A CCF Diagnostic Method for APR1400
(APR1400 공통원인고장(CCF) 탐지 방안)

한국전력기술
계측제어설계그룹
조재웅
jaewoong@kepco-enc.com

KEPCO E&C 원자로설계개발단

본 자료는 발표자의 사전 서면 동의 없이
복사하거나 다른 목적(제3자 제공, 발표, 게재 등)으로
사용할 수 없습니다.

목 차

1 개 요

2 CDMS를 통한 CCF 탐지 방안

3 CDMS 계통 구성 및 설계 등급

4 결 론

5 Q&A

1. 개요

● 배경

➢ 설계기준사건 (Design Basis Event, DBE) 모의 시 일부 경우 운전원 적시조치 준수 어려움

- APR1400 원전 인간공학 검증의 통합시스템검증결과 일부 불만족사항

➢ CCF 상황하에서 운전원이 적시에 적절한 대응을 할 수 있도록 CCF 경보를 발생시키는 독립 계통 신설 필요.

- ***공통원인고장 진단 및 감시계통 (CCF Diagnostic and Monitoring System, CDMS)***

● 목적

➢ CCF 상황시 운전원이 조치시간 내에 적절한 조치를 할 수 있도록 CDMS를 이용한 CCF 탐지방안을 제시함.

2. CDMS를 통한 CCF 탐지 방안

- **CDMS는 APR1400의 안전등급 계측제어계통의 CCF를 탐지하여 운전원에게 아래와 같은 경보를 제공함**
  - ➢ Trip Check Alarm
    : CDMS Virtual Reactor Trip (VRT) 또는 DPS trip상태에서 PPS에 의한 trip이 발생되지 않았을 경우 경보 제공
  - ➢ Multichannel Trouble Alarm / As-is CCF Alarm
    : 안전계통 건전성 진단 및 공정계측신호 변동성 진단을 통해 Multichannel Trouble 또는 As-is CCF Alarm을 제공
  - ➢ CCF Concurrent with DBE
    : Trip Check Alarm 및 As-is CCF Alarm이 동시에 발생되었을 경우 DBE 상황하에서 CCF가 발생했음을 알리는 경보
  - ➢ Identified DBE category
    : DBE 상황하에서 CCF 발생 시 해당 DBE를 식별하여 운전원에게 제공

2. CDMS를 통한 CCF 탐지 방안

- **Trip Check Alarm**
  - Virtual Reactor Trip (VRT)
    - CDMS Controller에서 생성됨
    - APC-S(C,D채널)로부터 증기발생기 차압, 증기발생기 수위(협역), 가변과 출력, 대수출력준위 공정신호를 입력받음
    - PPS와 동일한 설정치를 사용하여 비교논리를 통해 가상트립여부 결정
    - 2-out-of-2 동시논리를 통해 생성된 VRT 신호를 CDMS Server에 제공함.
  - VRT 또는 DPS trip상태에서 PPS에 의한 trip이 발생되지 않았을 경우 CDMS Server에서 Trip Check Alarm 제공

2. CDMS를 통한 CCF 탐지 방안

- **Trip Check Alarm (계속)**
  - ➢ 원자로트립변수별 Trip Check Alarm 생성 조건

원자로트립변수	Trip Check Alarm 생성조건
가압기 압력(협역)	DPS Trip + PPS non-trip
가압기 압력(광역)	DPS Trip + PPS non-trip
증기발생기 수위(광역)	DPS Trip + PPS non-trip
증기발생기 수위(협역)	CDMS VRT(2/2) + PPS non-trip
증기발생기 압력	DPS Trip + PPS non-trip
원자로건물 압력(협역)	DPS Trip + PPS non-trip
가변과출력	CDMS VRT(2/2) + PPS non-trip
대수출력 준위	CDMS VRT(2/2) + PPS non-trip
증기발생기 차압 (원자로냉각재 저유량)	CDMS VRT(2/2) + PPS non-trip

2. CDMS를 통한 CCF 탐지 방안

- **Multichannel Trouble / As-is CCF**
  - ➢ 안전계통 건전성 진단 (Safety Platform Diagnosis, SPD)
    - ◆ CDMS Server에서 수행되는 기능임
    - ◆ IPS로부터 안전계통(PPS, ESF-CCS, RCOPS)플랫폼 진단정보를 취득

      example)

      - PPS BP / CP CPU Error
      - PPS BP SDL Error

    - ◆ 안전계통 플랫폼 진단정보를 통해 Alarm 발생

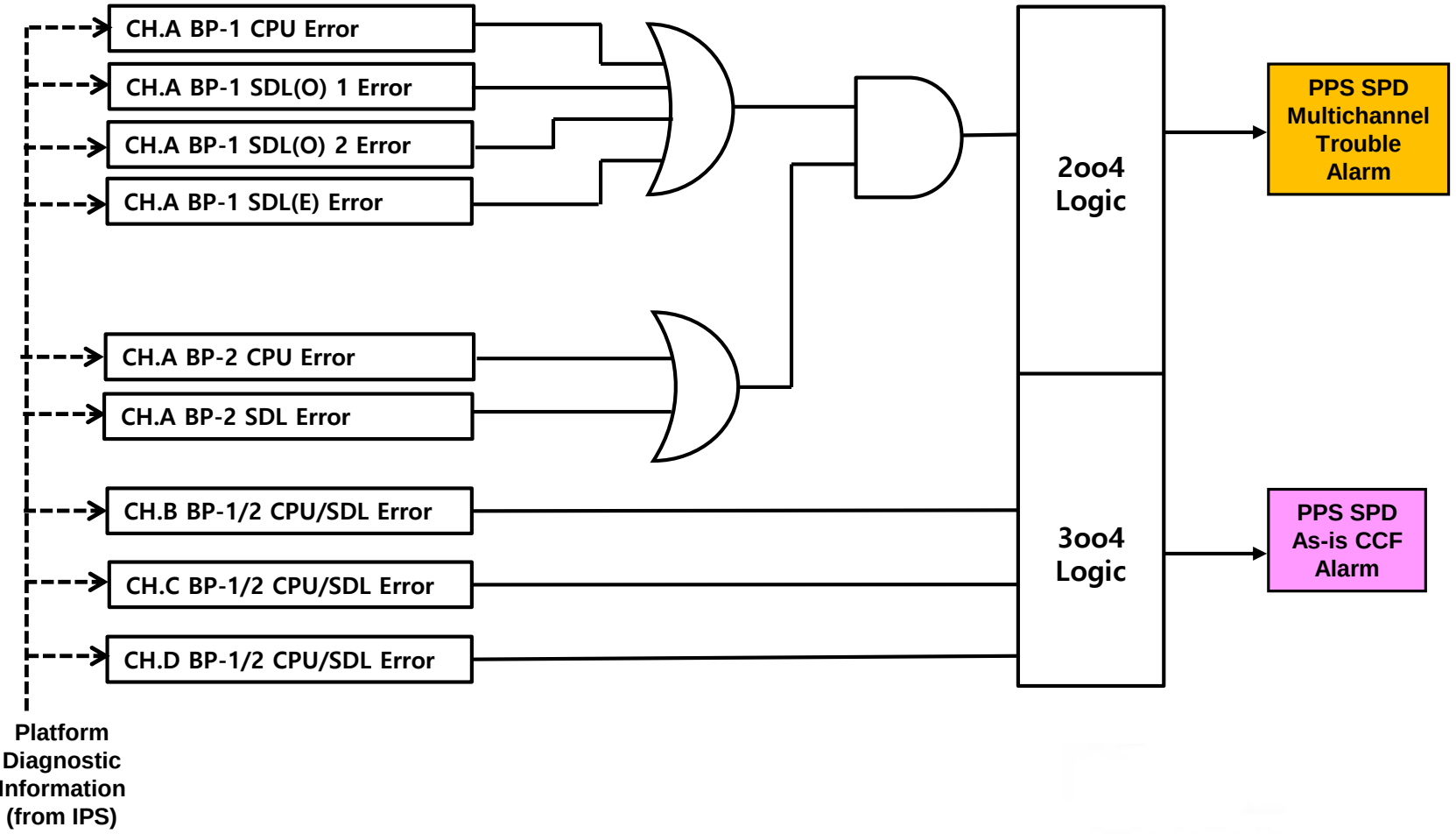
      - 단일 안전계통 2채널 이상에서 이상 발견

        : SPD Multichannel Trouble Alarm 발생
      - 단일 안전계통 3채널 이상에서 이상 발견

        : SPD As-is CCF Alarm 발생

2. CDMS를 통한 CCF 탐지 방안

- **Multichannel Trouble / As-is CCF (계속)**

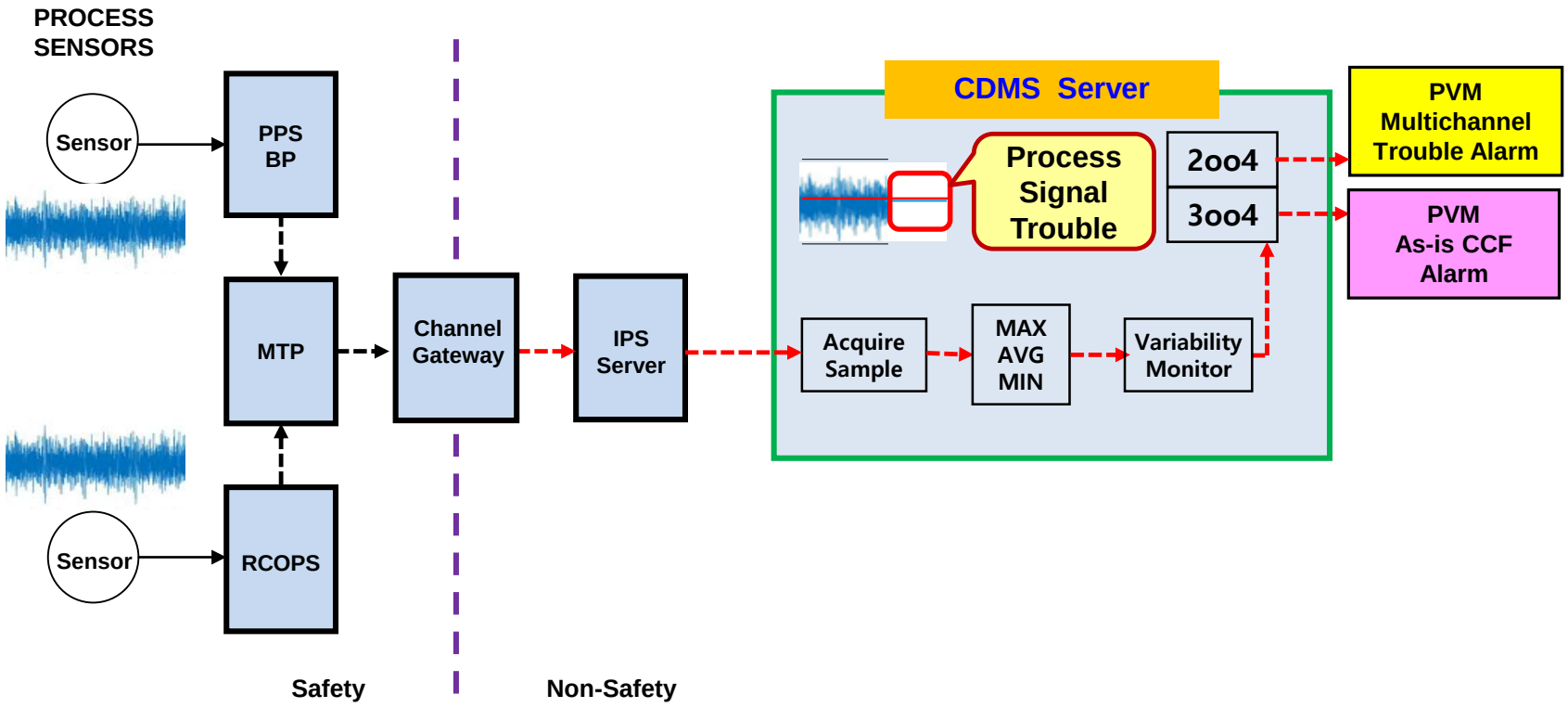


2. CDMS를 통한 CCF 탐지 방안

- **Multichannel Trouble / As-is CCF (계속)**
  - ➢ 공정값 변동성 감시 (Process value Variation Monitoring, PVM)
    - ◆ IPS로부터 PPS 및 RCOPS 관련 공정값을 취득하여 변동성을 확인
    - ◆ 공정값 샘플을 취득하여 최대값, 최소값, 평균을 산출
    - ◆ 산출된 값의 변동성이 기준이하일 경우 이상으로 판단
    - ◆ PVM을 통한 Alarm 발생
      - 단일 안전변수 2채널 이상에서 이상 발견
        : PVM Multichannel Trouble Alarm 발생
      - 단일 안전변수 3채널 이상에서 이상 발견
        : PVM As-is CCF Alarm 발생

2. CDMS를 통한 CCF 탐지 방안

- **Multichannel Trouble / As-is CCF (계속)**



2. CDMS를 통한 CCF 탐지 방안

- **Multichannel Trouble**
  - SPD Multichannel Alarm 또는 PVM Multichannel Alarm이 생성되었을 경우 Multichannel Trouble Alarm 발생
  - CDMS Server에서 DCN-I를 통해 IPS로 제공 / CDMS 내부 네트워크를 통해 MTP로 제공
- **As-is CCF**
  - SPD As-is CCF Alarm 또는 PVM As-is CCF Alarm이 생성되었을 경우 As-is CCF Alarm 발생
  - CDMS Server에서 DCN-I를 통해 IPS로 제공 / CDMS 내부 네트워크를 통해 MTP로 제공
- **CCF Concurrent with DBE**
  - DBE상황하에서 CCF가 발생했다는 의미의 경보
  - Trip Check Alarm과 As-is CCF Alarm이 모두 생성되었을 경우 CCF Concurrent with DBE 발생
  - CDMS Server에서 DCN-I를 통해 IPS로 제공 / CDMS 내부 네트워크를 통해 MTP로 제공

2. CDMS를 통한 CCF 탐지 방안

- **Identified DBE category**
  - ➢ DBE 상황하에서 CCF 발생 시 해당 DBE를 식별하여 운전원에게 제공함
    - VRT 상태 및 IPS에서 제공된 경보를 활용
    - 식별 가능한 DBE는 제한적으로, 아래의 SAR 7A에서 다루는 DBE에 대해 식별하는 것을 목표로 함.

      급수유량증가

      원자로건물 외부에서의 증기관 파단

      원자로냉각재 유량 완전상실

      원자로냉각재펌프 회전자 고착 및 축 파단

      원자로냉각재 제어봉집합체 이탈

      증기발생기 전열관 파열

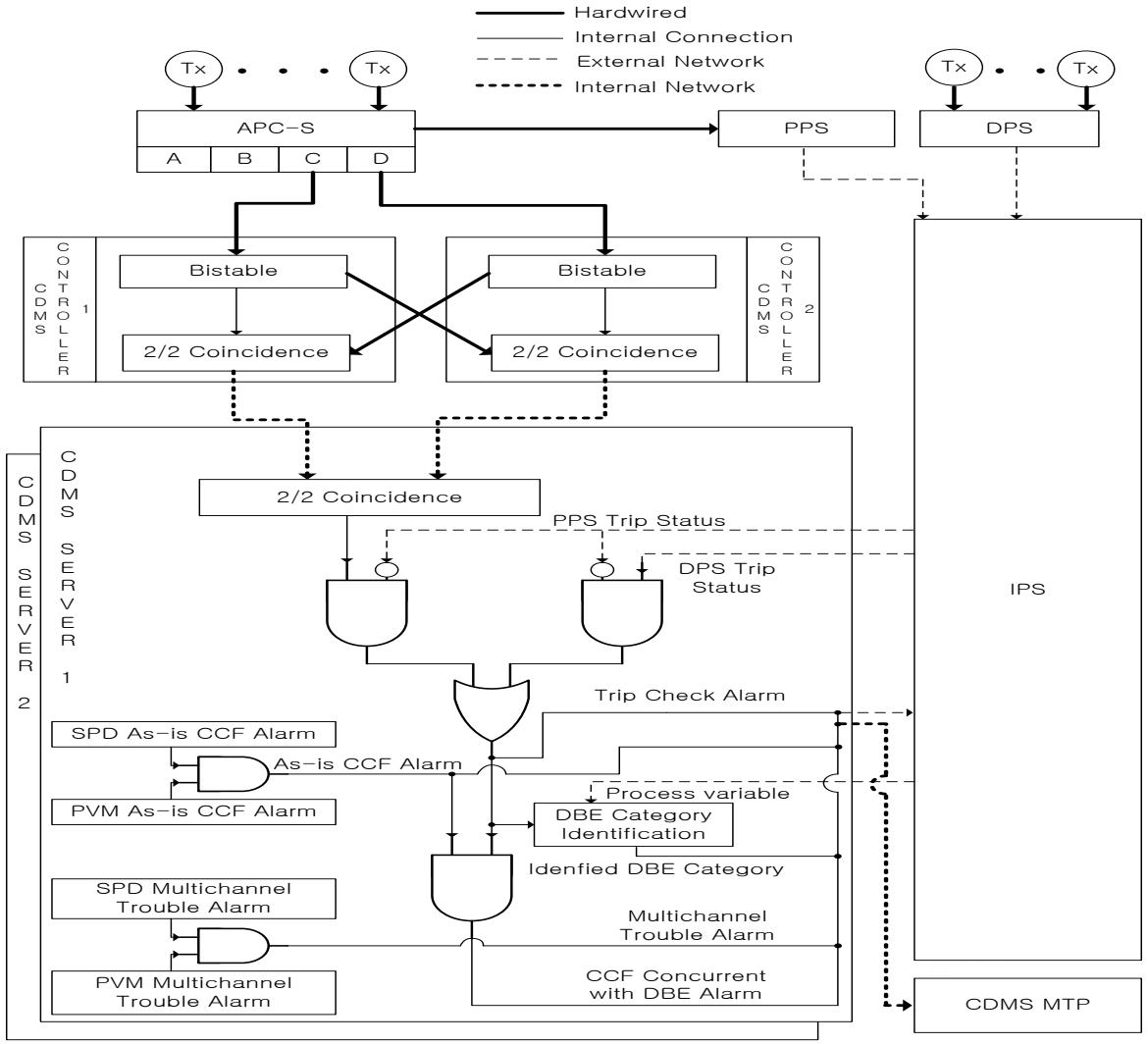
      냉각재상실사고

      원자로건물 내부에서의 증기관 파단

  - ➢ CDMS Server에서 DCN-I를 통해 IPS로 제공 / CDMS 내부 네트워크를 통해 MTP로 제공

2. CDMS를 통한 CCF 탐지 방안

- **CDMS Block Diagram**



3. CDMS 계통 구성 및 설계 등급

● 계통 구성

➢ 단일 캐비닛

- 2 CDMS controller (2 Channels)
- 2 CDMS server (Redundancy)
- 1 MTP set (PC, FPD, Keyboard, Mouse)
- 2중화된 전원공급기 (N1, N2)

● 설계 등급

➢ 안전등급 : Non-Safety

➢ 품질등급 : A

➢ CDMS Application S/W : ITS (Important to Safety)

➢ CDMS MTP S/W : ITA (Important to Availability)

4. 결론

- **APR1400에서 CCF를 탐지하기 위한 방안 : CDMS를 신설**
- **CDMS는 운전원이 CCF 상황에서 적시에 대응할 수 있도록 아래의 경보를 제공**
  - CCF Concurrent with DBE
  - Trip Check Alarm
  - Multichannel Trouble Alarm / As-is CCF Alarm
  - Identified DBE Category