

KAERI/RR-3496/2011

디지털 안전계통 원전적용을 위한 인허가
기술지원

Licensing Technical Support for NPP Application
of Digital Safety System

KAERI

한국원자력연구원

제 출 문

한국원자력연구원장 귀하

본 보고서를 2011 연도 “디지털 안전계통 원전적용을 위한 인허가 기술지원에 관한 연구” 과제의 연구보고서로 제출합니다.

2012. 2. 29

과 제 명 : 디지털 안전계통 원전적용을 위한 인허가 기술지원

과제책임자 : 이 동 영

참 여 자 : 권 기 춘

김 동 훈

김 장 열

김 창 회

박 기 용

박 원 만

이 영 준

이 장 수

이 현 철

최 중 균

요 약 문

I. 제 목

- 디지털 안전계통 원전적용을 위한 인허가 기술지원에 관한 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 원전계측제어시스템개발사업(이하 KNICS 사업)의 연구결과물인 디지털 안전등급 제어기기 및 안전계통을 신울진1,2 원전에 성공적으로 적용하기 위한 인허가 기술지원

III. 연구개발의 내용 및 범위

- 기술이전된 안전등급 제어기기 및 안전계통이 신울진1,2 원전에 적용되는 과정에서 발생한 설계변경 사항에 대해 인허가 기술지원을 수행하고
- 이를 통해 국산화된 MMIS 패키지가 성공적으로 신규원전에 적용될 수 있도록 추진함

IV. 연구개발결과

- 인허가 기술지원을 통해 KNICS 연구결과물을 신울진1,2 원전에 성공적으로 적용

V. 연구개발결과의 활용계획 및 건의사항

- 기술이전된 KNICS 연구결과물을 신울진1,2 원전에 성공적인 적용하고 원전적용 이후에는, 해외 신규원전 뿐만 아니라 가동원전 설비교체에 MMIS 패키지 수출이 가능함
- 신울진1,2 상업운전이 2015~2016년 이므로 원천기술을 보유한 당 연구원에서 추가적인 사업화 기술지원이 필요함. 이를 위해 본 자체과제의 연장이 필요함

SUMMARY

I. Project Title

Licensing Technical Support for NPP Application of Digital Safety System

II. Objective and Importance of the Project

- Licensing technical support for NPP application of digital safety grade PLC and safety system developed in KNICS project

III. Scope and Contents of Project

- Licensing technical support for the design change happened during NPP application of products of KNICS project

IV. Result of Project

- Successfully application of KNICS results to the building NPP in Korea

V. Proposal for Applications

- Successfully application of KNICS results to the building NPP in Korea

CONTENTS

Chapter 1. Introduction

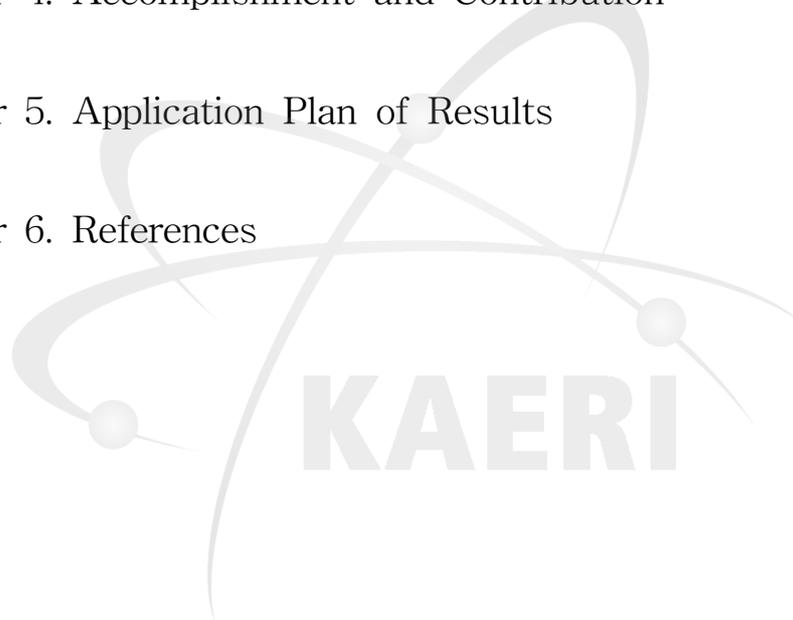
Chapter 2. Technical Status

Chapter 3. Contents and Results of the Project

Chapter 4. Accomplishment and Contribution

Chapter 5. Application Plan of Results

Chapter 6. References



목 차

제 1 장 서론 -----	6
1. 연구개발 목적	
2. 필요성	
3. 연구범위	
제 2 장 국내외 기술개발 현황 -----	8
1. 기술개발 현황	
2. 기술수준 비교	
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과 -----	10
1. 목표	
2. 연구내용	
3. 연구결과	
제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외 기여도 -----	14
제 5 장 연구개발결과의 활용계획 -----	15
제 6 장 참고문헌 -----	16

제 1 장 서론

1. 연구개발 목적

원전계측제어시스템개발사업(이하 KNICS 사업)의 연구결과물로서 당 연구원에서 국산화하여 산업체에 기술 이전한 원전 디지털 안전등급 제어기기 및 안전계통을 신울진1,2 원전에 성공적으로 적용하기 위한 인허가 기술지원

2. 필요성

가. 기술이전 내용

- KNICS 사업을 통해 디지털 안전등급 제어기기 플랫폼(상품명 POSAFE-Q PLC)과 이를 활용한 원자로보호계통(상품명 IDiPS RPS) 및 공학적안전설비-기기제어계통(상품명 IDiPS ESF-CCS) 등의 안전계통을 개발하여 규제기관으로부터 인허가를 획득하고(2009-2), 두산중공업 및 포스코ICT에 기술이전 하였음(2010-9)

안전등급 제어기기 (POSAFE-Q PLC)	원자로보호계통 (IDiPS RPS)	공학적안전설비 -기기제어계통 (IDiPS ESF-CCS)
		

나. 기술지원 필요성

- 기술이전 받은 기업은 KNICS 결과물을 다음과 같이 일부 설계변경하여 신울진1,2 사업을 수행하고 있음. 설계변경 사항을 원전에 적용하기 위해서는 원천기술 보유자인 당 연구원의 기술지원이 필요함

구분	당초	설계변경 사항
제어기기	단일 구조 제어기기	이중화 제어기기
안전계통	통신망을 적용한 RPS/ESF-CCS 구조	데이터링크를 이용한 RPS/ESF-CCS 구조

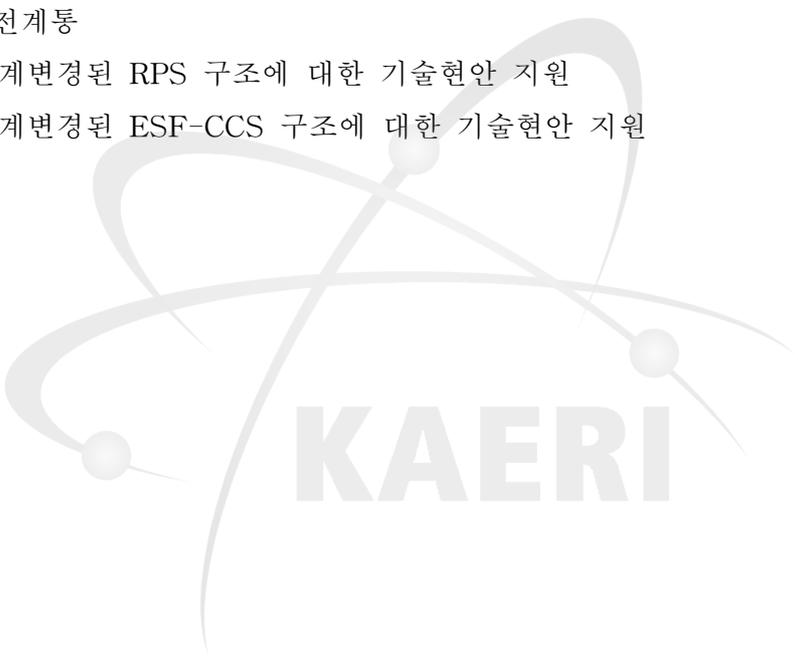
3. 연구범위

가. 안전등급 제어기기

- 이중화 제어기기 TR(Topical Report)에 대한 인허가심사 지원
- 안전등급 제어기기 원전적용에 따른 다음 사항에 대한 기술현안 지원
 - 안전통신망
 - 실시간운영체제(RTOS)
 - 프로그래머블 논리소자(CPLD/FPGA)
 - 신뢰도 및 안전성분석 등

나. 안전계통

- 설계변경된 RPS 구조에 대한 기술현안 지원
- 설계변경된 ESF-CCS 구조에 대한 기술현안 지원



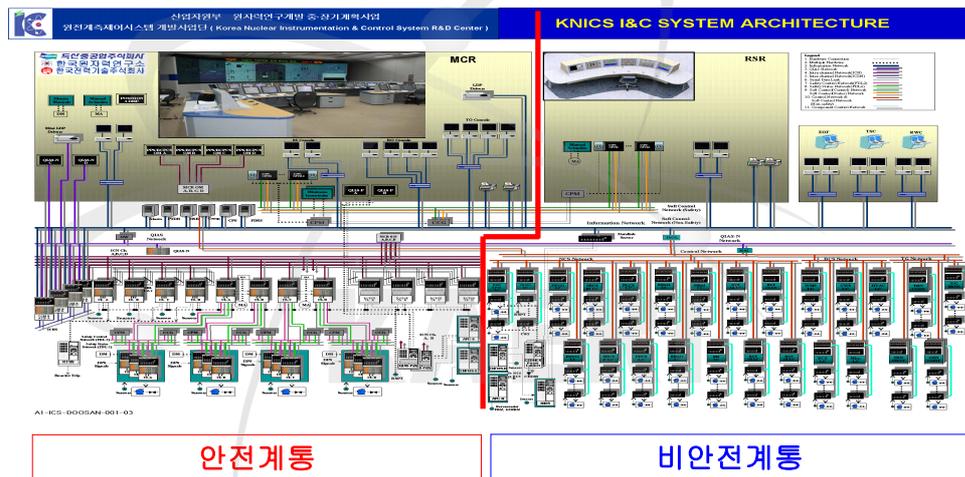
KAERI

제 2 장 국내외 기술개발 현황

1. 기술개발 현황

가. 국내현황

- KNICS 사업을 통해 디지털 안전등급 제어기기 플랫폼과 이를 활용한 원자로보호계통 및 공학적안전설비-기기제어계통 등의 안전계통을 개발하여 규제기관으로부터 인허가를 획득하였음
- KNICS 핵심기술을 활용하여 Nu-Tech 2012 사업으로 APR1400 디지털 MMIS 패키지를 완성하였으며(아래 APR1400 디지털 MMIS 패키지 그림 참조) 두산중공업은 이를 활용하여 신울진1,2 공급계약을 체결하였음

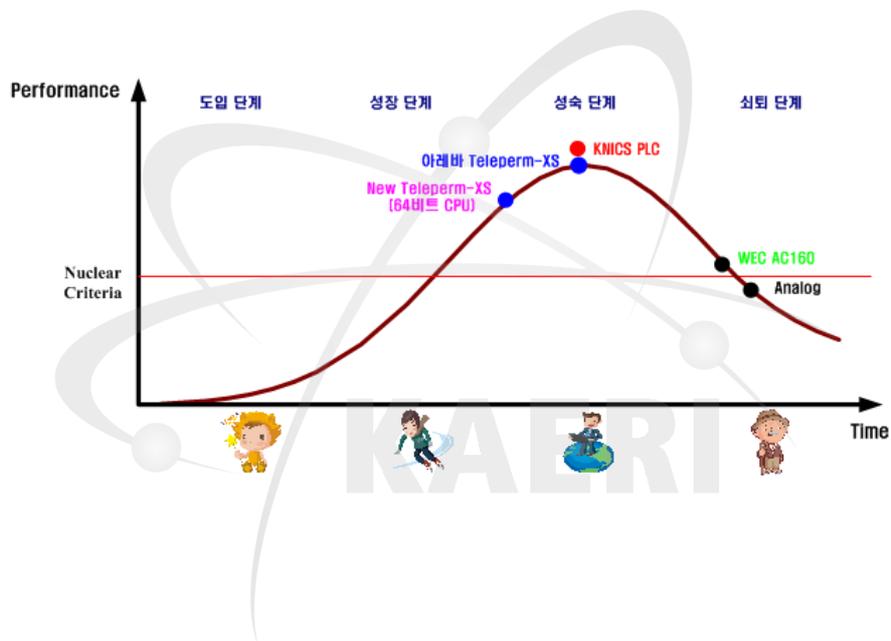


나. 국외현황

- 아래바는 Teleperm-XS 제어기기를 개발하여 유럽의 신규원전 뿐만 아니라 가동원전 시장을 석권하였으며, 미국에 진출하기 위해 NRC로부터 설계인증(Design Certification)을 획득하였음
- 웨스팅하우스는 현재 사용하고 있는 AC160 안전등급 제어기기를 대체하기 위해, 개선된 성능을 갖는 산업용 제어기기를 신규로 상용인증할 것으로 예상됨
- 도시바는 산업용으로 사용된 미쓰비시 제어기기를 상용인증한 후 원전에 적용하기 위해 NRC에 인허가를 신청하였음

2. 기술수준 비교

- 전 세계에서 현재 운영되고 있는 대부분 원전에는 아날로그 시스템이 설치되어 있음
- 대한민국은 프랑스 및 미국에 이어 3번째로 PLC(Programmable Logic Controller)급 원전 디지털 안전등급 제어기기를 국산화 하였으며, 이를 활용하여 세계에서 5번째로 디지털 MMIS 패키지를 개발하였음
- 특히 디지털 안전등급 제어기기는 웨스팅하우스의 AC160 제어기기와 비교하여 월등한 수준이며, 유럽시장을 석권하고 있는 아레바의 TelePerm-XS와 비교할 때 동등 이상의 성능을 갖는 것으로 자체평가 되었음(아래 기술수준 비교그림 참조)



제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

1. 목표

- KNICS 연구결과물인 디지털 안전등급 제어기기 및 안전계통을 신울진1,2 원전에 성공적으로 적용하기 위한 인허가 및 기술현안 지원

2. 연구내용

KNICS 기술이전 받은 산업체가 일부 설계변경하여 국산화된 MMIS 패키지를 원전에 독자공급하고 있음. 본 과제를 통해 신울진1,2 사업을 기술지원 함

3. 연구결과

가. 안전등급 제어기기(POSAFE-Q PLC) 인허가 기술지원

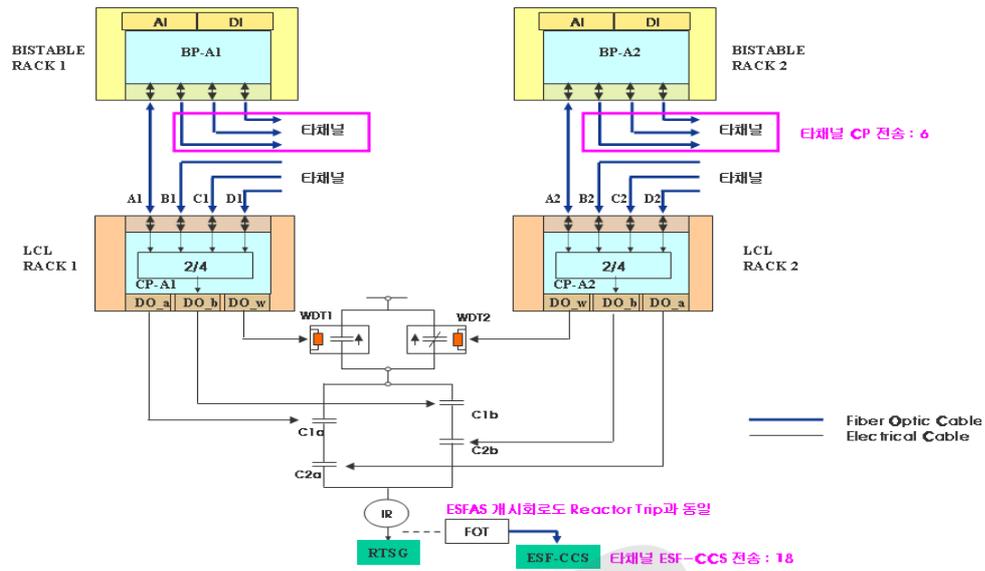
- KNICS 이후 사업화 단계에서 설계변경 사항
 - 설계변경 사유 : KNICS 사업 종료시점에 노심보호연산기계통(RCOPS) 구축에 사용될 제어기기 사양을 제시함에 따라 기존 POSAFE-Q PLC 사양보완 필요
 - KNICS 이후 설계변경 사항(아래 표 참조)
 - 프로세서 이중화
 - 실시간운영체제(RTOS)
 - 디지털 및 아날로그 입출력모듈
 - 안전통신망(HR-SDN)
 - 안전 데이터링크(HR-SDL)
 - 응용프로그램 개발 도구(pSET-II)
 - TR 인허가 진행사항
 - 2009년 5월에 특정기술주제보고서(TR) 심사 요청하여 현재까지 5차에 걸쳐 질의 및 답변이 있었음
 - 현재 심사완료 상태임(인허가획득 예상시점 2012년 1분기)
- 하드웨어 또는 소프트웨어 수정을 위한 기술지원 및 인허가지원 수행

<표. KNICS 이후 설계변경 사항>

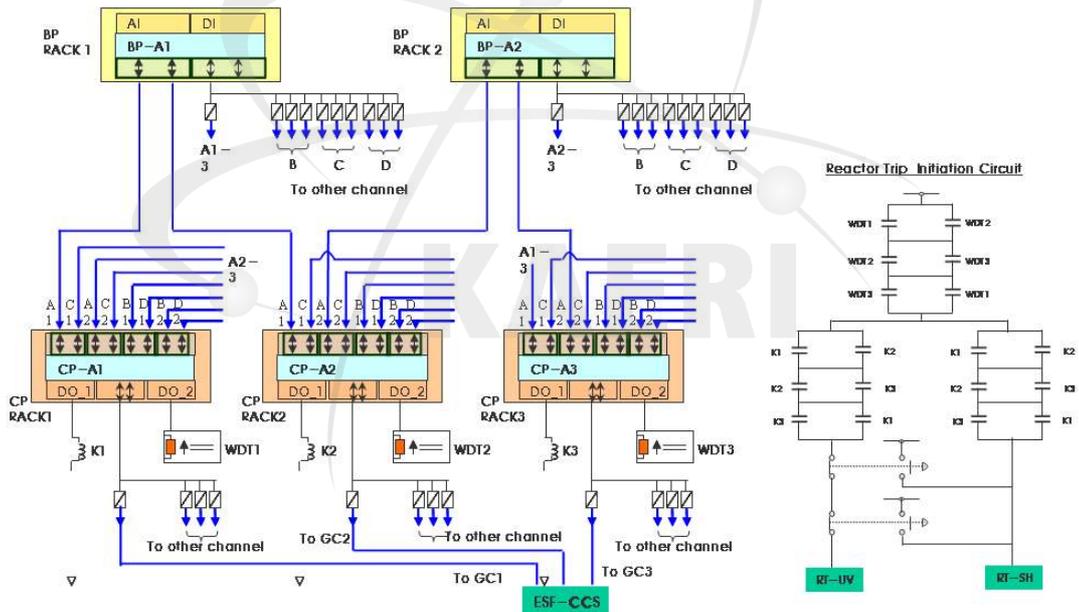
종 류	명 칭	모델명	S/W 모듈명
Rack	랙 또는 서브 랙	NRAC-5Q	없음
버스모듈	특수형	NBUS-5Q	없음
전원모듈	일반형	NSPS-2Q	없음
이중화 프로세서모듈	특수형	NCPU-2Q	pCOS2: MPU용 NLCPU2: PLD 용
통신모듈	HR-SDL	NFD1-5Q NFD1-6Q	pNOS3: CPB MPU용 pNIOS3: DRV MPU용
	HR-SDL 광분배기	NFD1S-1Q	없음
	HR-SDN	NFD2-1Q NFD2-2Q	pNOS4: CPB MPU용 pNIOS4: DRV MPU용
	Host Data Link	NHDL-1Q	pNOS9: CPB MPU용
입출력모듈	24VDC Digital Input	NI-D23Q	NLID23: PLD 용
	48VDC Digital Input	NI-D43Q	NLID43: PLD 용
	120VAC Digital Input	NI-A11Q	NLIA11: PLD 용
	230VAC Digital Input	NI-A21Q	NLIA21: PLD 용
	24VDC Digital Output	NQ-D23Q	NLQD23: PLD 용
	48VDC Digital Output	NQ-D43Q	NLQD43: PLD 용
	125VDC Digital Output	NQ-DC1Q	NLQDC1: PLD 용
	Relay Digital Output	NQ-A24Q	NLQA24: PLD 용
	Solid State Relay Digital Output	NQ-A11Q	NLQA11: PLD 용
	Analog Input	NAD8-3Q	pIAOS13: MPU 용
		NADF-1Q	pIAOS14: MPU 용
	RTD Input	NRD8-1Q	pIAOS2: MPU 용
	TC Input	NTC8-1Q	pIAOS3: MPU 용
	Analog Output	NDA8-2Q	pOAOS12: MPU 용
특수모듈	Pulse Counter	NHSC-1Q	NLHSC1
	Master Local Bus Extension	NLBE-1Q	NLLBE1
	Slave Local Bus Extension	NLBE-2Q	NLLBE2
응용프로그램 개발도구	Software Engineering Tool	pSET- II	pSET- II

나. 원자로보호계통(IDiPS RPS) 기술지원 내용

- 변경사유 : KOPEC 요청에 따라 RPS에서 ESF-CCS로 전달되는 개시신호 경로 추가확보
- 결과 : RPS의 동시론리(CP)가 2중화에서 3중화로 변경됨
 - 당초 KNICS RPS 구조



- 신울진1,2 RPS 구조



다. 공학적안전설비 기기제어계통(IDiPS ESF-CCS) 기술지원 내용

• 설계변경 필요성

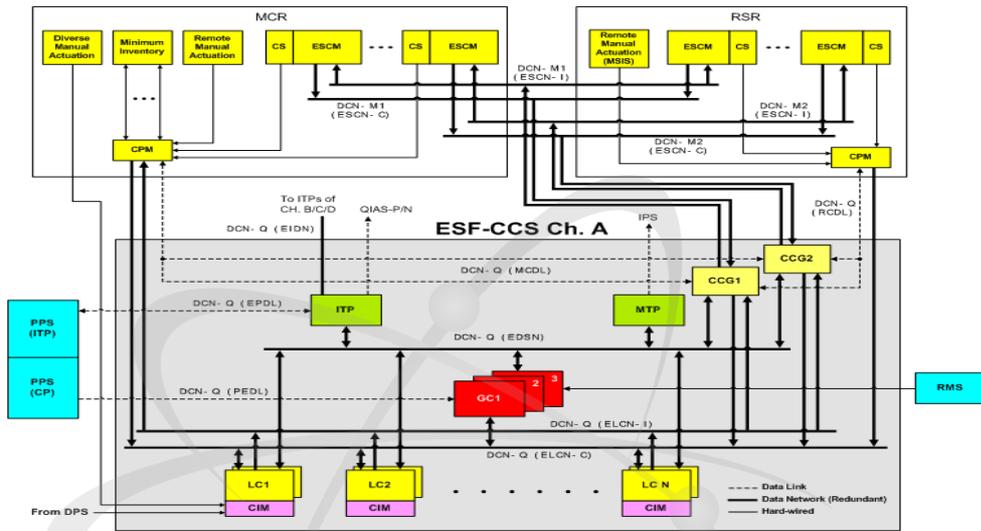
- 원전 안전계통에 네트워크 최초 적용에 따른 규제기관 집중관리(결정론적 특성 엄격 적용 요구)
- (해외전문가 자문결과) ESF-CCS 통신망 구조 단순화 제안

- 변경 기본방향

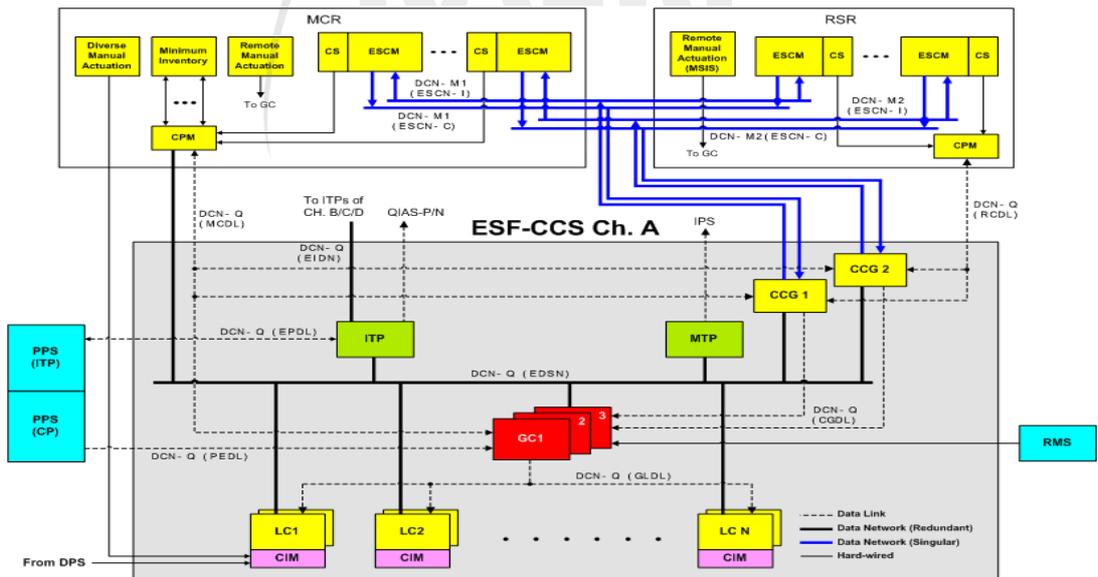
- 안전등급 제어신호 경로 : 안전등급 데이터링크 및 Hard-wire 적용
- 시험신호와 정보신호용 네트워크 : 분리 → 통합 변경(구조 단순)
- ESF-CCS 소프트웨어기 네트워크 : 이중화 → 단중화 변경(구조 단순)

- 결과

- 당초 KNICS ESF-CCS 구조



- 신울진1,2 ESF-CCS 구조



제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외 기여도

두산중공업은 기술이전된 KNICS 연구결과물을 활용하여 신울진1,2 원전사업을 성공적으로 추진하고 있으며, 본 과제를 통해 사업과정에서 발생한 인허가현안에 대한 기술지원을 수행하고 있음



제 5 장 연구개발결과의 활용계획

본 과제를 통해, 두산중공업이 공급하고 있는 신울진1,2 원전사업에 대한 기술지원을 수행하고 있음



제 6 장 참고문헌

1. 안전등급 제어기기(POSAFE-Q PLC) 특정기술주제보고서, 2007, (주)포스콘 및 한국원자력연구원
2. 통합디지털안전계통 공학적안전설비-기기제어계통(IDiPS ESF-CCS) 특정기술주제보고서, 2007, (주)두산중공업 및 한국원자력연구원
3. 통합디지털안전계통 원자로보호계통(IDiPS RPS) 특정기술주제보고서, 2007, (주)두산중공업 및 한국원자력연구원



서 지 정 보 양 식

서 지 정 보 양 식							
수행기관보고서번호		위탁기관보고서번호		표준보고서번호		INIS 주제코드	
KAERI/RR-3496/2011							
제목 / 부제		디지털 안전계통 원전적용을 위한 인허가 기술지원					
연구책임자 및 부서명		이동영/계측제어·인간공학연구부					
연구자 및 부서명		권기춘, 김동훈, 김장열, 김창희, 박기용, 박원만, 이영준, 이장수, 이현철, 최종균(계측제어·인간공학연구부)					
출판지	대전	발행기관	한국원자력연구원		발행년	2012	
페이지	18 p.	도표	있음(o), 없음()		크기	27 Cm.	
참고사항							
공개여부	공개(o), 비공개()			보고서종류			
비밀여부	대외비(), ___ 급비밀						
연구위탁기관				계약번호			
초록 (15-20줄내외)		<p>원전계측제어시스템개발사업(이하 KNICS 사업)의 연구결과물인 디지털 안전등급 제어기기 및 안전계통을 신울진1,2 원전에 성공적으로 적용하기 위한 인허가 기술 지원</p>					
주제명키워드 (10단어내외)		안전등급 제어기기, 안전계통					

BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET							
Performing Org. Report No.		Sponsoring Org. Report No.		Standard Report No.		INIS Code	Subject
KAERI/RR-3496/2011							
Title / Subtitle		Licensing Technical Support for NPP Application of Digital Safety System					
Project Manager and Department		Dong-Young Lee(I&C/HF research Div.)					
Researcher and Department		KC Kwon, DH Kim, JY Kim, CH Kim, GY Park, WM Park, YJ Lee, JS Lee, HC Lee, JG Choi(I&C/HF research Div.)					
Publication Place	Daejeon	Publisher	KAERI		Publication Date	2012	
Page	18 p.	Ill. & Tab.	Yes(o), No ()		Size	27 Cm.	
Note							
Open	Open(o), Closed()						
Classified	Restricted(), Document		Class	Report Type			
Sponsoring Org.				Contract No.			
Abstract (15-20 Lines)		Licensing technical support for NPP application of digital safety grade PLC and safety system developed in KNICS project					
Subject Keywords (About 10 words)		safety grade PLC, safety system					