을 제시하며 비교 평가하였다.

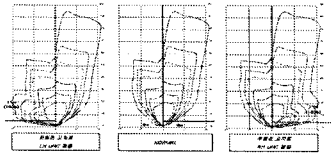
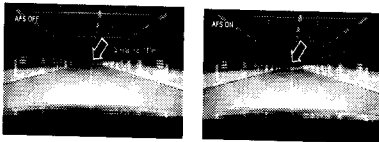


그림 6. 등조도 곡선(Static Bending Mode)
Fig. 6. Isolux diagram(Static Bending Mode)



(a) AFS OFF의 경우 (b) AFS ON의 경우
그림 7. 직진 코스
Fig. 7. Motorway course

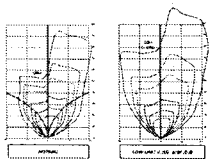
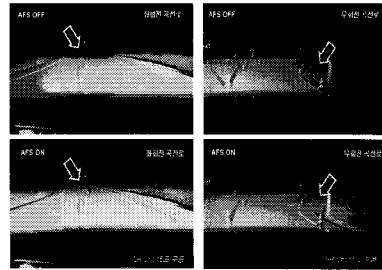


그림 8. 등조도 곡선(Motorway Light Mode)
Fig. 8. Isolux diagram(Motorway Light Mode)

그림 7에서는 직진코스, 즉 일반적인 고속도로 직진 코스에서 Basic lamp을 이용하여 AFS를 OFF한 경우와 ON한 경우를 비교하여 보여 주고 있다. 제시한 사진으로부터 AFS를 ON 한 경우는 원거리 약 100~110m 정도의 시인성을 확보한 것으로 실험 결과로 나타났다. 그림 8에서는 AFS에 적용된 등조도 곡선을 제시하였다.



(a) 좌측 곡선 코스 (b) 우측 곡선 코스
그림 9. 좌측 곡선 코스 및 우측 곡선 코스
Fig. 9. left and right corner course

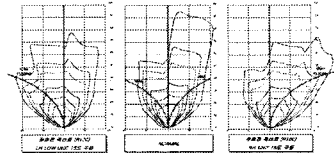
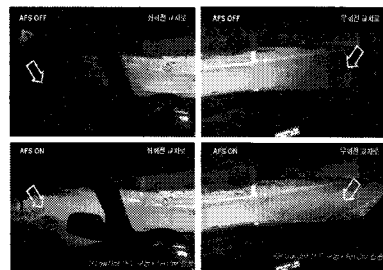


그림 10. 등조도 곡선(Dynamic Bending Mode)
Fig. 10. Isolux diagram(Dynamic Bending Mode)

그림 9는 (a)의 좌측 곡선로에서의 Bending lamp #1을 이용하여 AFS를 OFF한 경우와 ON한 경우를 비교하여 보여 주고 있다. 제시한 그림으로부터 AFS를 ON 한 경우는 좌우측 곡선로에 대한 시인성이 향상되었음을 보이고 있다. 그림 10에서는 AFS에 적용된 등조도 곡선을 제시하였다.



(a) 좌회전 교차로 (b) 우회전 교차로
그림 11. 교차로 코스
Fig. 11. Crossroad course

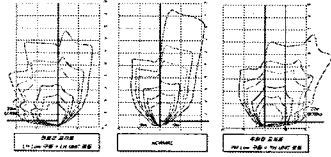


그림 12. 등조도 곡선(Dynamic + Static Bending Mode)

Fig.12. Isolux diagram(Dynamic + Static Bending Mode)

그림 11에서는 좌회전 및 우회전 교차로에서 Bending lamp #1과 #2를 이용하여 AFS를 OFF한 경우와 ON한 경우를 보여 주고 있다. 제시한 결과로부터 AFS를 ON 한 경우는 우측방향과 좌측방향의 교차로에 대한 시인성이 확보되었음을 보여주고 있다. 그림 12에서는 AFS에 적용된 등조도 곡선을 제시하였다.

V. 결 론

본 실험에 적용한 차량의 주요 센서들은 Speed sensor, Wheel sensor, Turn signal, Height sensor, Rain sensor 등을 통해서 차량의 현재 상태와 기후, 도로 조건등을 AFS ECU가 인식하여 처리하도록 하였다. 설계한 AFS ECU는 이들 입력조건을 이용하여 램프의 전조 패턴을 인식된 조건에 따라 적합한 조명 패턴을 취할 수 있도록 제어 하였으며, 그 성능을 그림으로 제시하였다. 추가적으로 ECU는 사용자와 통신이 가능하도록 설계하였다. 본 논문을 통하여 기본적인 AFS ECU의 개발을 통하여 지능형 전장품의 설계 기술력을 확보하였고, 본 시스템의 개발은 야간 운전 시 운전자의 시야 확보에 많은 도움을 주는 차량 지능화의 한 부분이 될 것이다.

참고문헌

- [1] 도로교통안전관리공단, 2002년판 교통사고 통계 분석, 2002. 9.
- [2] 도로교통 안전관리공단(2000) ‘야간 교통사고 방지 대책’
- [3] 강병도, 전조등 주간점등 운행에 따른 교통안전효과 (I,II), 교통안전, 2000, 5. 6.
- [4] Hassan, Y.S M. Easa, and A.O Abd EL Halim(1997). Design Consideration for Combined Highway Alignment Journal of Transportation Engineering American Society of Civil Engineers Vol123.
- [5] Yongxuan Hu, "Analysis and Design of High-Intensity-Discharge Lamp Ballast for Automotive Headlamp" 2001.
- [6] 박종연, 박영길, 정동열, 김한수, "250W MHL용 Buck Type 전자식 안정기 및 Dimming 시스템 개발", 전력 전자학회 논문집 제7권 제1호, pp30-40, 2002.

저자소개

김 관 형(Gwan-Hyung Kim)



2001년 한국해양대학교 전자통신공학과 공학박사
2000년~현재 동명대학교 컴퓨터공학과 전임강사

※관심분야: 최적제어, 지능제어, SoC 설계, 마이크로프로세서, 계측제어

강 성 인(Sung-In Kang)



2004년 한국해양대학교 전자통신공학과 공학박사
2000년~현재 동명대학교 컴퓨터공학과 전임강사

※관심분야: 인공지능, 신호처리, 임베디드 시스템