

SMART 보호계통 바이스테이블 모듈 소프트웨어 개발

Software Development for Bistable Module of SMART Plant Protection System

김정희, 박희석, 조창환
삼창기업(주)

이준구, 박희윤, 구인수
한국원자력연구소

요 약

디지털화된 SMART 보호계통이 개발되고 있다. 다른 타입의 PPS는 각 기능 모듈을 위해 CPU와 DSP 보드로 구성되었다. SMART 보호계통 개발에 있어 고 신뢰도의 소프트웨어를 확보하기 위해서 CASE TOOL인 Teamwork를 이용하여 기능 분석 및 Structure Chart를 사용하여 소프트웨어 구조 분석을 하고 있다. 본 논문에서는 CASE TOOL인 Teamwork을 이용하여 기능분석 및 Structure Chart로 표현되는 소프트웨어 설계에 대해 기술하였다. 특히 프로토타입의 적용을 위해 하나의 예로 Bistable 모듈에 관해 기술하였다.

Abstract

Digitalized PPS(Plant Protection System) is going on development for SMART. The PPS consists of two different types of CPUs and DSP boards for the each functional processor modules of PPS. Software for the system has been progressed with Teamwork of CASE TOOL to develop the reliable software. In this paper, we propose the software development method and show the examples for Bistable module through the functional analysis and the development of Structure Chart and M-Spec.

1. 서론

기존의 아날로그 기술을 이용한 계측제어계통은 기기 및 부품의 노후화로 성능과 신뢰성의 저하 불시정지 발생빈도 증가, 이용률 제고를 위한 신기술 적용곤란, 기기 단종 문제 등으로 운전 및 보수 유지 측면의 경제적 부담이 가중되고 있다. 이런 문제점을 해결하기 위해 전반적인 첨단 디지털 기술의 도입 및 새로운 기술과 기법을 적용한 기능추가를 통하여 계측제어계통의 성능 향상, 안전성 및 신뢰성 등으로 계통 설계의 완성도를 높이도록 하고 있다. 이런 디지털 기술의 대체는 선진 각국에서 활발하게 진행되고 있으며 그 예로 미국 WH-CENP의 Nuplex 80+, 일본의 Ohi-3, 4호기, 프랑스의 N4, 웨스팅하우스의 AP600 등이 대표적일 것이다.

SMART 보호계통은 기존의 문제점을 해결하기 위해 디지털화된 이기종 이중화의 구조로 구성되어 디지털화에 따른 소프트웨어의 개발이 필수적이다.

일반적으로 소프트웨어의 개발은 개념설계단계(Concept Phase), 요구사항단계(Requirement Phase), 설계단계(Design Phase), 구현단계(Implementation Phase) 및 시험단계(Test Phase)의 5단계로 구분된다. 최근의 소프트웨어 통계자료와 논문을 종합해 보면 요구사항단계에서 가장 많은 소프트웨어 오류가 발생하며, 이를 시험단계에서 발견하는 것보다 설계 초기 단계인 요건 명세 단계에서 확인 및 검증하는 것이 소프트웨어 오류를 줄여 경제적이다.

본 논문은 디지털화된 SMART 보호계통에 사용될 소프트웨어 개발에 있어 CASE TOOL인 Teamwork을 이용해 기능을 분석하고 Structure Charts 그래픽으로 표현되는 정형명세서를 사용하여 소프트웨어를 개발하는 처음 단계인 요구사항 단계와 설계단계를 보호계통 Prototype을 이용하여 주요기능 모듈 중의 하나인 Bistable 모듈 부분에 적용한 결과를 제시한다.

2. SMART 보호계통 구성 및 기능

SMART 보호계통은 A, B, C, D 네 채널로 분리된 캐비닛으로 구성되며, 각 캐비닛은 바이스테인블 모듈, 동시논리 모듈, 원자로정지개시 모듈, 공학적안전설비 개시 모듈, 유지보수를 위한 유지보수 패널과 운전원 모듈로 구성되며 최종 출력 처리를 위한 원자로 정지 및 공학적 안전설비 아날로그 회로들이 장착되어 보호 기능을 수행한다. 주 기능을 위한 프로세서는 DSP를 사용하였으며, 비교논리 프로세서 2개, 동시논리 프로세서 2개, 원자로 정지 프로세서 2개, 공학적 안전설비 개시 프로세서 2개로 구성되어 있으며, 통신은 광케이블을 사용한다.

그림 1은 보호 기능 흐름도를 나타내며 보호 기능은 네 채널이 동일하므로 대표적인 A, B 채널만 표시한다.

각 보호계통 채널의 바이스테인블 모듈은 공정 감시를 요하는 안전 관련 공정 측정값을 계측계통으로부터 입력받아 바이스테인블 기능을 수행한다. 각 변수마다 각각 바이스테인

블 기능이 있으며 바이스테이블 기능은 측정된 안전 변수와 미리 설정된 설정치를 비교하여 트립 및 예비트립 상태를 결정한다.

각 채널 바이스테이블 모듈에서 판단한 각 변수별 트립 출력은 다른 채널의 출력과 함께 동시논리 모듈에서 투표방식(Voting)에 의하여 해당 채널의 트립여부를 결정한다. 동시논리 모듈에서는 자기 채널의 바이스테이블 모듈의 트립 출력 결과와 다른 세 채널의 바이스테이블 트립 출력을 기반으로 네 채널 중 두 개 이상의 바이스테이블이 트립을 출력하면 변수별 최종 트립을 결정한다.



그림 1 보호 기능 흐름도(A, B 채널)

유지보수 패널 과 운전원 모듈은 계통의 운전상태를 표시하고 트립채널우회 및 시험을 수행하는데 사용되며, 수동리셋 기능을 포함하고 있다.

원자로정지 개시 모듈은 동시논리 모듈까지의 트립 상태를 입력받아 원자로정지 회로부로 최종 출력된다. 원자로정지 모듈에서 원자로나 계측 및 보호계통 내부의 예상치 못한 외란에 의한 불필요한 트립 신호의 발생을 막기 위해 내부적으로 일정시간의 지연루틴을 수행하고 지연시간동안 트립 출력상태가 유지되는 경우에 최종적인 신호를 원자로 정지 회로부로 출력한다.

원자로 정지회로는 아날로그 모듈로서 보호계통에서 생성되는 자동 정지신호와 운전원

의 수동정지 입력을 받아 두 신호를 “OR” 하여 최종 구동신호를 생성한다.

공학적 안전설비 개시 모듈은 동시논리 모듈까지의 트립 상태를 입력받아 공학적안전설비 개시 회로부로 최종 출력된다. 공학적 안전설비 개시모듈에서도 원자로정지 개시 모듈처럼 일정시간의 지연루틴을 수행한 후 최종신호를 공학적 안전설비 개시 회로부로 출력한다.

공학적 안전설비 개시회로 역시 아날로그 모듈로서, 보호계통에서 생성되는 개시 신호와 운전원의 작동 스위치의 입력을 받아 두 신호를 “OR” 하여 최종 구동 신호를 생성한다.

3. Teamwork을 이용한 플랜트 보호계통 기능분석 및 Structure Chart 작성

플랜트 보호계통의 디지털계측제어 시스템의 소프트웨어 개발 시에는 반드시 시스템의 안전성, 신뢰성, 무결성 등을 고려하여야 한다. 일반적으로 소프트웨어 개발은 개념설계단계, 요구사항단계, 설계단계, 구현단계 및 시험단계의 5단계로 구분되는데, 소프트웨어의 안전성, 신뢰성, 무결성 등을 확보하기 위해서 소프트웨어 개발 초기 단계인 소프트웨어 요구사항 단계에서 체계적이고 명확한 개발방법을 이용하여 시스템을 기술하고 분석 및 검증할 수 있어야 한다.

본 연구에서 사용한 Teamwork은 분석하고자 하는 대상 시스템을 DeMarco, Yourdon, Hartly, Pibhai 등이 제안한 방법과 표기법을 이용하여 구조적 분석이 컴퓨터의 GUI(Graphical User Interface) 화면을 통해 가능하도록 지원하는 CASE TOOL 이다. Teamwork은 개발 초기 단계에서 DFD(Data Flow Diagram)를 이용하여 소프트웨어 요건서 작성할 수 있으며, DFD를 바탕으로 Structure Charts로 변환한 뒤 Structure Charts를 이용하여 소프트웨어 설계 사양서를 작성할 수 있다.

본 논문은 CASE TOOL을 이용한 소프트웨어 설계에 있어 Bistable 부분만을 기술하였다. 그림 2은 일체형 원자로 보호계통의 한 캐비닛을 CASE TOOL인 Teamwork을 이용하여 그린 DFD이다. 일체형 원자로 보호계통의 주 구성요소인 비교논리 모듈(BSM), 동시논리 모듈(CIM), 유지보수패널, 개시 모듈의 데이터 흐름을 보여주고 있다. 비교논리 모듈과 동시논리 모듈 개시논리 모듈은 모두 이중의 프로세서를 사용하여 구성되어 있는 걸 알 수 있으면 각 모듈간의 데이터 연계성도 잘 나타나 있다. 그림 3은 DFD 단계에서 Bistable 내부에 작성된 P-Spec(Processor Specification)을 나타낸다. P-Spec은 모듈의 기능을 정의하고 연계조건을 설명하며 간단한 알고리즘을 말로 설명한다. 그림 3에서 보여주는 Bistable 기능은 가압기 압력 트립변수의 기능과 연계에 대한 P-Spec의 일부이다.

그림 4는 DFD의 BSM_AA 모듈 내부 중 비교논리 기능에 대한 부분을 소프트웨어 설계 사양서를 위해 Structure Charts로 변환한 것 중 일부이다. 비교논리 프로세서의 주 기능에서 운전우회, 원자로 정지 및 예비정지 그리고 정지 설정치에 대한 것을 Structure Charts로 나타낸 형태를 보여주고 있다. 그림 5는 Structure Charts의 Operating_Bypass_AA 내의 M-Spec(Module Specification) 일부를 나타낸다. M-Spec은 모듈의 입·출력 변수와 모듈 상수 및 알고리즘을 설명한다.

14
PPS_A

"in"
CR-PPS_A
GSP-PPS_A
PIS-PPS_A
MSC-PPS_A
SCCP-PPS_A
SCCP-PPS_A
PPS_C-PPS_A
PPS_B-PPS_A
PPS_D-PPS_A
"out"
PPS_A-PPS_B
PPS_A-PPS_C
PPS_A-MS
PPS_A-PS
PPS_A-SCCP
PPS_A-CH
PPS_A-RSG
PPS_A-PPS_D
PPS_A-RSP



72

그림 2 계통설계사양서를 위한 데이터 흐름도

NAME:

1.1.1.1.5

TITLE:

Pressurizer Range Check_AA

INPUT/OUTPUT:

PIS-PRC_AA : data_in

RC_AA-POBC_AA : data_out

BODY:

- 1) This module receives Low_Pressurizer_Pressure value from PIS
- 2) If Pressure value is in Bypass scope generate bypass permit signal
- 3) send Bypass_permit_signal to Operating_Bypass_Check module

그림 3 DFD 에서의 P-Spec

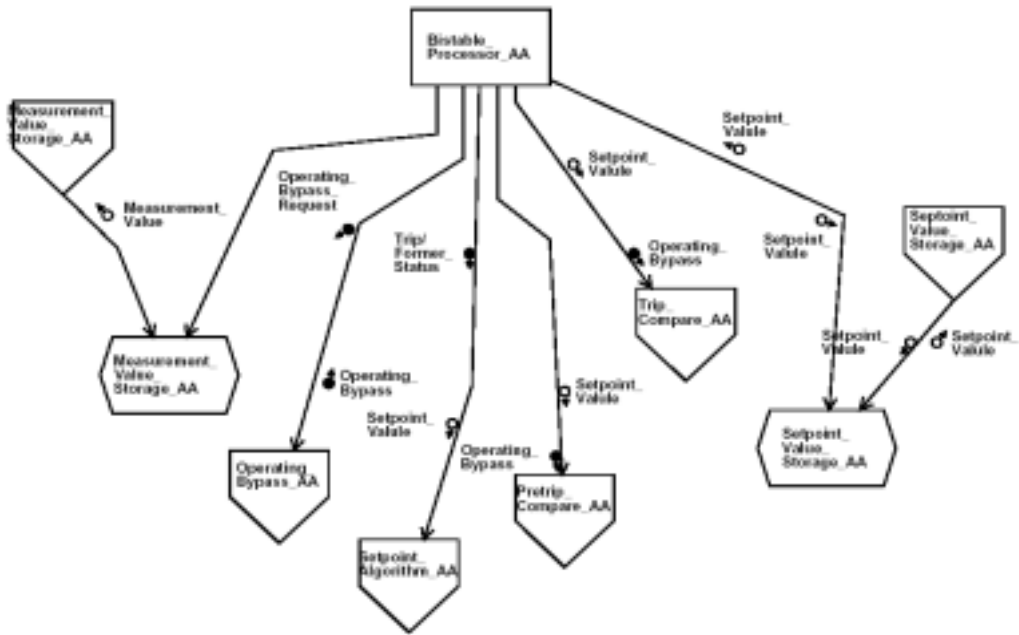


그림 4 소프트웨어 설계사양서를 위한 Structure Charts

```

NAME:
Bypass_Check_AA

TITLE:
No Title

PARAMETERS:
Operating_Bypass_Status : data_out
Operating_Bypass_Permission : control_in
Operating_Bypass_Request : control_in
Former_Operating_Bypass_Status : data_in

LOCALS:

GLOBALS:

BODY:
Pressurizer Operating Bypass Check_AA
  if (LPPB_Bypass_Requirement, LPPB_Bypass_Permission)
  {
    LPP_Bypass = 1
    SEND LPP_Bypass to Trip_Compare_AA and Pretrip_Copare_AA
  }

Logarithm Operating Bypass Check_AA
  if (HLP_Bypass_Requirement, HLP_Bypass_Permission)
  {
    HLP_Bypass = 1
    SEND HLPL_Bypass to Trip_Compare_AA and Pretrip_Copare_AA
  }

CWP Operating Bypass Check_AA
  if (CWP_Bypass_Requirement, CWP_Bypass_Permission)
  {
    CWP_Bypass = 1
    SEND CWP_Bypass to Trip_Compare_AA and Pretrip_Copare_AA
  }

CPC Operating Bypass Check_AA
  if (CPC_Bypass_Requirement, CPC_Bypass_Permission)
  {
    CPC_Bypass = 1
    SEND CPC_Bypass to Trip_Compare_AA and Pretrip_Copare_AA
  }

```

그림 5 Structure Chart의 M-Spec

4 결론

일체형 원자로 보호계통은 원자로 안전에 매우 중요한 설비로써 신뢰성있는 안전등급의 소프트웨어의 개발을 위한 방법이 요구된다. 여기서는 Teamwok을 사용하여 SMART 보호계통의 Prototype의 일부인 Bistable 모듈 기능에 대한 소프트웨어 구현 방안을 알아보았다.

Teamwork을 이용하여 보호계통의 전반적인 기능에 대한 DFD를 구성하고 DFD의 P-Spec을 이용하여 소프트웨어 구현에 필요한 구현 모델과 Structure Charts를 작성한 후 최종적으로 M-Spec을 개발하였다.

이 소프트웨어 개발 방법을 통해 초기단계에 소프트웨어 결함을 발견할 수 있으며 Bistable 모듈의 구현 방법을 다른 보호계통의 기능 모듈 소프트웨어 개발까지 확장 적용함으로써 좀 더 신뢰성 있는 보호계통 소프트웨어 개발이 가능한 것으로 판단된다.

추 후 과제는 개발된 소프트웨어를 상세화하고 시뮬레이션을 통한 검증과 최종 소프트웨어 구현이 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- [1] KAERI/RR-2238/2001 "SMART 설계기술 개발" 원자력 연구소 2002
- [2] 신현국, 남상국, 손세도, 장훈선 외 5명, "디지털 원자로 보호계통 고신뢰도 소프트웨어 개발방법 연구" 춘계학술발표회, 한국원자력학회 2001.
- [3] "성공적인 소프트웨어 개발 방법론" 생능출판사, 윤정