

도저-굴삭기의 원격운전 제어기 개발

Development The Controller Remote Operation for Dozzer and Excavator

박 두 용* · 신 영 진 · 김 호 열, 이 성 우
(Doo-Yong Park · Young-jin Shin · Ho-yol-Kim, Sung-woo, Lee)

Abstract - The power plants have a loading dock and unloading device for the diverse kinds of fuel such as the bituminous coal and natural gas imported by the sea from all over the world. To unload the coal in the ship not only in the environment-friendly manner but also in the cost-effective way, the new type of heavy equipment loaded with additional features as well as excavator and the remote controller to maneuver this equipment are developed. This heavy equipment, which can be used to unload the coal in the ship in conjunction with CSU (Continuous Ship Unloader), and the remote controller are endorsed by the related code and laws. With the remote controller, the field workers can operate the unloading equipment at the remote place far from the equipment as well as in the cabin for themselves without the remote controller.

Key Words : 무선조종, 원격조종, 중장비 운전, 잔탄처리, Remote Control

1. 장 서 론

1.1 개요

발전연료는 유연탄, 무연탄, 증유, 천연가스 등 여러 가지가 있으며 이를 공급하기 위해서 발전소에 전용의 부두를 만들고, 세계 각지로부터 수입 조달하는 수~수십만톤의 연료는 대형 선박을 이용하여 다양한 방법으로 하역하고 있다. 최근에 유연탄 하역방법이 환경오염을 예방하는 차원에서 새로 개발되어 도입한 Screw 방식의 유연탄 하역기가 국내 처음으로 도입되었고, 유연탄 선박내의 잔탄처리에 사용하는 중장비를 무선 원격으로 조종하여 잔탄처리에 대한 새로운 방법으로 적용하고자 무선 원격으로 복합 중장비를 운전하는 제어기를 개발하고 적용사례에 대하여 논하고자 한다.

2. 장. 본 론

하역설비(CSU:Continus Ship Unloader)의 효율적인 집탄 작업을 지원하고, 선내 바닥에 있는 잔탄을 모아 하역을 깨끗이 마무리할 수 있는 새로운 복합중장비를 원격 무선으로 운전할 수 있는 제어기 개발을 목적으로 하며, 운전원의 탑승조작은 물론 무선 원격 운전이 가능하며 석탄의 하역작업에 지장이 없는 중장비와 국내 전파관리법에 명시한 규격의 주파수로 무선제어기를 개발하여 적용하도록 설계 제작하고, 형식승인을 받았다.

2.1. 무선주파수(RF)의 선정

무선 원격제어에 사용할 주파수 대역은 전파법 및 관련 제반법규 및 시행령에 따라 정의된 무선조정용 및 안전시스템용 특정 소출력무선기기 중 산업용 (무선중장비, 크레인 등) 무선국에 할당된 447.8625 MHz ~ 447.9875 MHz 대역을 사용하였다. 이 주파수 대역은 정보통신부 장관의 허가를 받은 후 사용을 하여야 하나, 특정소출력 무선국에 할당된 대역으로 무선국 허가의 예외사항으로 전파법 46조에 의한 무선기기 형식등록을 받은 경우에 한하여 정보통신부 장관의 허가를 받지 아니하고 사용할 수 있다. [전파법 시행령 제

30조]

법에 의하면 400 MHz 대역에서 총 11개의 채널을 사용할 수 있고, 각 채널간 간격(Channel spacing)은 12.5MHz며 혼신을 막기 위하여 한 채널이 점유할 수 있는 주파수 대역폭은 8.5 MHz 이하로, 공중선 전력은 10 mW 이하로 규정되어 있다.

본 제어기의 실제 사용하는 전파 환경을 검토해 볼 때, 석탄 하역작업이 이루어지는 부두에서는 도저-굴삭기의 무선원격 조정과 CSU의 무선 원격조정이 동시에 사용되므로, 도저-굴삭기와 석탄 CSU 기기 상호간 주파수 간섭을 피하기 위해 CSU 제조회사와의 협의를 통하여 법적으로 허용된 주파수 대역내의 총 11개 채널 중 앞의 1번에서 4번 채널을 석탄 CSU의 무선원격조정기가 사용하도록 하고, 6번에서 11번의 채널을 전자기적 간섭에 의한 영향이 없도록 도저-굴삭기의 무선원격 제어기가 사용하도록 기기 상호간 채널 할당을 하였다.

- 1호기 : ch6 : 447.9250 MHz , ch7 : 447.9375 MHz
- 2호기 : ch8 : 447.9500 MHz , ch9 : 447.9625 MHz
- 3호기 : ch10 : 447.975 MHz , ch11 : 447.9875 MHz

장치명(용도)	주파수(MHz)			전파형식	공중선전력	검류주파수대폭	
무선조정용 무선기기	산업용(무선중장비, 크레인 등)	173.6250	173.6375	173.6500	F(G)1D F(G)2D	10mW이하	8.5MHz 이하
		173.6625	173.6750	173.6875			
		173.7000	173.7125	173.7250			
		173.7375	173.7500	173.7625			
		173.7750	173.7875				
		447.8625	447.8750	447.8875			
	447.9000	447.9125	447.9250	F(G)1D F(G)2D	10mW이하	8.5MHz 이하	
	447.9375	447.9500	447.9625				
	447.9750	447.9875					

표 1 정보통신부 고시 제 2001-67호

2.2 RF 통신의 오동작 방지대책

RF 에 의한 제어명령으로 기계시스템의 유압밸브를 제어해야 하는 본 장비의 특성상, 잘못된 제어명령에 의한 오동작은 기계 및 관련 운전원의 치명적 손상을 일으킬 수 있어, 제어 명령 송수신의 무결성 확보가 가장 중요하다.

제어명령의 무결성 확보방안 중의 하나로, 아날로그 출력

모듈에는 제어 CPU 모듈과의 Interlock 로직이 구현되어 있어, 아날로그 출력모듈 내의 전용 CPU가 직접 수신한 제어 명령과, 제어 CPU 모듈에서 수신한 제어명령이 일치하는 경우에만 PWM 출력을 발생시키도록 하여 제어명령 오류에 의한 오동작 가능성을 방지하였다.

2.2.1. 전파 노이즈에 의한 오동작 방지대책

장비 운용시 석탄 CSU와의 예상할 수 있는 간섭 현상 외에도 일시적인 전파 장애 또는 주변 전파환경 등의 변화로 인하여 제어기에서 사용 중인 채널에 과도한 전파 노이즈가 끼어들면 혼선 및 통신중절 등의 현상을 예방할 수 있는 오동작 방지대책을 수립 구현하였다.

원격제어기의 통신 프로그램은 어셈블러를 사용하여 EPROM에 탑재하였으며, 표2와 같은 통신프레임을 사용하여 데이터를 주고받는다. 수신기 측에서는 통신프레임의 수신시 Byte 1,2,3,4,15,17의 값이 미리 정의된 값과 일치하는지, 또 Byte 17의 Checksum 코드가 이상이 없는지를 확인하여 두 경우 모두 정상인 경우에 한하여 출력 Buffer에 값을 저장하게 되고, 수신기는 출력 Buffer의 값에 따라 각종 제어 출력을 발생시키게 된다.

또한, 이러한 통신프레임의 에러 체크시 연속하여 수신한 10개의 통신프레임 중 2개 이상의 통신프레임에 에러가 발생하는 경우 다음 연속된 10개의 통신프레임에 에러가 발생하지 않을 때까지 수신기의 출력을 차단한다.

이처럼 통신프레임의 에러를 철저히 체크하기 때문에 통신중절 또는 혼선시에도 유효한 데이터로 오인하여 오동작할 수 있는 가능성을 원천적으로 차단하고 있다.

Byte 1	Byte 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Byte 15	Byte 16	Byte 17
--------	--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------	---------	---------

표 2 원격제어기의 통신프레임 구성
(1 Frame = 총 17 Byte, 전송속도 4800 bps)

Byte	코드설명	Value
1	제조사(켈파워) 고유 코드 1	'a'
2	ID(Low)	Pre-define Value
3	ID(High) (#ID Address 총 16Bit)	Pre-define Value
4	COMMAND DATA 시작	Pre-define Value
5	TOGGLE BUFFER #1 : DATA1	On/Off 스위치 정보
6	TOGGLE BUFFER #2 : DATA2	' '
7	TOGGLE BUFFER #3 : DATA3	' '
8	TOGGLE BUFFER #4 : DATA4	' '
9	A/D BUFFER #1 : DATA5	Joystic 위치 정보
10	A/D BUFFER #2 : DATA6	' '
11	A/D BUFFER #3 : DATA7	' '
12	A/D BUFFER #4 : DATA8	' '
13	A/D BUFFER #5 : DATA9	' '
14	A/D BUFFER #6 : DATA10	' '
15	COMMAND DATA 끝	Pre-define Value
16	제조사(켈파워) 고유 코드 2	'S'
17	CHECK SUM : ERROR CHECK CODE	Byte 1~16의 Checksum

표 3. 원격제어기의 통신프레임의 상세구성

2.2.2. PWM 모듈의 RF 데이터 이중화 수신

전류 비례제어용 PWM 모듈은 Rx Main 모듈과 동시에 RF 통신프레임을 수신하며, 독자적으로 통신프레임을 체크하며 이상이 없을 시 Rx MAIN 모듈에 Ack 신호를 주도록 구현하였다. Rx MAIN 모듈은 PWM 모듈로부터 Ack 신호를 수신할 경우에만 최종적으로 통신프레임 정상 판정을 하게끔 하여 통신 프레임의 에러체크 기능에 신뢰도를 높였다

2.2.3. 원격제어기의 설계 및 제작

Wireless Control Box는 다음 블록다이어그램과 같이 기능상 Main CPU를 중심으로 아날로그 입력부, 스위치 입력부, 전원부, RF 통신부, 상태표시용 램프로 구분한다.

아날로그 입력부는 Joystick Control Stick의 위치에 비례하는 전압을 입력으로 받아들이며, PWM 제어에 적합한 디지털 Format으로 변환하며, 스위치 입력부는 각종 모드설정 및 릴레이 제어를 위한 Select switch, on/off switch를 통해 받아들여지는 디지털 입력을 받아들이는 역할을 한다. 전원부는 Control Box의 특성상 배터리 전원을 사용하여, 회로 동작용 제어전원을 만드는 모듈로서, 배터리감시 및 경보기능이 있다. RF 통신부는 무선 소출력기기에 적용되는 형식승인 사양을 만족하며, 도저-굴삭기의 제어를 위한 각종 제어명령을 송수신하는 역할을 담당한다. Main CPU 부는 여러 모듈로 나뉘어 설계되어 있는 Wireless Control Box의 각 모듈 간 정보 교환 및 가공작업을 통합 조정, 제어하는 역할을 수행한다.

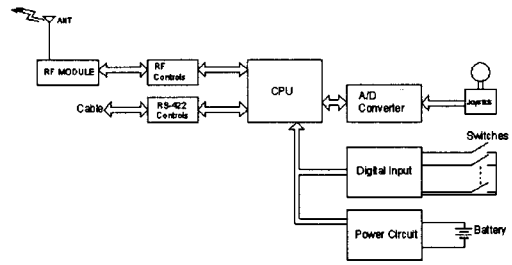


그림 2 송신부 블록 다이어그램

2.2.4. 송신부의 구성 (설명명략)

- 가. 아날로그 입력부
- 나. 스위치 입력부
- 다. 전원부
- 라. RF 통신부
- 마. 상태표시용 램프로

2.3. Control System 제어모듈 설계

제어모듈은 Main CPU 부를 중심으로 디지털 출력부, 아날로그 출력부, 전원부, RF 통신부, 상태표시부로 구분한다.

디지털 출력부는 장비의 On/Off 접점제어를 위한 릴레이 출력과 TR 출력을 구동하는 모듈로 일반 On/Off 접점 제어에는 릴레이 출력을, 잦은 동작으로 접점의 소손 가능성이 큰 접점에는 TR 출력을 사용한다. 아날로그 출력부는 Wireless Control Box의 아날로그 입력부에 대응하는 모듈로서, 유압밸브의 비례제어를 위한 전류 또는 전압출력을 구동하는 채널이다. 전원부는 장비의 배터리로부터 DC24V를 공급받아 Control System에 필요한 제어전원을 공급하는 역할을 한다. 이러한 전원부는 Control System의 안정적인 동작에 필수적인 모듈로 성능보증을 위하여 전원변동, 역전압, 과도전압, 전원체터링 등 이상조건에도 견딜 수 있게 설계되어 있다. RF 통신부는 원격제어기의 핵심으로, 무선 소출력기기에 적용되는 형식승인 사양을 만족하며, 도저-굴삭기의 원격제어를 위한 각종 제어명령을 송수신하는 역할을 담당한다. 상태표시용 램프부는 사용자 편의적인 조작 및 제어환경을 위한 정보 표시 역할을 담당한다. Main CPU 부는 여러 모듈로 나뉘어 설계되어 있는 Control

System의 각 모듈 간 정보 교환 및 가공작업을 통합 조정, 제어하는 역할을 한다.

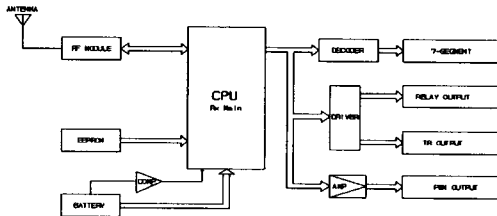


그림 3. Control System의 블록다이어그램

2.3.1. Control System의 구성 (설명생략)

- 가. 디지털 출력부 나. 아날로그 출력부
- 다. 전원부 라. RF 통신부
- 마. 상태표시부

2.4. Control Box 기구 및 명판설계

도저-굴삭기를 원격에서 제어하는 Wireless Control Box는 사용환경의 특성상 눈, 비 등의 악천후에도 정상적인 사용이 가능하여야 한다. 또한 사용시 시야확보 등의 필요성에 의해 운전원이 수시로 위치를 바꾸어야 하는 석탄 하역 작업의 특성상, 장비의 원격제어기는 무게나 사이즈 등의 측면에서 운전원이 휴대하기에 용이하여야 하고, 운전원의 몸에 밀착이 쉽도록 하였으며, Wireless Control Box는 효율적인 조작스위치의 배치로 인한 부피의 최소화를 구현하였고, 기구보호등급 IP65 이상의 부식방지, 땀방, 배반이 등의 부착으로 운전원이 쾌적하고 안락하게 제작하였다.

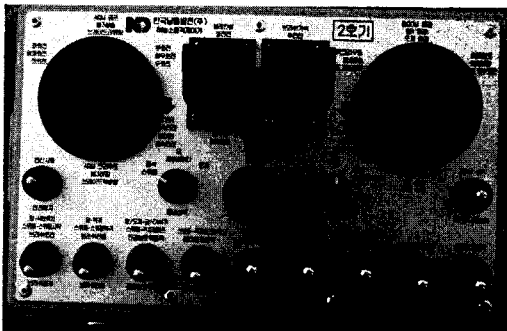


그림 4 무선 원격운전 제어기 설계제작 제품



그림 5 원격운전 제어기로 동작하는 도저-굴삭기

장비선택 모드	좌측 푸쉬버튼	우측 푸쉬버튼	비고
굴삭, 도저 모드	정속 전진	정속 후진	동시에 눌릴 경우 아무 동작 안함
암세퍼레이터 모드	에어컨작동/정지	브러쉬작동/정지	좌우 독립 기능, 토글 방식

표 4. Wireless Control Box 푸쉬 버튼 동작표

2.5. 원격제어기 운용상의 안전장치 구현

도저-굴삭기의 원격제어시 운전원의 안전확보를 위하여 다음과 같은 기능을 구현하였다.

- 가. 저전압검출기능 : 배터리가 정격전압 이하로 떨어지면 원격제어기 "전원램프" 가 황색으로 점멸하며 약 1분이 경과 하면 단속적인 부저음을 송출하며 리모콘의 작동금지
- 나. 오동작 방지기능 : 주파수 세팅전 조이스틱 및 스위치가 켜져 있으면 주파수가 세팅되지 않음
- 다. 기기별 코드부여 : 각 송신기마다 다른 코드를 부여하여 혼신으로 인한 오동작 방지

3장. 본 론

본 원격제어기는 도저-굴삭기를 운전원이 운전실내에서 작동시킬 수 있는 기능을 장비 밖에서 운전하고자 하는데 목적이 있으며 석탄먼지가 많이 발생하는 환경에서 매우 큰 효과가 있다. 국내 대용량 석탄발전소에서 Screw Type CSU가 설치된 사례가 없어서 설계제작에 대한 사전분석이 어려웠으며 도저-굴삭기의 기능을 겸하는 중장비와 이를 원격으로 운전할 수 있는 제어기의 설계제작, 중장비가 동작하도록 하는 각종 기계기구의 설치 등 매우 어려운 개발이었다. 도저-굴삭기 장비 내부에서 조작할 수 있는 모든 기능을 원격제어기에서 조작할 수 있으며, 소형 경량으로 되어 휴대 및 조작이 편리하도록 인간 공학적인 설계를 하였다.

각종 조작스위치의 배치는 주행 조이스틱과 봄 조정용 조이스틱의 배치를 기본으로 하여 기능상으로 그룹핑하여 분류 배치하고, 자주 쓰이는 스위치류를 최대한 쉽게 조작 가능하도록 배치하여, 운전원의 사용 편의성을 최대한 반영하였고, 특히 비상정지 스위치는 긴급동작이 가능하도록 중앙에 배치하였고, 최대한 다른 스위치와의 간격을 최대한 유지하여 비상시 원활한 조작이 가능하도록 하였다.

참 고 문 헌

- [1] "선박내 집탄 및 잔탄처리 특수장비 개발" 최종보고서, 2004. 8

- 박두용 (朴斗用), 전력연구원 I&C Group 선임연구원
Tel : 042-865-5376, E-mail : papiyon@kepco.co.kr
- 김호열(金好烈), 전력연구원 I&C Group 책임연구원
Tel : 042-865-5375, E-mail : kimhoyol@kepri.re.kr
- 신영진(申永眞), 전력연구원 I&C Group 선임보연구원
Tel : 042-865-5377, E-mail : yjsin@kepri.re.kr
- 이성우(李聖雨), 전력연구원 I&C Group 선임연구원
Tel : 042-865-5305, E-mail : swlee@kepri.re.kr