

# 차세대 원전 MMI Mockup용 경보시스템 개발 Alarm System Development of KNGR MMI Mockup

강성곤, 허대영

전력연구원

대전광역시 유성구 문지동 103-16

## 요 약

본 논문에서는 차세대 원전 주제어실 설계의 평가 및 검증을 위한 Mockup 개발 단계에서 진행되고 있는 경보 처리 Logic 개발 및 표시방법을 소개하고자 한다. 현재까지 개발된 경보처리 방법을 RCS계통과 MFW계통에 대해 적용해 보았으며, 이를 통해 다양한 Display 방법을 적용해 보고자 하였다. 또한 개발된 경보시스템은 발전소의 중요한 기능을 감시하기 위한 경보를 제공할 뿐만 아니라 발전소의 중요 기능을 만족 시키기 위한 각 계통에 대한 상황 감시(Availability and Performance)가 가능한 경보를 처리하였으며, 또한 다양한 경보 처리기법들을 적용하여 보았다. 영광 3&4호기 운전원들로 하여금 개발중인 경보 처리 방법들과 각 화면들에서의 경보표시를 통해 1차적인 실험을 수행할 수가 있었으며, 이에 대한 평가 및 검토를 통해 경보설계를 계속 개선해 나가고자 하였다.

## Abstract

In this paper, We developed alarm processing logic and display method in the step of Mockup development in KNGR. Up to now, Developed alarm processing method is applied to RCS and MFW and implemented in the variable alarm display. Also Critical Safety Alarm(CSA) and related Success Path Alarm(SPA) for monitoring plant overall state is processed and variable alarm processing method is applied for alarm system. YGN 3&4 operators(RO and TO) have evaluated developed alarm system and provided some comments. These results enable us to compensate for lack of our alarm system.

## 1. 서 론

차세대원전 주제어실 MMI 설계시 설계 검증 및 평가를 수행하기 위한 일환으로 MMI Mockup

을 구현하였다. 차세대 원전 정보시스템의 설계도 Mockup을 통해 평가되어야 하며[1], 설계통합과정에서의 설계개념의 반영 정도와 HFE의 적합성 등을 찾아내어 설계 수정을 수행하게 된다. 정보설계의 구현을 위해서는 HRP(Halden Reactor Project)에서 개발된 경보전용 Tool인 COAST를 이용하여 구현하였으며, 경보화면 설계의 Graphic Tool로서는 PICASSO를 사용하였다. 경보데이터로는 영광 3&4호기의 경보 DB를 이용하여 경보로직을 개발하였다. 여기서 처리되고 있는 각 경보들은 적절한 정보처리기법을 적용하여 다수 경보발생시 문제가 되고 있는 경보인식 문제와 중요경보와 중요하지 않은 경보와의 구별이 힘든점, 발생된 경보에 대한 경보대응절차서와의 연결 등에 대한 것을 해결하고자 노력하였다. 또한 발전소 이상상태시 쉽고, 빠르게 경보를 인식할 수 있도록 하기 위하여 경보를 단순화하여 구현하였으며, 영광 3&4호기 발전소의 운전원들을 대상으로 하여 개발된 정보시스템에 대한 평가를 수행해 보았다.

## 2. MMI Mockup 정보처리 범위

MMI Mockup은 대형정보표시판에서의 CFA(Critical Function Alarm), SPA(Success Path Alarm), Process 경보, Component 경보를 처리하였으며, CRT는 우선순위별로 나누어 경보를 표시하였다. SPA는 주로 안전주입계통, 화학 및 체적제어계통, 주급수 계통, 보조급수 계통, 정지냉각 계통을 먼저 구현하였다. SPA에서의 경보표시는 계통 상태의 Service 유무와 경보상태의 관계에 따라 해당 시스템의 Availability와 Performance 경보가 발생하게 된다. 또한 ESFAS에 의해서 동작되는 시스템 즉 Safety Injection Actuation System, Containment Isolation Actuation System, Containment Spray Actuation System, Main Steam Isolation System, Auxiliary Feedwater Actuation System등과 같은 시스템도 대형정보표시판에 경보창으로 표시하였다. Reactor Trip과 같은 경보창을 표시하여 현재 발전소가 Trip 상태로 진행을 하고 있는지를 파악할 수 있도록 하였다. 시스템이나 중요기기에 속해 있는 Process 경보와 Component 경보에 적용된 Suppression 기법은 주로 Component-based Logic, Relative Severity Relationship, Plant Mode-based Logic, Cause-Consequence Relationship을 사용하였다.

우선순위 결정방법은 Significant Operator Action에 따라 세가지 범위로 나누었다. 그리고 운전원에게 경보로서의 의미보다는 상태변화에 대한 정보로서의 성격이 강한 것에 대해서는 Flag로서 분류하였으며, Mimic Display에서 운전원이 필요로 할 경우에는 경보지원 화면(Support Display Button)을 띄워서 볼 수 있도록 하였다. 경보대응절차서는 경보전용 CRT 화면 오른쪽에 있는 Mimic Display에서 띄울 수가 있게 된다. 경보지원화면으로는 Unacknowledged 화면, SOE 화면, 우선순위 2, 3화면, Flag 화면, System에 따라 분류된 경보정보의 화면이 나타나게 된다.

## 3. Mockup에서의 경보 알고리즘 구성

Mockup은 RTAP, PICASSO와 COAST로 구성되며, DB로는 영광 3&4호기 발전소의 I/O Point 와 Alarm Tile의 Source Date를 이용하였다. COAST에서는 주로 CFM, SPM, ESFAS 관련 경보, Rx Trip관련 경보에 대한 알고리즘과 일반 경보들의 Grouping을 처리하였다. COAST에서는 Cola file과 Cola Light file이 있는데, Cola file에서는 처리하고자 하는 경보논리를 정의한 곳이며, Cola light file은 알고리즘에서 정의된 경보를 어떠한 형태로 경보를 발생시킬 것인지를 결정한다

다. 예를 들어 경보list 형태로 경보 CRT에 나타내고자 한다면, 시간-경보번호-경보설명-경보설  
 정치-현재값-ARP번호와 같은 정보를 이 파일에서 정의하였다. Cola light file에서 정의된 이 값  
 은 PICASSO라는 그래픽 툴을 통해 경보list 및 경보창을 경보 CRT와 LDP로 제공하게 된다. 경  
 보상태를 표시하기 위해 사용되고 있는 데이터는 입출력 데이터(기존 발전소의 핸드스위치 데이  
 터, 능동기기 데이터 즉 펌프와 밸브의 상태 정보)와 기존의 각 경보창에 연결된 경보 Source들  
 이다. 현재 능동기기를 기준으로 하여 그룹핑을 하고 있지만, 즉 Room temperature, Room  
 radiation, Heater 등과 관련된 정보는 따로 그룹핑을 시켜서 하나의 경보창에 나타내도록 하였다.  
 Component의 Unavailability Alarm은 Activity상태와 Controllability 상태에 따라 결정되어지며,  
 각 Flow Path를 구성하는 Component 정보들의 Available 상태는 Flow Path의 Availability를 결  
 정할 수 있으며, 또한 이는 System내에 구성되고 있는 각 Train들에 대한 Availability를 결정지  
 는다. 이러한 논리는 주로 Success Path관련 계통들에 대해 적용하여 각 계통들의 사용가능여부  
 에 대한 정보를 운전원들에게 제공하고자 하였다. 다음은 Component Status, Parameter Alarm  
 Processing 및 Component Alarm Processing에 대한 내용을 간략히 소개하고자 한다.

### ① Component Status

Component Controllability Status : 대부분의 대상물은 펌프와 밸브이고, 입력시스템의 각각은 그  
 자체의 Component Controllability Status를 계산해서 Component Alarm Processing 입력값으로  
 한다. 이러한 Control 상태는 Component 심볼에 적용된다. Component Activity Status : 대부분  
 의 대상물은 펌프, 밸브와 전력계통의 Circuit Breaker이고, 입력시스템의 각각은 그 자체의  
 Component Activity Status를 계산해서 Component Alarm Processing 입력값으로 한다. Active  
 는 Open/On, Inactive는 Shut/Off를 나타냄. Component Activity Status는 Component Symbol,  
 Component Alarm Algorithm, Composed System State Algorithm, Success Path Performance  
 Alarm Algorithm의 입력값이 된다.

### ② Parameter Alarm Processing

여기서 처리된 정보는 Component Alarm 알고리즘, Success Path Availability Alarm 알고리  
 즘, Success Path Performance 알고리즘의 입력값이 됨. 또한 Parameter descriptor, Alarm  
 Tile descriptor, Trend Arrow descriptor를 display 시킴. Process Representation Value(대표값),  
 Plant Protection System Reactor Pre-trip Alarm, Process Component Control System Alarms  
 을 이 알고리즘의 입력값으로 사용함. 이 경보처리는 각 경보의 모든 속성을 정의한다. 그러한 경  
 보 설정치는 다음과 같은 조건에 의해 결정된다.

- Alarm Category : Critical Safety Function, Success Path Availability 등
- 우선순위 : 시간적인 순서에 따른 우선조치
- 운전모드 : Power Operation, Reactor Trip 등
- 선택된 비상운전절차서 : LOCA, SGTR
- 시간지연 : 경보상태의 유효한 지속시간
- 설정치 Deadband : 경보 chattering을 방지하기 위하여 히스테리시스 밴드 설정.
- 원인 결과 원리

### ③ Component Alarm Processing

이 알고리즘은 Component Equipment Damage alarms, Component Personnel Hazard alarm,  
 Component Uncontrollable alarm, Component Unavailable Alarm와 같은 4개 형태의 경보를  
 만들어 낸다. 이러한 각각의 경보상태는 그 자체의 Component descriptor를 경보화한다.

Component Unavailability는 Success Path Availability에 영향을 미치기 때문에, Unavailability와 Uncontrollability는 서로 구별되어야 한다. Component Unavailability 문제발생에 대해 CFM Display Hierarchy를 통해서 Success Path의 원인으로 운전원에게 인도되어진다. 기기 손상이나 Component Uncontrollable 문제발생, Personnel Hazard 문제발생에 대해서는 Plant Sector Hierarchy를 통해 운전원에게 인도되어진다. 이 알고리즘에서 만들어진 정보는 Component descriptor, alarm tile descriptor, flow path descriptor, Composed System State 알고리즘, Success Path Availability Algorithm으로 보내진다..

#### 4. Preliminary 경보 Mockup에 대한 검토 및 평가

영광 3&4호기 운전원 RO와 TO를 통해 개발된 경보를 Mockup에서 평가해 본 결과 중 주요한 사항은 다음과 같다.

1. 운전원들이 경보 CRT의 이용을 하는데 있어서 운전원들의 직무에 어느 정도 도움을 주었다.
2. LDP상에서 단순화(그룹화된 경보 및 Parameter 경보)되어 표시된 정보들을 상당히 선호 하였다. 그러나 Parameter 경보에 대해서는 즉시 인지할 수가 있었지만 Component 경보를 인지 하기 위해서는 경보 CRT를 보아야 하는 약간의 작업부담이 있었다.
3. 다량의 경보 발생시 경보를 인지하는데 장시간이 사용된다는 의견도 있었다.
4. CFM이나 SPM과 관련되는 정보를 LDP상에서 표시함으로써 운전원이 발전소의 전체 상황을 한 눈에 쉽게 파악할 수가 있었다.
5. 발생 경보들에 대한 자세한 조치나 정보를 보기 위해 설치해 놓은 경보 ARP 버튼의 효용성은 운전원들에게 좋은 평가를 받았다.
6. 경보처리에 대해서는 Suppression된 경보들에 대한 정보를 즉시 볼 수 있는 방법과 Historical 한 모든 경보들에 대한 정보가 들어 있는 화면을 우선순위에 따라 구분된 화면보다 더 선호 할 때도 있었다.
7. 경보 CRT에서 경보 Sequence를 보는 것은 편리했지만, 경보 List의 특성상 하나하나 읽어보아야 한다는 점이 운전원에게는 부담을 주었다.

이외에도 여러 가지의 내용들이 있었지만 이는 개발된 경보에 대한 훈련 부족과 Mockup에서 구현이 되지 않은 사항들에 대해 나온 것들이 대부분이었으며, 대다수의 운전원들이 직무에 따라 구분된 경보정보가 나타나기를 원했었다.

#### 5. 결론

운전원들을 통해 Mockup에서 평가한 결과를 바탕으로하여 계속해서 설계평가 및 수정을 추적해 나갈 예정이며, 현재 운전원들에게 문제가 되고 있는 경보List의 단점을 최대한 보완해 나가야 하며, 처음 발생한 경보나 경보발생의 흐름을 파악하는데 있어서는 경보 List화면이 많은 도움을 주고 있지만, 다량의 경보가 발생시에는 불리한 점이 있었다. 이에 따라 앞으로 추적해 나가야 할 방향은 LDP에서 경보정보를 최대한 반영하여 운전원이 쉽고 빠르게 경보를 인식할 수 있게 하여야 할 것이며, 경보 CRT에 다양한 형태의 화면을 제공하여, RO와 TO가 각각의 경보정보만을 감지하여 효율성을 극대화 할 수 있는 방안을 강구하여야 할 것이다.

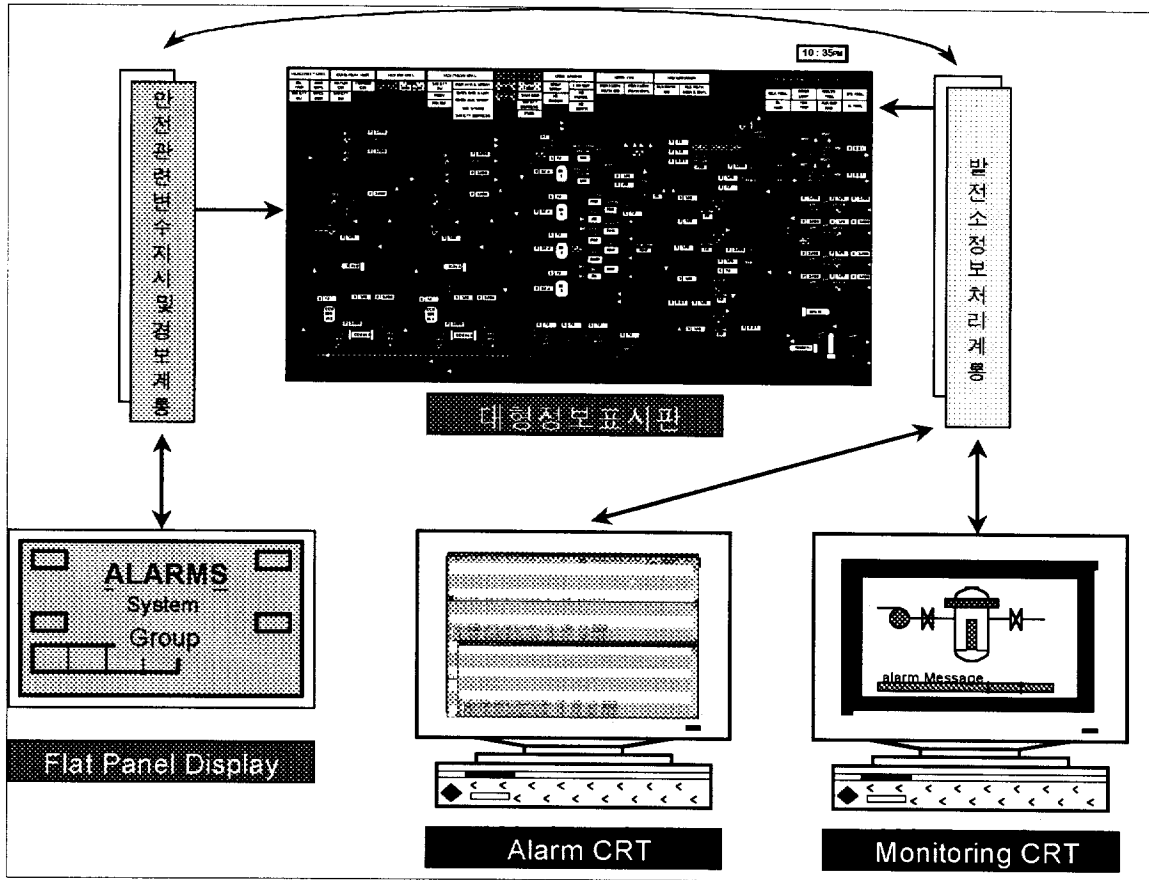


그림 1. 경보CRT와 대형정보표시판에서의 경보처리 및 표시

### 참고문헌

1. 강성곤 외, "COAST를 이용한 차세대원전 경보처리 구현방안," 한국원자력학회 '97 춘계학술 발표회 논문집, Vol. 1, pp. 178 ~ 183, 1997.
2. D.L. Harmon, T.M. Starr, "Alarm and Status Processing and Display in the Nuplex 80+ Advanced Control Complex," 1992 IEEE 5th Conference.
3. John M.O'Hara, William S. Brown, and Inn S. Kim, "Advanced Alarm Systems in Nuclear Power Plants : Background Review," Brookhaven National Laboratory, 1991.
4. NUREG/CR-6105, "Human Factors Engineering Guidance for the Review of Advanced Alarm Systems," 1994.
5. Bard R.Moum, etc "Alarm System CASH : Lessons Learned Based On Operator's Feedback and Designer's Experiences," HWR-535, 1998

✓