

개량형 정보처리기술 평가

이 철권, 허 섭, 장 귀숙, 구 인수, 박 종균
한국원자력연구소

요 약

원자력발전소의 경보기능을 향상시키기 위하여 기존 경보기술 및 개량형 경보기술의 장단점을 평가하고 적용기술의 타당성을 검토하였다. 분석결과 기존 경보시스템의 경우 경보생성논리의 한계성으로 인해 새로운 정보처리 알고리즘을 적용하는데 한계가 있는 것으로 나타났으며, 개량형 경보시스템에서는 새로운 정보처리 알고리즘이 수용가능하나 제어실 설계에 따른 경보표시 기기의 배치 및 운용은 특정 알고리즘의 수용이 불가하거나 수정을 필요로 하는 것으로 나타났다. 본 평가분석은 개량형 정보처리기술 선정시 고려사항과 각 기술들의 적용 한계성을 보여주므로써 후속 원전 경보시스템의 개발 및 구현시 활용될 수 있다.

1. 서 론

원자력발전소 경보시스템은 발전소 상태변화를 운전원에게 알려줌으로써 운전원이 발전소 변수감시, 기기 및 공정의 이상상태 검출, 고장진단 및 이에 대한 적절한 조치와 결과에 대한 관찰 등 주요 운전기능을 수행할 수 있도록 지원해 준다. 대부분의 기존 경보시스템은 하나의 센서에 하나의 경보를 할당하는 체계(one sensor to one alarm framework)에 근거한 독립적(stand alone)인 계통으로서 경보발생시 운전원은 경보계통이 아닌 다른 정보표시기기를 통해 발생경보에 대한 특정정보를 얻는다. 따라서 이러한 기존계통은 발전소 과도상태나 사고 발생시 동시에 많은 수의 경보가 발생되므로써 운전원의 업무가 과다하게 되어 인적오류를 발생시킬 가능성이 많았다.^{1,2}

현대 컴퓨터 기술의 발전과 인간공학개념의 도입으로 개량경보시스템의 개발이 가능해지면서 세계 각국의 많은 원자력 관련 기관들은 기존 경보시스템과는 기능적으로 차이가 있으면서 동시에 첨단기술을 접목시킨 새로운 경보시스템을 개발하여 왔으며 일부에서는 실제 발전소에 적용하고 있다. 국내에서도 개량형가압경수로(APWR; Advanced Pressurized Water Reactor) 개발연구의 일환으로 기존경보분석을 통한 진보된 경보시스템의 개발을 시도하였으며 아울러 기반기술 개발의 일환으로 첨단정보처리기법이 연구되고 있다. 그러나 국내외의 이러한 연구결과들은 기존 경보시스템과는 달리 개량경보시스템이 갖는 인간기계연계체계(MMIS; Man-Machine Interface System)에의 종속성으로 인해 특정한 MMIS를 갖는 원자력발전소에 직접 적용하기는 힘들다. 즉, 연구결과들이 그들 나름대로의 장점을 가지고 있다 하더라도 경보시스템은 MMIS 설계의 상위요건인 제어 및 감시전략, 정보체계 등과 밀접히 관계되므로 기존의 연구결과를 활용하기 위해서는 이들에 대한 면밀한 검토가 이루어져야 한다.

본 연구에서는 국내 후속 원자력발전소에 개량된 정보처리기법을 적용하기 위한 기술개발과정으로서 정보처리기술을 평가하고, 그 적용 타당성을 검토하였다. 이를 위해 기존 경보시스템의 기능을 파악하여 단점을 보완할 수 있는 방안들을 기술하였고, 또한 개량 경보기술이 갖는 장점과 이를 구현할 때 고려해야 할 사항들을 기술하였다.

2. 경보시스템의 발전방향

경보시스템은 발전주기에 따라 다음의 4가지 세대로 구분할 수 있으며,³ 본 논문에서 기존 경보시스템은 1세대부터 3세대까지의 구조로 이루어진 것들을 의미하며 개량형 경보시스템은 4세대의 구조를 가지는 것이다.

- 제 1세대(only hardwired configuration); 하나의 측정기로 부터 변수의 편차가 생기면 hardwired wire를 통해 직접 경고창에 지시
- 제 2세대(hardwired with logic configuration); 제 1세대의 개념을 기반으로 운용되나 일부의 신호들은 아날로그 로직에 의해 다중신호를 적절히 혼합하여 하나의 출력신호 생성
- 제 3세대(partially computerized configuration); 제 2세대의 개념을 기반으로 운용되며 동시에 컴퓨터를 사용하여 CRT에 경고표시, 일부 경고처리 알고리즘 사용
- 제 4세대(fully computerized configuration); 모든 경고관련 입력변수들을 중앙 또는 분산컴퓨터를 통해 받아들여 신호검증을 포함한 새로운 알고리즘(경보발생알고리즘, 경고감축 알고리즘, 우선순위 경고 등)에 의해 처리하며, 경고계통이 통합정보계통의 일부로서 운용

경보계통개발은 일반적으로 계통의 설계요건에 따라 계통기능이 선정되고 이들을 구현하기 위한 계통구조 확립, 경고처리기술 접목, 표시기술 및 MMI 기기선정 등이 진행된다. 기존 경고계통의 경우 세대별로 점진적인 개선은 이루어져 왔지만 다음과 같은 기술적 수준이 계통기능 선정시 제약사항으로 되어왔다. 제 1세대 경고계통의 경우 경고신호를 감축하거나 억제시킬 수 있는 기능이 없기 때문에 발전소의 모든 입력신호의 수 만큼 경고창이 필요하다. 제 2세대에서는 관련되는 일부의 신호를 그룹화하여 다중신호를 하나의 경고창에 나타내므로써 경고창의 수를 약간 줄여주고 있다. 컴퓨터를 도입하기 시작하는 제 3세대 경고계통은 hardwired 경고계통의 구조를 기본으로 하면서 주로 정보 취득 목적으로 이를 사용하여 왔다. 따라서 경고신호의 생성이 기본적으로 개폐식(on-off) 접촉(contact)방식에 의해 의존해야 하므로 단순 알고리즘(예 시간지연처리)은 수용이 가능하나, 경고변수값 조작, 설정치 변경 등을 수반하는 새로운 알고리즘은 처리하기 힘들다. 이에 반해 개량형 경고계통인 제 4세대에서는 컴퓨터 및 디지털 표시기술의 도입으로 경고신호처리, 경고생성, 변수조작 등이 가능하므로 어떠한 알고리즘이든지 수용할 수 있을 뿐만 아니라 나아가 발전소 진단기능과 경고요소를 결합시키는 것도 가능하게 됨으로써 경고계통개발시 계통기능 선정상 기술적 제약으로부터 벗어날 수 있게 되었다.

기존의 경고계통들이 비록 나름대로의 설계개념에 따라 컴퓨터를 적용하여 설계되었다 하더라도 개폐식 경고생성 개념을 탈피하지 않는 한 운전원에게 효율적으로 경보를 전달하는 것은 한계가 있다. 인간공학 측면에서의 문제점¹² 외에도 경고신호처리 관점에서의 기존 경고계통의 단점을 요약하면 다음과 같다 ;

- 발전소 과도상태 및 사고시 다량의 경고 동시발생이 불가피하다.
- Dark board 개념을 적용하기 힘들다.
- 경고감축 로직의 사용이 제한된다.
- 동적 경보우선순위 개념을 적용하지 못한다.
- 경고변수의 검증이 어렵다.

기존 경고계통은 위에 기술한 바와 같이 기술적인 한계로 경고계통의 4 가지 기본기능(즉, Alerting, Informing, Guiding, Confirming)을 최소한으로 만족하는데 그칠 수 밖에 없었다. 그러나 개량형 경고계통에서는 각 기본기능을 충분히 만족하기 위하여 운전이 필요한 경고정보를 적절한 때에 제공할 뿐만 아니라 운전원 보조기능(Operator aid)을 한층 강화하고, 나아가 진단기능이나 경고대응 운전절차서까지도 포함하여 개발이 이루어지고 있는 추세이다.⁴⁵ 현재까지 개발되고 있는 경고계통에서 주로 설정되어 사용되는 경고처리 개념은 1) 경고조건은 dark board at power 개념으로 선정하며, 2) 과도상태 및 사고시 발생경보의 수를 줄이고, 3) 불필요한 경고 및 잡음으로 인한 경보를 제거하며, 4) 발전소의 상태 및 운전모드에 따라 경보를 나타내며, 5) 경보의 중요도 및 운전원의 조치가 필요한 정도에 따라 경보의 우선순위를 부여하여 표시하는 것들이다.

3. 개량형 경고처리기술 평가 및 적용성

개량형 경고처리개념을 구현하기 위한 관련기술은 크게 경고 생성처리 및 경고 감축처리, 경고 우선순위화, 경고 그룹핑, 그리고 경고 지시 및 제어 분야로 구분된다. 그러나 이들 각 분야는 독립적으로 존재하는 것이 아니라 상호 중복 또는 밀접한 연관관계에 놓여 있다.

본 절에서는 현재까지 연구, 개발된 경보관련 기술의 후속 원전 적용성을 분석하기 위해 경보처리 기술의 장단점, 적용시 고려사항, 기술적인 이점, 알고리즘을 위한 분석업무 및 경보처리의 복잡성 등이 검토되었다. 여기에서는 기존계통의 개발개념에서 적용되지 아니한 경보생성 및 감축처리, 우선순위화 기술에 대해 중점 논의하고, 표시 및 제어방법에 대해서는 부분적으로 언급한다.

가. 경보생성 및 신호검증(Alarm Generation and Signal Validation)

경보를 생성하기 위하여 기존계통에서는 설정치에 대한 경보변수의 신호편차를 검사하여 이를 벗어났을 때 경보를 발생하며, 경보가 아니면서 순간적으로 발생한 경보신호나 잡음에 의한 경보신호를 제거하기 위해 한계치 검사(Limit Check)나 시간지연을 사용하고 있다. 개량형 경보계통에서는 이외에도 검출기 고장과 같이 발전소계측기기의 비정상동작으로 인하여 발생한 경보를 확인 및 제거하기 위하여 경보신호검증을 수행한다. 신호검증이란 보다 정확하고 신뢰할 수 있는 측정변수값을 제공하기 위하여 다중센서로부터의 출력치를 수학적 알고리즘을 통하여 검증된 하나의 변수 값을 제공하는 것이다. 최근 컴퓨터의 사용으로 기존의 하드웨어적인 방법(유사센서비교, 한계치검사, 계측루프건전성검사, 센서보정검사 등)으로 부터 수학적 알고리즘을 사용하는 소프트웨어적인 방법이 개발되고 있다. 이들은 크게 계통의 모델링에 의한 칼만 필터를 이용하는 해석적인 방법과, 모델링을 사용하지 않고 다중채널에서의 평균값의 차이나 불일치도 검사 등에 의한 고장검출 방법 등 단순한 알고리즘을 사용하는 것이 있다. 전자의 경우 경보계통이 실시간 처리를 요구하고 있다는 점에서 실시간으로 처리하기에는 너무 많은 계산량을 요구하고 있으므로 현재로서는 원자력발전소에 적용하기에는 다소 무리가 따른다. 그러나 경보계통에 첨단 진단기능을 추가한다면 이와 같은 인공지능분야의 신호검증알고리즘의 사용이 고려되어야 한다. 후자의 경우는 잡음과 오차의 영향을 덜 받고 비교적 견실한 추정치를 보여줄 뿐만 아니라 발전소의 모든 상태에서 사용가능하며 계산속도가 빠르고 적용이 간단하여 실시간 처리에 유리하지만 다중 센서의 공통원인고장에 취약하다는 단점도 있다.

나. 경보감축처리(Alarm Reduction Processing)

경보 감축처리는 발전소 운전에 불필요한 거짓경보(nuisance alarms), 다중경보(redundant alarms) 및 중요하지 않은 경보(minor alarms) 경보의 표시를 억제하거나 경보발생을 제거함으로써 운전원에게 운전 중인 발전소 조건에 맞는 중요한 경보만을 제공하여 주는 기술이다.

1) 운전모드에 따른 경보처리 (Mode Dependant Alarm Processing)

발전소 운전모드 또는 조건에 따라 설정치를 변경하거나 불필요한 경보를 제거하는 방법으로서 동적 우선순위화 및 dark board concept을 위해 기본적으로 필요한 기법이다. 현재 개발중인 대부분의 개량 경보계통에 이 방법이 사용되고 있지만 이를 구현하기 위해서는 경보처리를 위한 운전모드 설정이 무엇보다 중요하다. 이를 위해 각 운전 모드를 결정할 수 있는 발전소 변수(예 반응도, 임계도, 온도, 출력, 압력 등)와 기준을 선정하여야 하고 각각의 모든 경보에 대해 모드별 설정치변경 및 제거여부를 분석해야 한다. 또한 운전모드 변경시 이를 운전원이 인식할 수 있는 수단이 제공되어야 한다.

2) 상태경보분리 (Status Alarm Separation)

상태경보는 발전소계통의 운전상태를 나타내주는 중요한 정보이다. 그러나 이들이 운전원의 즉각적인 조치를 필요로 하지 않는 상태지시 및 메시지인 경우 경보계통에서 분리하여 다른 정보기기에서 취급함으로써 운전원의 부담을 줄일 수 있다. 이는 dark board concept을 이루기 위해서 선정할 수 있는 우수한 경보감축 효과를 지니지만 상태경보를 경보계통에서 분리하기 위해서는 이 정보가 다른 표시기기 등을 통해 적절히 표시될 수 있어야만 한다. 따라서 경보변수 선정시와 발전소 정보표시 기기설계시 이에 대한 고려가 병행되어야 한다.

3) 시간지연처리 (Time Delay Processing)

이 방법은 세 가지 부류로 나눌 수 있는데, 설정치 근처에서의 변동으로 인한 chattering을 제거하는 방법과 기기의 기동시에 발생할 수 있는 순간적인 설정치 초과 등으로 발생하는 운전 불필요한 경보를 제거하는 방법, 그리고 대표 경보군(alarm signature)을 구현할 때 상대적으로 덜 중요한 경보를 대표 경보

군 발생후 일정시간 동안 지연시키는 방법이다. 처음 방법은 기존 경보계통에서도 통상적으로 사용되고 있는 기술이며 두 번째 방법은 경보의 원인을 제공하는 기기나 프로세스 상태의 시간지연요소에 대한 사전분석이 요구되지만 분석업무가 특정 기기나 프로세스에 한정되므로 적용시 큰 어려움은 예상되지 않는다. 세 번째 방법은 중요도에 따른 경보처리를 위한 대표경보군 표시의 한 방법으로 사용되는 것으로 이를 위해서는 각각의 사건 발생에 대한 시간에 따른 관련변수들의 변화 및 운전원의 대처능력 등이 고려되어야 한다는 점에서 대규모적인 분석업무가 예상된다. 뿐만 아니라 운전이 필수적이지는 않지만 유용한 정보를 상실할 수 있다는 점에서 적용시 신중을 기해야 한다.

4) 다중설정치처리 (Multi-setpoint Processing)

하나의 공정변수에 대해 다중의 설정치가 존재하는 경보변수에서 발생한 중요도가 낮은 경보는 억제시키는 방법으로서, 운전원의 경보에 대한 주의력이 중요성이 낮은 경보에 집중되는 것을 방지하며 효과적인 경보감축을 보장한다. 그러나 이를 구현할 때 공정변수의 급격한 변동으로 인해 다중경보의 복귀/발생이 급격히 바뀔 경우 운전원이 발생한 중요경보 보다 중요성이 낮은 경보의 복귀에 더 주의를 기울이지 않도록 해야 한다.

5) 교체기법 (Replacement Method)

병렬로 동시에 운전되는 기기에서 발생하는 많은 수의 경보(동일 경보 포함)를 적절한 논리로 만들어진 대표적인 단일 또는 축약된 경보로 표현하는 것으로 일부 기존 계통에서 사용하고 있다. 이를 위해서는 대표경보가 모든 경우의 경보를 포함할 수 있는 지 검토되어야 하며, 운전원에게 각 발생경보에 대한 상세정보를 신속히 제공할 수 있어야 한다. 또한 realarm 기능 등을 부여하여 각각의 경보에 대한 상태변화가 운전원에게 제공될 수 있어야 한다.

6) 기기상태에 따른 처리 (Equipment Status Dependant Processing)

기기 또는 계통의 상태와 공정변수의 상관관계를 이용하여 기기 또는 계통의 상태가 잘 정의된 비정상 상태 (예; out of service)에 있을 때 이에 해당하는 공정변수에 대한 경보표시를 억제하는 기법이다. 이를 구현하기 위해 중요한 것은 발전소 각 운전모드에서 기기 및 계통 구성상태에 따른 공정변수의 상관관계를 분석하는 것이다. 기기 및 계통의 상태를 정의하기 모호한 경우, 예를 들어 여러 상황이 동시에 발생했을 경우, 운전원이 혼란을 느끼지 않도록 해야 한다.

7) First-out

기존 경보계통에서 원자로나 터빈의 정지사고 발생시 이들의 원인파악 등 진단목적으로 적용되고 있다. 이는 사고상태에서 폭주하는 경보들로부터 사고원인을 운전원에게 제공한다는 점에서 운전성을 향상을 위하여 개량경보계통에서도 적용될 필요가 있으며, 원자로정지나 터빈정지와 같이 경보발생패턴이 잘 분석되어 있는 경우 예기치 않은 경보의 발생은 물론 예상된 경보가 발생치 않을 경우도 이를 운전원에게 알려주는 것도 고려되어야 한다. 그러나 이들은 직접적으로 사고원인을 제공한 경보에 비해 일반적으로 중요성이 떨어진다는 점에서 다른 경보처리 기법들에 의해 억제 또는 제거될 가능성이 많을 것으로 기대된다.

8) 원인결과 경보처리 (Cause-consequence Processing)

발전소 과도상태 및 사고발생시 사건의 원인경보와 이로 인한 후속 경보 및 사건과는 큰 관련이 없는 다량의 경보를 구별하고 원인 경보를 제외한 후속경보들은 억제하는 기법으로서, 운전에게 발전소 사건 발생시 사건의 원인을 규명하고 적절한 조치를 취할 수 있도록 지원해 줄 수 있다. 개발시 고려사항으로는 먼저 억제되어야 할 후속경보들이 특정 사건 이외의 또 다른 운전업무에 중요한 요소들로 작용되는지 반드시 검토해야 하며, 운전원이 억제된 결과경보에 대해 이미 인지하고 있다는 확신이 있어야 가능하다. 특히 사건의 진행결과의 심각성에 따라 발전소 안전 또는 운전이 즉각적인 영향을 끼칠 수 있으므로 이들 경보의 억제는 신중해야 한다. 원인결과 경보처리기법의 구현방법은 가장 초보적인 수준의 직접선행자 (direct precursor) 정도의 준위를 분석하여 결과경보를 억제하는 방법부터 시작하여 발전소 진단기능 수준까지 포함하는 방법 등 여러 가지가 있을 수 있으며, 어느 수준으로 구현할 것인가는 발전소 MMIS 상위요건, 계

통의 응답속도, 부하량 등에 의해 일차적으로 좌우되고 보다 복잡한 소프트웨어(지능형 소프트웨어)의 사용이 가능한 지에 따라 좌우될 수 있다. 진단기능 수준은 경보계통이 가지는 근본적인 기능보다 더욱 진일보한 것이지만 현재까지는 이를 구현하기 위해 사용되는 고등 소프트웨어에 대한 확인 및 검증 문제와 알고리즘을 위해 필요한 발전소 분석결과에 대한 불확실성 등이 대두되고 있는 실정이다.

9) 설정치의 동적억제 (Dynamic Suppression Limit)

발전소 운전모드 또는 계통상태의 변화 직후 불안한 공정상태에 의해 설정치가 초과될 수 있는데 이 때 발생하는 경보는 불필요한 경보로서 억제되어야 한다. 이는 시간지연처리와는 달리 한계커브(bounding curve)에 의해 구동되므로 경보변수의 변화는 시간간격 보다는 발전소 상태에 따라 좌우된다. 따라서 이 방법은 시간지연처리방법이 지닌 확실적 경보억제방법보다 한 단계 진보된 방법이라 할 수 있다. 그러나 이를 구현하기 위해서는 많은 운전경험 또는 시뮬레이터 경험에 의해 정의된 발전소 공정지식이 요구된다.

10) 중요도에 따른 경보처리(Minor Alarm Processing)

발전소 사건의 동시 발생시 안전 및 운전에 보다 더 중요한 사건을 부각시키기 위해 이를 먼저 나타내고 나머지 경보군(minor 경보)은 억제하는 방법으로서 발전소 이상상태시 발생하는 다수의 경보들 중 가장 중요한 정보만을 운전원에게 제공한다. 통상적으로 발전소 이상상태에 의해 원자료가 정지되면 나타나는 경보들은 최초사건(initiating event)후 여러 사건들이 뒤따라 발생함에 따라 시간적으로 각각 다른 의미를 갖는다. 따라서 운전원 입장에서 일정한 시간동안 각 경보의 중요도에 차별을 두어 운전원이 알고자 하는 사건에 관련된 주요 경보군을 설정하여 보여준다면 근본적인 발전소 사건원인을 찾고 조치를 취하는데 도움을 줄 수 있다. 그러나 이를 실현하기 위해서는 각 사건에 따른 경보별 상관관계를 분석해야한다. 즉, 발전소 사고를 중심으로 사고의 진행과정, 사고 완화방법 등이 경보신호분석과 관련되어 작업이 이루어져야 한다.

다. 경보 우선순위화 (Alarm Prioritization)

경보 우선순위화는 경보억제/제거처리과정을 거친 경보를 상대적인 중요도에 따라 운전원에게 차별적으로 보여줌으로서 발전소 비정상상태시 운전원의 부담과 혼란을 방지하기 위한 기법이다. 기존 경보계통에서도 경보의 우선순위에 대한 분류는 적용되어 왔지만 운전모드나 공정조건을 반영치 않은 정적 우선순위화라는 차원에서 운전원에게 진일보한 경보체계로서의 역할을 수행하지는 못하였다. 개량형 경보계통에서의 경보 우선순위화는 기존계통에서의 디스플레이 중심의 것과는 달리 감축 처리된 경보를 컴퓨터에 의해 특정한 논리로 구성된 우선순위화 처리과정을 거친 후 일정한 경보표시 기기에 경보 중요도에 따라 시각적, 청각적인 차별성을 부여한다. 또한 운전모드나 공정조건에 변화조건을 수용하여 경보별로 상대적인 중요성을 구분하는 동적 우선순위를 부여함으로써 비정상상태시 과도한 경보발생에 기인하는 운전원의 부담을 경감시킬 수 있다.

경보 우선순위화를 위한 방법으로는 발전소 안전에 영향을 주는 정도에 따라 우선순위를 부여하는 방법, 기술지침서 위배정도에 따른 방법, 운전원 조치시간의 긴급성을 고려하는 방법 등이 있는데 이들은 상호 긴밀하게 연관되어 있으며 독자적으로 운용될 때는 어느 한쪽에 결정적인 약점을 노출시킬 수 있다. 원자력 발전소는 성능향상을 통한 발전소 이용률 향상과 사고예방 및 완화를 통한 발전소 안전증대라는 두 가지 목표를 동시에 만족해야 하므로 만일 경보 우선순위에서 안전기능만을 강화한다면 계통 또는 기기의 손상 등으로 인한 발전소 이용률 저하를 효과적으로 예방할 수 없다. 역으로 발전소 이용률 측면을 강화한다면 반대의 현상이 나타난다. 따라서 발전소 안전 및 이용률이 적절한 균형을 이루도록 상기의 방법들에 대해 적절한 가중치를 부여하여 혼합된 우선순위를 결정해야 한다.

우선순위 알고리즘 개발시 고려해야할 또 다른 요인은 우선순위 종류가 4가지 이내로 제한해야 한다는 것이다. 그 이상이면 운전원이 우선순위 종류에 대해 과도한 신경을 쓰게됨으로써 우선순위화의 장점 자체를 상쇄시킬 수 있기 때문이다.

라. 경보 그룹핑 (Alarm Grouping)

컴퓨터 중심의 제어실은 운전원 작업공간의 축소로 인해 제어실 내의 표시영역이 현저하게 감소되었지만 기존 제어실에 비해 훨씬 많은 양의 정보를 취급하게 한다. 이러한 측면에서 경보의 그룹핑은 기존 경보의 그룹핑 보다 더욱 절실하게 요청된다. 경보 그룹핑을 위한 방법으로는 제공되는 정보의 특성에 따라 정보준위에 의한 방법, 경보의 우선순위에 의한 방법, 발전소 안전성 및 운전성에 의한 방법, 발전소 계통분류에 의한 방법 등이 있다. 상기 방법들은 대부분 발전소 안전 및 성능 중대라는 운전목표에 접근하며 상호 중복되므로 적절히 조합하여야 하지만 근본적으로 경보 그룹화는 발전소 기능 및 직무분석을 바탕으로 한 제어실 기기배치, 정보 및 경보 개발요건에 의존한다.

마. 경보표시 및 제어 (Alarm Display and Control)

경보표시 및 제어는 경보 정보를 운전원이 부담을 덜 느끼면서 파악할 수 있도록 적절하게 표시하고 운전원이 경보를 발견하였을 때 경보인식(acknowledge) 복귀(reset), 음향제거(silence), 시험(test)등 상황에 맞는 적절한 제어행위를 하는 것을 의미한다. 경보표시 및 제어에서 대표적으로 고려해야 할 사항들로서 중요한 경보에 대해 공간적 할당 및 연속표시, CRT를 이용한 그래픽 표시, 대형화면에 경보표시, 시각적 코딩과 청각적 코딩의 일관성, 높은 우선순위 경보표시, 경보제어의 일관성 등이 있다.

개량형 경보표시 및 제어의 특징은 기존 경보계통에서 다른 정보기능을 수행하는 계통과는 독립되어 있는데 반해 제어실 내의 전체 정보계통의 한 부분으로 존재한다는 것이다. 따라서 경보의 표시 및 제어전략은 경보계통 설계의 한 부분인 동시에 전체 종합정보계통의 한 영역으로 취급되어야 한다.

4. 결 론

국내 후속 원자력발전소에 개량된 경보처리기법을 적용하기 위한 기술개발과정으로써 경보처리기술의 장 단점을 평가하고 적용기술들의 타당성을 검토하였다. 분석결과 기존 경보계통의 경우 경보생성논리의 한계성으로 인해 새로운 경보 알고리즘을 적용하는데 한계가 있는 것으로 나타났으며, 개량형 경보계통에서는 많은 고등 경보 알고리즘이 수용 가능하나 제어실 설계에 따른 경보표시기기의 배치 및 운용은 특정 경보처리 알고리즘의 수용에 제약을 주는 것으로 나타났다. 앞서 기술된 모든 경보처리기술들은 개량형 경보계통에서 대부분 수용 가능한 것으로 판단되나, 경보신호와 관련된 공정기기 및 프로세스의 분석이 적용기술에 따라 정도의 차이는 있겠지만 필히 수반되어야 하며 이들 분석결과에 대한 확인 및 검증업무가 뒤따라야 한다는 점에서 개발과정 상의 어려움으로 대두될 것이다. 뿐만 아니라 방대한 정보를 처리하기 위하여 사용된 소프트웨어 개발과정에 대해서도 동일한 문제가 존재한다.

따라서 후속호기를 대비한 개량형 경보계통 개발시 이러한 개발환경에 대한 현재의 기술수준에 비추어 발전소 MMIS 요건에 따른 경보개발 요건을 설정하고 사용되는 제어실 구성기기의 특성을 고려하여 경보계통의 기능 및 범위를 정확히 파악한 후 적용기술의 선정 및 이들의 적용범위를 결정해야 한다.

참고문헌

1. EPRI NP-2411, "Human Engineering Guide for Enhancing Nuclear Control Rooms", EPRI, May, 1982.
2. NUREG/CR-3987, "Computerized Annunciator Systems, U.S. NRC, June, 1985.
3. NUREG/CR-2776, "Alarms within Advanced Display Systems; Alternatives and Performance Measures", U.S. NRC, September, 1982.
4. NUREG/CR-6105,, "Human Factors Engineering Guidance for the Review of Advanced Alarm Systems", U.S. NRC, September, 1994.
5. I.S. Kim, "Computerized Systems for On-line Management of Failure: a State-of-art Discussion of Alarm Systems and Diagnostic Systems Applied in the Nuclear Industry", Reliability Engineering and System Safety, p. 279-295, Vol.44, 1994.