

안개 상태에 따른 선박 자동제어 장치

이경민* · 김신후**† · 김갑기*** · 박성현***

*, ** 목포해양대학교 해양전자통신컴퓨터공학과, *** 목포해양대학교 항해정보시스템학부

Automatic Ship Control System to According for Fog Conditions

Kyeong-Min Lee* · Shin-Hoo Kim**† · Kab-Ki Kim*** · Sung-Hyeon Park***

*, ** Ocean Electronics-Communication-Computer Engineering, Mokpo Maritime University, Mokpo 58628, Korea

*** School Of Naval Information Systems, Mokpo Maritime University, Mokpo 58628, Korea

요 약 : 본 논문에서는 선박의 안전운항을 위하여 안개 발생 시 엔진을 자동으로 제어하여 피해를 최소화하거나 회피할 수 있도록 자동 제어 시스템을 설계 및 제작 하였다. 제작된 동력 자동제어시스템은 ATmega128과 RPM감지회로를 사용하여 안개발생부에서 인위적으로 안개를 발생시켜 RPM의 변화량을 측정하였다. 이를 위하여 전체구성도를 작성하였으며 홀센서가 있는 모터를 사용하여 PWM 제어를 하도록 ATmega128에 Source code를 적용시켰다. 추후, 제작된 동력 자동제어장치를 통하여 실제 선박에서의 실험 및 안전성평가를 마련할 계획이다.

핵심용어 : 자동제어, Atmega128, RPM, 안전, 안개

Abstract : In this paper, we designed and manufactured an automatic control system to minimize or avoid damage by automatically controlling ship engines in case of fog to allow for safer operation. This automatic power control system uses ATmega128 and an RPM detection circuit to measure RPM changes by artificially generating fog in the fog generator. For this purpose, we have created a complete schematic and applied our source code to an ATmega128 for PWM control using a Hall sensor motor. In future, an experiment and safety evaluation using this automatic power control system with an actual ship will be prepared.

Key Words : Automatic control, ATmega128, RPM, Safety, Fog

1. 서 론

해양에서의 안전 운항 기술에 대한 여러 연구들을 통하여 기본 개념은 정립되어 실제 운항 중이나 단순한 근무상태 감시를 수행하고 경보 기능을 운용하는 형태의 제품만이 적용되고 있다. 따라서 항해자의 안전운항을 확보하기 위한 단순한 근무상태 감시 이외에도 선박의 각종 위험상황에 대한 사전인지 및 분석을 통해 의사결정을 관리하는 운항 안전성 강화 방안이 필요하다.

국내에서는 자동제어기술과 조선 산업과의 융합기술에 대한 연구를 수행하고 있으며, 선박의 안전한 운항을 지원할 수 있는 부품과 시스템 개발이 필요 되고 있는 실정이다.

따라서 세계적인 기술개발의 추세에 맞추어 인명피해와

재산피해를 줄이는 고 신뢰성을 유지하는 자동제어 부품을 이용한 선박 안전 운항 장치 개발이 필요하다(Hwang, 2009; Lee et al., 2008; Lim, 2009).

이러한 선박 운항 자동화 장치는 선내 노동의 감소, 작업 환경 개선, 운항 안전성 확보 및 운항능력의 향상을 목표로 하며, 궁극적으로는 운항 경제성 확보를 위한 승선 인원의 최소화 그 목적이 있다(Lee and Lim, 2008).

본 논문에서는 해상에서 안개 발생 시 ATmega128과 RPM 감지회로를 통해 RPM이 감소되는 동시에 모터드라이버의 속도가 저하되도록 PWM(Pulse Width Modulation)을 제어하여 재산피해와 인명피해를 최소한으로 줄일 수 있으며, 동시에 조선 산업의 부가가치와 경쟁력 확보를 포함한 선박 자동제어 장치를 연구 하였다.

논문의 구성으로는 총 5장으로 1장은 서론, 2장은 자동제어 원리, 3장은 자동제어장치 설계, 4장에서는 실험결과, 5장에서는 결론으로 구성되어 있다.

* First Author : dlrod23@naver.com

† Corresponding Author : 8731873@naver.com

2. 자동제어 원리

본 논문에서는 추진전동기 제어시스템인 직접토크제어방식을 사용하였으며 이 방식은 제어의 대상이 속도가 아니므로 전동기의 속도는 인가된 부하에 의해 결정되며 공간이 협소하거나 대용량의 토크를 필요로 하는 제어분야에 적합하다. 또한 전동기에서 측정된 전압과 전류값을 측정하여 토크와 고정자 자속을 연산하고 매 주기마다 자속과 토크의 지령치와 비교하여 토크의 오차, 자속의 오차가 각각 자속과 토크의 제어 정밀도에 따라 폭이 결정되므로 전기추진 선박에 적용하여 빠른 응답성과 정확성을 얻을 수 있다 (Kim, 2009).

제어는 두 가지 방식으로 수동제어와 자동제어로 나뉜다. 수동제어는 인간의 판단과 조작에 의하여 제어되며, 반면에 자동제어는 위험지역이나 사람의 접근이 불가능한 지역, 편리성과 안정성을 추구할 때에 사용되어진다. 자동제어의 기본 구성은 플랜트, 출력, 제어입력, 외란이 있으며 플랜트는 제어해야 할 대상이며 출력은 제어량, 제어하고자 하는 무엇을 가리킨다. 또한 제어입력은 임의로 변화시킬 수 있는 양, 조작 량이며 외란은 의지대로 할 수 없는 양, 잡음을 가리키는 말이다. 그 외에 액츄에이터와 제어신호, 제어기가 있다. 자동제어에서는 또다시 개루프 제어와 폐루프 제어로 나뉜다.

개루프 제어는 실제량에 관계없이 주어진 조건으로 동작하는 제어이며 외란이 가해지면 그 영향에 의해 제어량이 변화되는 단점을 가지고 있다(Fig. 1).

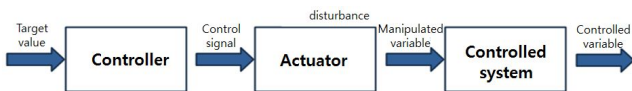


Fig. 1. The general principle of open loop control.

폐루프 제어는 제어하고자 하는 변수를 센서를 이용하여 측정하여 입력 측으로 궤환시켜, 이 궤환된 기준입력신호를 이용하여 제어기에서 제어입력을 만들어 플랜트를 조작하여, 입력신호와 출력신호의 편차를 최소화하는 제어시스템이다. 폐루프 시스템은 외란에 의해서도 우수한 성능을 가지며 이는 개루프 시스템을 보완한 것이다(Fig. 2).

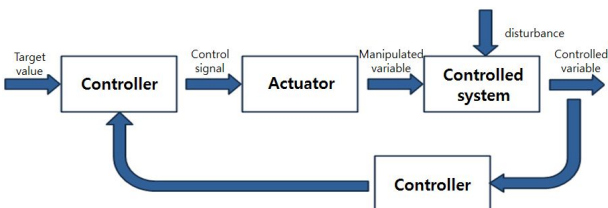


Fig. 2. The general principle of closed-loop control.

폐루프 제어시스템은 서보 시스템을 이용한다. 서보 시스템은 반드시 상위로부터 지령을 받아 동작하고 받은 지령을 충실히 수행하기 위해 자체적인 피드백 제어 시스템을 갖추고 있다.

서보시스템에서는 피드백이 중요하며 서보 시스템에 있어서 피드백 센서인 인코더는 브러쉬와 정류자의 역할을 대신 하는 회전자 위치 판별기능과 위치를 카운팅 하는 위치펄스로 나눌 수 있다. 회전자 위치 판별 기능은 서보 운전에서 최적의 조건으로 제어 할 수 있도록 하는 역할을 하므로, 서보의 출력 특성에 중요한 요소가 되고, 위치를 카운팅하는 위치펄스의 분해능은 서보의 정밀도를 좌우하게 된다(Fig. 3).

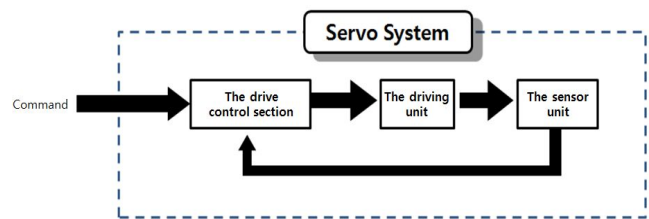


Fig. 3. Feedback Control System.

회전속도계를 통해 전동기의 속도를 궤환시켜 전동기 속도를 제어하는 시스템이다. 지시 입력 전압은 원하는 속도에 비례하여 설정된다. 그리고 전동기 속도는 회전속도계에 의해 전압으로 변환되며 이는 지시 입력 전압과 차를 만들어 오차신호를 만든다. 따라서 본 논문에서는 폐루프의 원리를 이용해 선박에서 사용하는 자동제어의 원리를 적용하였다(Fig. 4).

sensor	Fog detection	Heavy rain detection	Situation awareness
	Weather condition	Weather condition	Emergency situation
CPU	Judging driving situation	Check driving speed	
	Determination of control speed	Speed control indication	
BMS	Ship Control		
	Engine acceleration / deceleration	Engine status feedback	

Fig. 4. Feedback Control System.

선박 자동제어는 위 표와 같은 원리로 이루어지며 각각의 센서부, CPU, BMS, 모터 드라이버의 각각의 부분을 시뮬레이션으로 평가하여 선박에 시스템 적용성을 판단하고 시뮬레이션은 단계적으로 실시할 것이다. 자율 운행 단계는 신

호처리부에서 속도제어부로 속도를 지정해 주고 난 후 속도 제어부에서 모터 드라이브를 제어하게 되어 속도 제어 후 기상상태가 다시 양호해지면 속도를 다시 제어할 수 있도록 피드백이 가능하게 하는 제한적 운행과 기상 상황을 통해서 모든 상황에 자동 제어를 하는 완전 운행으로 나뉜다. 안개 발생 시 자동제어를 통해 선박의 안정성을 강화한다.

자동제어시스템에서 가장 중요한 부분 중 하나인 안정성은 유한한 입력이나 외란에 대해 크기가 항상 유한한 응답을 보이면 그 시스템은 안정하다고 말하며, 이와 같이 모든 유한한 입력에 대해 유한한 응답을 갖는 시스템의 성질을 안정성이라고 부른다.

시스템이 불안정하면 응답이 발산하게 되는데, 이것은 기계적 시스템의 경우에는 속도나 변위가 전기적 시스템의 경우에는 전압이나 전류가 발산하는 것을 뜻하므로 시스템이 손상되거나 파괴되는 위험한 상황이 일어난다. 안정성을 이루는 것은 제어시스템 설계목표 가운데 가장 우선하는 제일의 목표가 되고 제어기 설계에서는 안정성을 우선적으로 고려해야한다.

3. 동력 자동제어장치 설계

해상에서 선박의 안전운항을 위한 장치 연구 및 개발은 끊임없이 이어지고 있다. 그만큼 해상에서의 각 나라들은 치열한 경쟁을 하고 있다. 특히 21세기에서는 세계 선진국들이 정보화 시대를 맞이하여 정보와 기계를 융합하는 자동제어 장치를 연구 및 구축하고 있으며 안개를 경보장치가 감지하여 경보음을 내어 선박이 해상에서 안전 운항하는 장치에서 끝이 아닌 경보음이 울림과 동시에 선박의 모터를 이용한 자동제어 시스템을 적용하여 해상에서 자연재해나 돌발 상황 시 선박 안전운항에 기여할 수 있는 자동제어 장치를 연구 하고자 한다. 다음 Fig. 5는 동력 자동제어의 전체 구성도이며 안개가 감지되었을 때 선박의 안전 운항에 적용할 수 있는 적외선 LED 송수신기를 통해 전원 인가 후 적외선 발광부에서는 전류를 증폭하여 송신하고 이를 수광부에서 수신하여 적외선 다이오드 빛이 센서부에 들어오게 되며, 이를 전압 변화량으로 바꾸기 위해 A/D Converter를 거치게 하여 디지털 데이터로 변환시킨다. A/D Converter를 거친 디지털 데이터는 Slaver CPU에서 RS-232를 통해 Main CPU로 데이터를 전송하며 Main CPU에서는 취득 데이터를 보정 및 계산 후 기준 안개량 값과 비교하여 높은 경우에 안개가 발생된 것으로 판단한다. 메인 컨트롤러 ATmega128과 RPM 감지회로를 이용하여 신호를 처리하고 Converter를 이용해 모터부에서 AC에서 DC로 변환 후 RPM Feedback 감지회로부에서 RPM을 Feedback시켜 속도를 조절하도록 하였다.

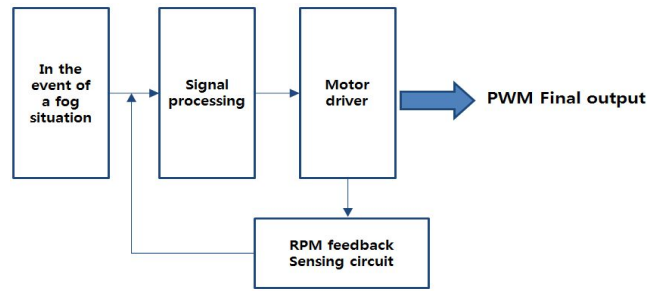


Fig. 5. Overall configuration.

Fig. 6은 ATmega128에 대한 source code이다. 선박이 안개를 감지하면 제어부 쪽에서 메인 컨트롤러의 RPM을 떨어뜨려 모터의 회전속도를 감소시키고 ADC 값을 8비트 타이머를 사용하여 PWM(Pulse-width modulation) 제어를 하도록 하여 입력을 50개로 나누어 평균을 내서 변화 폭을 줄였으며, 모터는 홀센서가 있는 제품을 적용하여 홀센서 입력을 인터럽트를 이용하여 받아 값을 카운트하여 일정 시간마다 RPM으로 변환하도록 설계 하였다. 모터의 기어비는 1/10이고 변환한 RPM값을 read_RPM() 함수를 이용하여 각 자릿값을 얻고 세그먼트 표시로 인식이 되어 수치를 확인할 수 있다. ATmega128과 RPM 감지회로를 통해 RPM이 감소되는 동시에 모터드라이버의 속도가 저하되도록 하였다.

```

#define F_CPU 16000000UL
#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>

unsigned int sec = 0;
unsigned int count = 0;
unsigned char fnd[10] = {0x0f, 0x06, 0x4f, 0x66, 0x6d, 0x7c};
int temp1=0, temp2=0, temp3=0, temp4=0, temp5=0, temp6=0;
unsigned int rpm_value = 0;
unsigned int adc_value = 0;
int adc_count = 0;

void Init_TIMER0(void);
void Init_TIMER2(void);
void Init_ADC(void);
void read_RPM(void);
ISR(TIMER2_OVF_vect)
{
    adc_count++;
    if(adc_count<51)
    {
        adc_temp += ADC;
    }
    else
    {
        adc_value = adc_temp/50;
        adc_temp=0;
        adc_count=0;
        OCR2 = adc_value/4;
        //PWM output
    }
}
//Motor Hall Sensor input interrupt
ISR(INT2_vect)
{
    count++;
}
ISR(TIMER0_OVF_vect)
{
    TCNT0 = 155;
    sec++;
    if(sec==4000)
    {
        sec=0;
        read_RPM();
        count = 0;
    }
}

void Init_TIMER20
{
    TCCR2 = 0x6a;
    TCNT2 = 0;
    OCR2 = 100;
    TIFR |= 1<<TOV2;
    TISK |= 1<<TOIE2;
}

void Init_TIMER00
{
    TCCR2 = 0x4a;
    TCNT2 = 155;
    TIFR |= 1<<TOV0;
    TISK |= 1<<TOIE0;
}

void Init_ADC0
{
    ADCSRA = 0xe0;
    //ADEN, ADSC, ADIFR -> 1
    ADMUX = 0x01;
}

void Init_INT20
{
    EICRA = 0x20;
    EIMSK = 0x04;
}

void read_RPM0
{
    rpm_value = count*10;
    temp1 = rpm_value/1000;
    temp2 = rpm_value%1000;
    temp3 = temp2/100;
    temp4 = temp2%100;
    temp5 = temp4/10;
    temp6 = rpm_4%10;
}

int main(void)
{
    board_init0;
    init_TIMER00;
    init_TIMER20;
    Init_ADC0;
    init_INT20;
    sei0;
    DDRB = 0xff;
    //PB7 -> OC2 (PWM output)
    DDRF = 0x01;
    //PF1 -> ADC1 (IR input)
    DDRC = 0xff;
    DDRG = 0xff;
    //FND select
    while(1)
    {
        PORTC = fnd[temp1];
        PORTG = 0x08;
        _delay_ms(1);
        PORTC = fnd[temp3];
        PORTG = 0x04;
        _delay_ms(1);
        PORTC = fnd[temp5];
        PORTG = 0x02;
        _delay_ms(1);
        PORTC = fnd[temp6];
        PORTG = 0x01;
        _delay_ms(1);
    }
}
    
```

Fig. 6. PWM control Source code.

안개 상태에 따른 선박 자동제어 장치

Fig. 7은 PWM을 제어하기 위한 ATmega128에 제어 Source code를 적용시킨 후 설계한 Main Controller의 회로도이다.

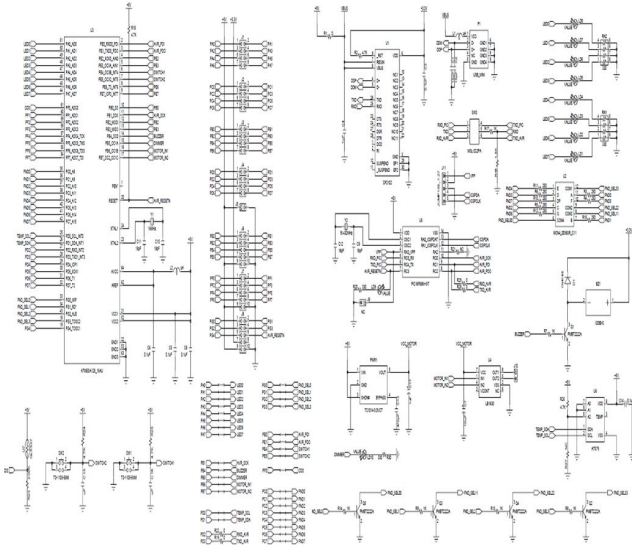


Fig. 7. Main Controller Schematic.

Fig. 8은 설계한 전체 구성도를 바탕으로 제작한 선박 안전운행을 위한 동력자동제어장치의 Main Controller이며 세그먼트 표시를 통하여 RPM의 변화량을 나타내기 위해 PWM 제어 Source code를 적용시켰다.

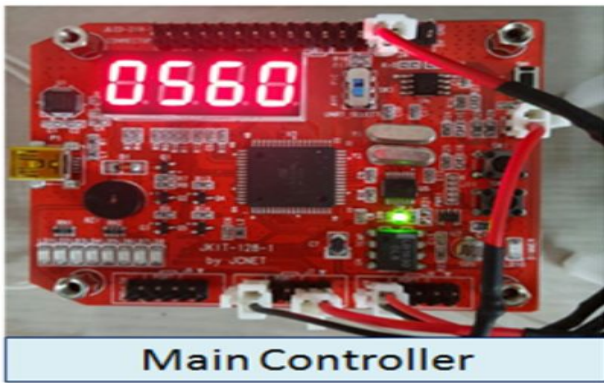


Fig. 8. Main Controller.

제작된 동력자동제어장치는 왼쪽부터 LED센서를 장착한 안개발생부와 ATmega128을 활용한 메인컨트롤러, 홀센서를 사용한 모터부, AC에서 DC로 변환시켜주는 컨버터, RPM Feedback부로 나눌 수 있다(Fig. 9).

실험실 환경에서 안개감지의 정확도를 높이기 위하여 적외선 센서의 종류 중 하나인 PbS 센서를 사용하였고 추후 PbSe 센서를 사용하면 파장과 정확도가 높아질 것이다.

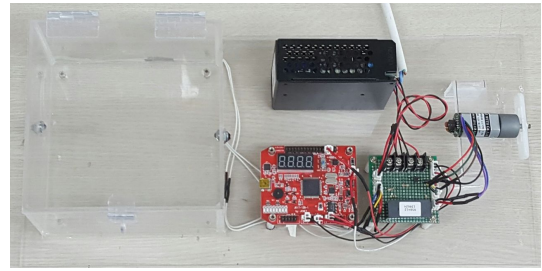


Fig. 9. Manufactured Power Control System.

4. 실험결과

제작한 동력자동제어장치를 실제로 선박 안전운항에 적용하기 위하여 인위적으로 안개 및 호우를 발생시켜 RPM의 변화를 실험한 것이며 Fig. 10에서는 안개가 발생하지 않았을 때의 모습이며 Fig. 11과 Fig. 12에서는 안개와 호우를 인위적으로 발생시켰을 때 RPM의 변화를 확인할 수 있다.



Fig. 10. In the absence of fog.

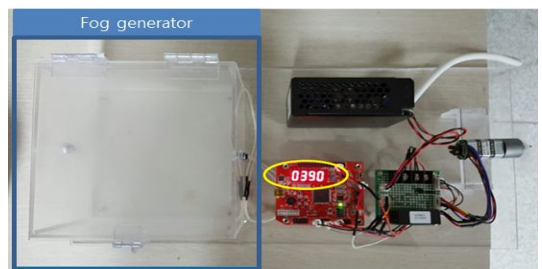


Fig. 11. In case of fog.



Fig. 12. In case of rain.

Table 1과 Table 2는 위의 실험결과를 통하여 안개의 농도와 호우의 수압을 임의로 설정하여 6회 측정하였으며 안개 농도와 호우의 수압에 따라 모터의 속도가 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

Table 1. Experimental RPM variation

Fog Concentration	0 %	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
RPM	560	440	390	260	130	0

Table 2. Experimental RPM variation

Hydraulic pressure	0 %	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
RPM	560	544	510	483	451	410

5. 결론

본 논문에서는 선박 안전운항을 위한동력 자동제어시스템 설계에 대한 결론을 도출하고자 한다. 선박의 운항 시 안개를 감지하였을 때 ATmega128과 RPM 감지회로에서 모터의 회전수를 조절하여 속도를 자동으로 제어할 수 있도록 제작하였다.

제작된 동력 자동제어장치의 안개발생부에서 인위적으로 안개를 발생시켰을 때 모터드라이버의 속도가 안개농도에 따라 RPM이 변화되는 것을 확인할 수 있었으며 추후 제작된 동력 자동제어장치를 통하여 실제 선박에서의 실험 및 안전성평가를 마련할 계획이다.

향후 자동제어 장치는 해상에서 빈번히 일어나는 선박사고를 예방하고, 신뢰성을 바탕으로 소형, 경량화 시스템 개발을 통한 조선-IT 기술 개발 활성화에 자극과 선박 안전 운항에 따른 물류 산업의 국제적 공신력 증대 및 경제 산업적 측면에서 해외 업체에 의존하지 않고 국내에서도 선박안전 운항 장비를 적용할 수 있을 것이다.

사 사

본 논문은 한국방송통신전파진흥원 “전자파를 이용한 선박운항 안전성 강화 방안 연구”로 수행된 연구결과의 일부를 게재한 것임.

References

- [1] Hwang, M. S.(2009), IT Convergence Technology Global Research and Development Trends of Shipbuilding, TTA Journal, No. 126, November-December, pp. 128-131.
- [2] Kim, J. S.(2009), A Study on the Speed Control for Propulsion Motor of Electric Propulsion Ship by Direct Torque, International Conference on Marine Engineering, pp. 377-379.
- [3] Lee, D. S., J. M. Kim and W. Y. Park(2008), Shipbuilding IT Convergence Technology: e-Navigation Trends, TTA Journal, No. 119, September-October, pp. 3-5.
- [4] Lee, S. M. and Y. D. Lim(2008), A Study on the Design of Autonomous Navigation System for Ship, Journal of Korea Information Science Society, Vol. 6, No. 1, pp. 18-25.
- [5] Lim, H. J.(2009), Future and Basic Study of Photonics and Photonics in Korea, Optical Society of Korea, pp. 2-6.

Received : 2017. 06. 02.

Revised : 2017. 07. 10. (1st)

: 2017. 09. 27. (2nd)

Accepted : 2017. 10. 28.