

개량형 제어실의 전산화절차서 평가
Evaluations of the Computerized Procedure System
at an Advanced Main Control Room

민대환*, 정윤형**, 김복렬**

* 고려대학교, 충남 연기군 조치원읍 서창동 208

** 한국원자력안전기술원, 대전시 유성구 구성동 19

요약

건설 계획중인 차세대 원전의 개량형 주제어실에서 인간-기계 연계 계통의 기술적 특성에 획기적인 변화가 예상되는데, 전산화절차서에 관하여 많은 논란이 있다는 점을 인식하여, 본 논문에서는 전산화절차서에 관한 평가를 수행하였다. 전산화절차서를 평가하기 위해 지침평가와 실증평가를 병행하였다. 먼저, 발표된 전산화절차서 평가 지침들을 조사한 후, 제시된 지침을 적용하여 현재 개발 중에 있는 전산화절차서에 대한 평가를 실시해 보고 개선안을 제안하였다. 하지만, 전산화절차서에 대해 제기된 새로운 현안들에 대해서는 아직 제시된 평가 지침이 없어서 개발 중인 전산화절차서를 운전팀이 사용하는 과정을 관찰함으로써 현안들과 관련된 실증 평가를 실시하였다. 본 연구의 결과는 앞으로 개발되는 개량형 주 제어실의 전산화절차서를 평가하고 개선함으로써 안전성을 확보하기 위한 자료로 활용될 수 있으리라 예상된다.

Abstract

An advanced main control room is planned for the next generation of nuclear power plants in Korea. Among the new features of the advanced main control room, a lot of controversies exist about the CPS(computerized procedure system). This paper presents the result from two evaluations on the CPS. First, an evaluation was conducted on the basis of guidelines recommended by regulation agencies or utility companies. This paper indicates some deviations from guidelines and suggests corrections. However, there are several issues for which guidelines do not exist currently. For those issues, the second evaluation was conducted empirically by observing the process of executing an emergency operating procedure by an operating team. We hope that the result from these evaluation would contribute to future improvements and safety of the CPS.

1. 서론

향후 건설될 차세대 원전에서는 각종 계측제어 설비가 디지털 방식으로 변화 발전되어 가면서 주제어실의 인간-기계 연계방식에서도 컴퓨터화가 진전되고 있다. 종래의 계기판이나 조작장치 대신 다양한 정보표시장치와 컴퓨터 시스템을 통하여 각종 계통의 상태를 파악하고 필요한 제어지시를 내리는 운전이 이루어진다. 즉, 인간-기계 연계 계통의 기술적 특성에 획기적인 변화가 예상되므로 개량형 제어실의 운전업무 특성을 파악하여 인간-기계 연계 평가방안이 정립되어야 한다. 특히, 각종 계통의 상태를 알려주고 디지털 제어장치를 조작하기 위해 운전원 그룹에게 정보표시장치를 통해 많은 양의 정보를 제공하므로 이에 대한 다각적인 평가가 상당히 중요하다. 따라서, 안전성을 높이기 위한 규제기술로서 개량형 주제어실의 인간-기계 연계를 평가하는 방법을 개발할 필요가 있다.

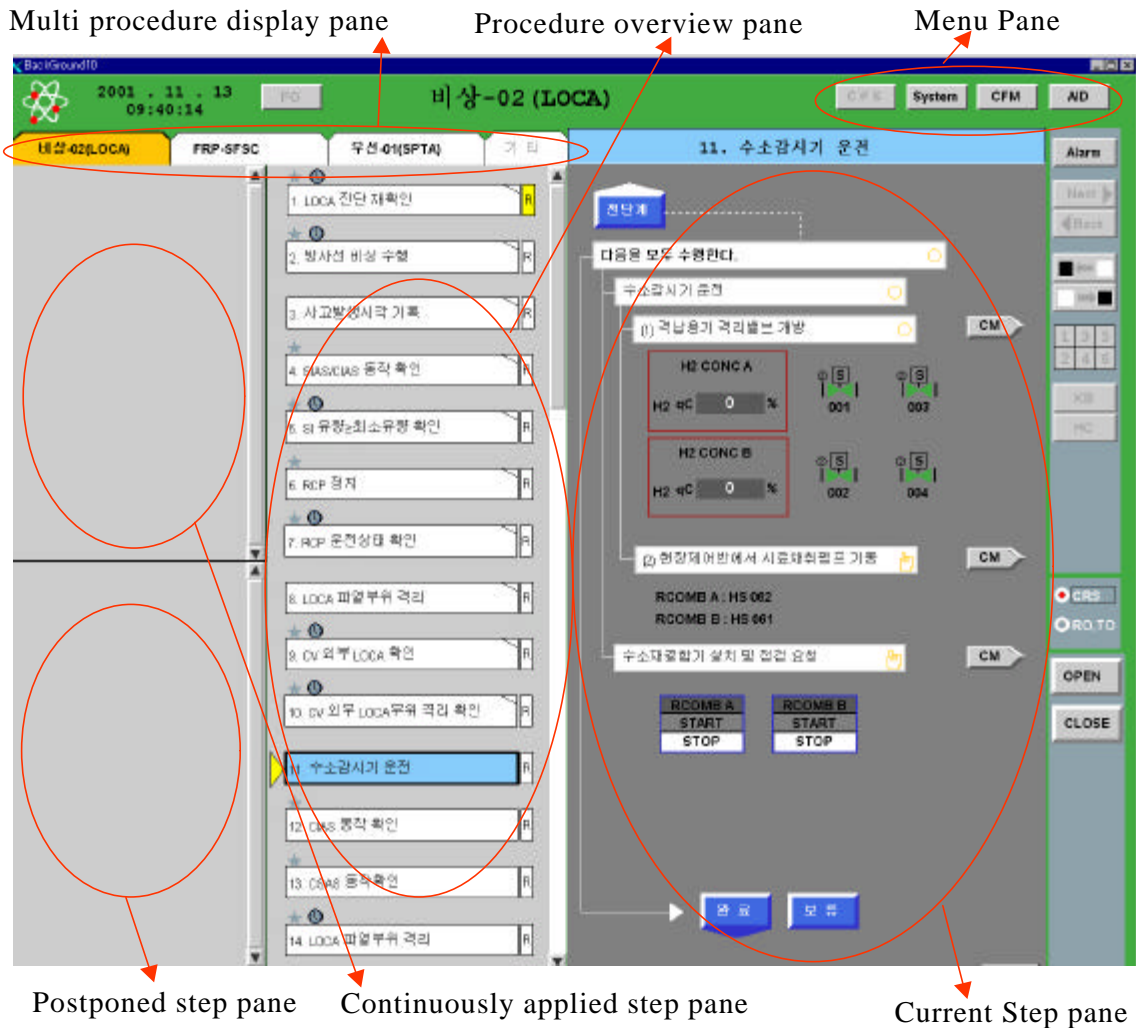
개량형 제어실에서의 인간-기계 연계 체계는 시각정보표시(visual information display), 소프트웨어(soft control), 전산화절차서, 경보시스템의 항목으로 구성되어 있다. 각 항목의 특성을 파악하여 이를 평가하기 위한 방법론을 정립할 필요가 있는데 이는 장기적으로 지속적인 연구를 필요로 한다. 그 중에서 전산화절차서에 관하여 많은 논란이 있다는 점을 인식하여, 본 논문에서는 평가 대상의 범위를 전산화절차서로 제한하여 전산화절차서에 관한 평가를 시도하고자 한다.

전산화절차서를 평가하기 위해 지침평가와 실증평가를 병행하였다. 먼저, 지침서를 중심으로 한 평가를 실시하는 것이 바람직한 것으로 판단되어 발표된 전산화절차서 평가 지침들을 조사하여, 제시된 지침을 적용하여 현재 개발 중에 있는 전산화절차서에 대한 평가를 실시해보고 개선안을 제안하였다. 하지만, 전산화절차서에 대해 제기된 새로운 현안들에 대해서는 아직 제시된 평가 지침이 없어서 개발 중인 전산화절차서를 운전팀이 사용하는 과정을 관찰함으로써 현안들과 관련된 실증 평가를 실시하였다.

2. 전산화절차서에 대한 지침 평가

개량형 제어실은 대형표시장치 (LDP: Large Display Panel), 세 세트의 제어용 Workstation, 두 세트의 감독용 Workstation, 비상(backup)용 Safety Console로 구성되어 있다. 대형표시장치는 좌측에 CSF (Critical Safety Function)와 SP (Success Path)를 고정 타입의 형태로 보여주고, 중앙에 발전소의 주요 계통, 설비/장치들, 공정 변수들을 고정 mimic로 보여주며, 우측에 경보창을 보여준다. 발전소의 전반적인 제어용 Workstation은 발전과장 (CRS: Control Room Supervisor), RO (Reactor Operator), TO (Turbine Operator)가 사용하며, 감독용 Workstation은 발전부장 (SS: Shift Supervisor), 안전과장 (Shift Technical Advisor)이 사용한다. 그 중에서 각 세트의 제어용 Workstation은 4대의 표시장치로 구성되어 있는데, 발전과장용 Workstation은 좌측부터 CPS 보조화면, CPS 주화면, IPS (Information Processing System) Mimic 화면, 경보 화면으로 구성되며, RO/TO용 Workstation은 좌측부터 Trend/CPS 화면, IPS Mimic 화면, IPS Mimic 화면, 경보화면으로 구성된다. RO나 TO의 Mimic 화면에서는 소프트웨어 기능이 제공되어 제어행위를 실행할 수 있지만, 발전과장의 Mimic 화면에서는 제어행위를 실행할 수 없도록 제어기능이 억제

(disable)되어 있다.

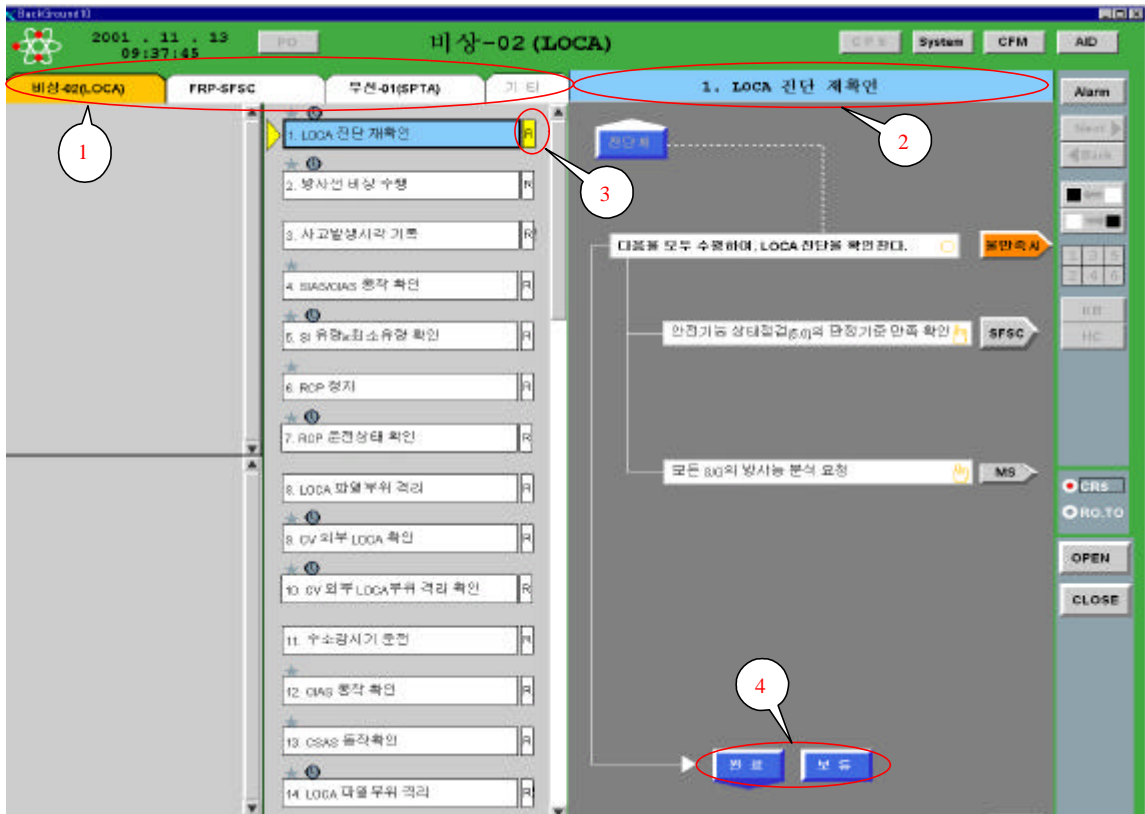


<그림 1: CPS 주 화면의 구성>

CPS의 주 화면은 <그림 1>에서 보여주는 바와 같이 menu pane, 현재 열린 절차서의 제목을 보여주는 multi-procedure display pane, 계속수행단계 창 (CAS: continuously applied step pane), 보류 단계 창 (postponed step pane), 절차를 구성하는 단계들을 순차적으로 보여주는 절차 개요 창 (procedure overview pane), 현행 단계를 구성하는 부 단계들을 보여주는 현행 단계 창 (current step pane)으로 구성된다.

적용된 평가 지침은 NUREG-0700 Rev. 1에 포함된 정보표시 (information display)에 관한 지침과 NUREG/CR-6634 ‘전산화절차서의 인간공학적 설계 검토를 위한 지침’이다. 여기에서는 평가 지침에 따라 지적하고 추천한 사항들을 일부만 예시한다.

(a) LOCA-단계 1의 화면에 대한 지침 평가



<그림 2: LOCA-단계 1의 화면 구성>

NUREG-0700 1.1-2 Display Conventions

Consistent interface design conventions should be evident for all display features (such as labels).

NUREG-0700 1.1-16 Demarcation of Groups

When information is grouped on a display, the groups should be made visually distinct by such means as color coding or separation using blanks or demarcation lines.

NUREG-0700 1.1-33 Coding Display Items Requiring Rapid Discrimination

Coding should be provided when a user must distinguish rapidly among different categories of displayed data.

NUREG-0700 1.1-48 Display Background Color

A single non-distracting background color should be used that has a hue/contrast which allows the data(foreground) to be easily visible and which does not distort or interfere with the coding aspect of the display.

① 다수의 절차서가 open되어 있는 경우에, 현재 화면에 보여주는 절차개요창 (Procedure overview pane)이 어느 절차서 인지를 표시하기 위해 tab(제목 부분)의 색상을 진노랑색으로 하여 눈에 띈다. 하지만, 선택된 절차서의 tab과 절차개요창이 떨어져 있어서 열린 절차개요창이 어느 절차서인지의 표시가 바람직하지 않다.

추천안: 일반적으로 tab과 절차개요창의 배경색을 동일한 색으로 하는 것이 바람직한데(NUREG-0700 1.1-33), tab의 바탕색을 진노랑색으로 하는 것은 내용보다 바탕색이 시선을 끌게 되어 바람직하지 않다 (NUREG-0700 1.1.-48). tab의 바탕색을 절차개요창의 배경색과 동일한 옅은 회색으로 하고 tab의 label인 '비상-02(LOCA)'라는 문자의 색상을 진노랑색으로 하고 다른 tab과의 구분선(demarcation line)을 절차개요창의 끝까지 긋는 것이 바람직하다(NUREG-0700 1.1-16).

② 절차개요창 위의 tab들과 현행단계창(current step pane)의 상단부의 tab이 간격도 없으면서 모양이 큰 차이가 없어서 좀 더 확실한 시각적 구분을 할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

추천안: 절차개요창의 tab 크기를 조금 줄여 현행단계창의 tab과 간격(blanks) 을 두고 (NUREG-0700 1.1-16), 현행단계창의 tab 모양을 절차개요창의 tab 모양과 달리, 예를 들면 사다리꼴로 바꾸는 방안을 생각해 볼 수 있다 (NUREG-0700 1.1-33).

③ RO나 TO의 현재 단계를 표시하는 mark로 단계 실행 운전원을 나타내는 상자의 색상을 모두 노란색으로 채워서 표시하고 있는데, CRS가 RO나 TO의 현재 단계를 구분하여 파악할 수 없다.

추천안: RO와 TO의 현재 단계를 다른 색상으로 표시하는 것은 전체 화면의 사용 색상의 종류가 너무 많아져 바람직하지 않다. RO의 위치가 좌측이므로 RO의 현재 단계에는 좌측 빗금으로 표시하고, TO의 위치는 우측이므로 TO의 현재 단계에는 우측 빗금으로 표시하며, RO와 TO의 현재 단계가 동일하면, 좌측 빗금과 우측 빗금을 겹쳐 표시하는 방안을 생각해 볼 수 있다 (NUREG-0700 1.1-33).

④ '완료', '보류' 단추(button)의 간격이 너무 좁고 모양이 유사하다 (LOCA 단계 2, 3, 11의 화면에서도 나타남).

추천안: '완료', '보류' 단추의 간격과 위치를 LOCA-단계 6에서와 동일하게 하여(그림 3 참조) 일관성을 유지하는 것이 바람직하다 (NUREG-0700 1.1-2).

(b) LOCA-단계 6의 화면에 대한 지침 적용

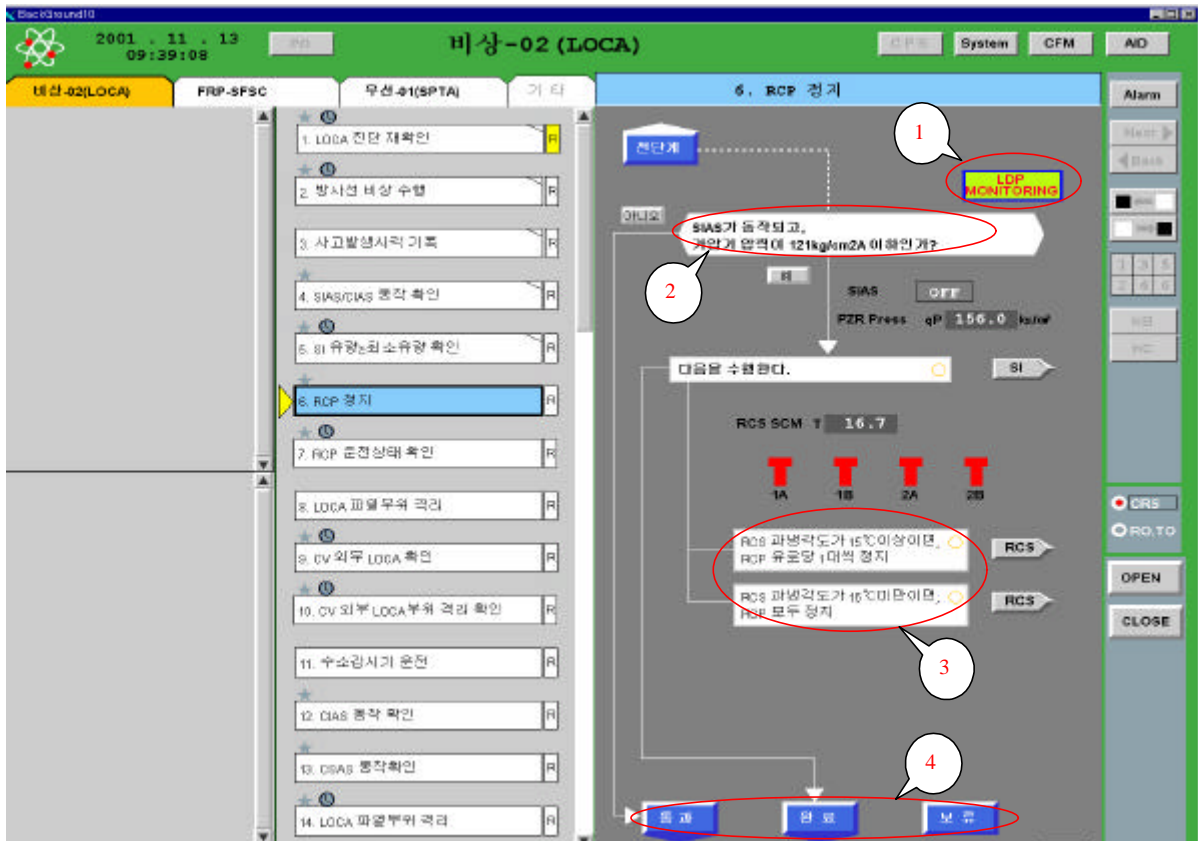
NUREG-0700 1.1-39 Highlighting Text Displays
When critical text merits emphasis to set it apart from other text, that text should be highlighted by bolding/brightening or color coding or by some auxiliary annotation.

NUREG-0700 1.1-35 Consistent Coding Across Displays

Consistent meanings should be assigned to codes, from one display to another.

NUREG-0700 1.2.7-2 Single Decision at Each Step

Only a single decision should be required at each step.



<그림 3: LOCA-단계 6의 화면>

① LDP Monitoring을 권고하는 메시지가 깜박거리(blinking), 색상이 눈에 띄어 saliency 효과는 좋은데 (NUREG-0700 1.1-39), LDP Monitoring을 권고하는 수준이고 강제하는 수준은 아니다.

추천안: 단계6을 수행하기 전에 반드시 LDP monitoring을 하도록 강제하는 수준이 바람직하면, 아래에서 가압기 압력을 보여주지 말고 입력시키든지 확인 단추를 누르도록 하는 것이 좋다. 권고하는 수준이 바람직할 지, 강제하는 수준이 바람직할 지는 의사소통의 필요성, 상황파악(situation awareness)에의 기여도, 편리성 등을 전체적으로 고려하여 결정되어야 한다.

② 하나의 부단계(substep)에서 두가지 조건을 검사하는 것은 바람직하지 않다.

추천안: 두개의 조건으로 분리하여 두개의 부단계를 만들어 하나의 부단계에서는 하나의 조건만을 검사하도록 표현해야 한다 (NUREG-0700 1.2.7-2).

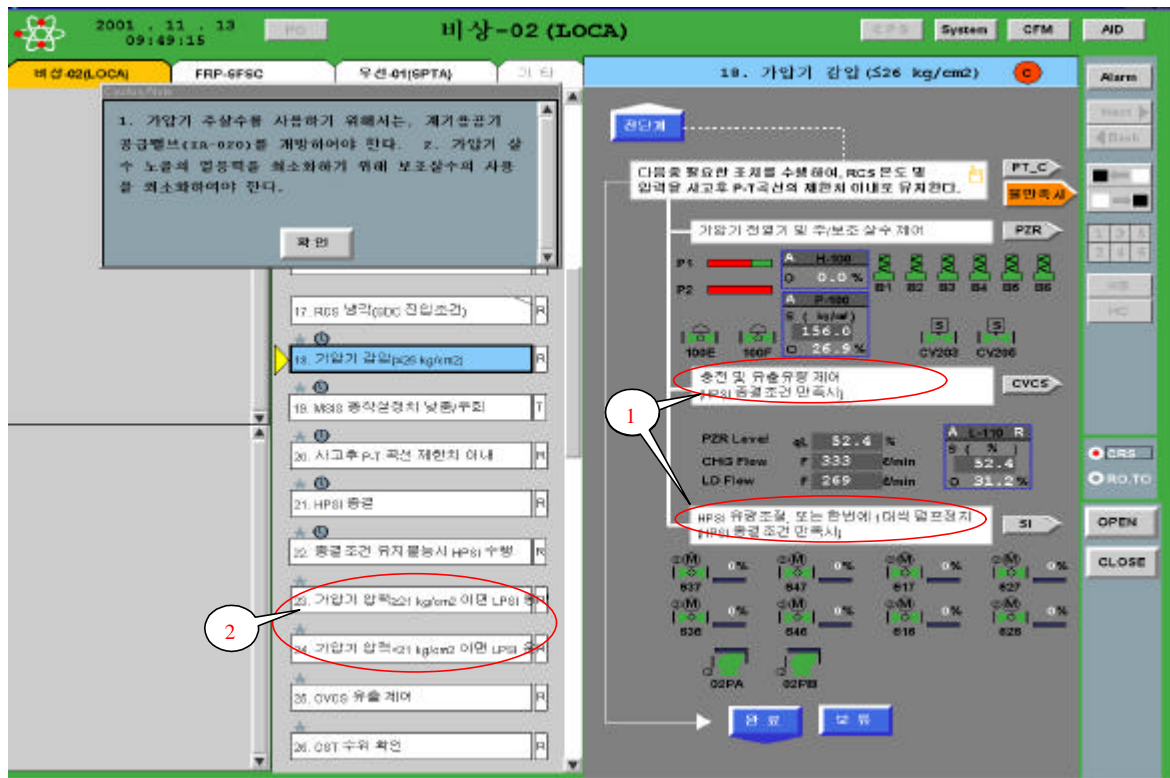
③ RCS 과냉각도가 15도 이상인지 이하인지에 따라 적절한 대수의 RCP를 정지시키는데, 선택구조로 되어 있지 않고 순차구조로 되어 있어 둘 다 모두 수행해야 하는 것처럼 보이지만 실제로는 둘 중의 하나만 실행한다.

추천안: 선택구조로 표현하려면 더 많은 공간을 필요로 하는데 이 화면은 공간이 부족하지 않고, 선택구조의 일관성을 위해 자연스럽게 해독이 가능한 선택구조로 표시하는 것이 더 바람직하다 (NUREG-0700 1.1-35).

④ ‘통과’, ‘완료’, ‘보류’ 단추가 너무 유사하다.

추천안: 단추의 모양이나 배경의 색, 명암, 질감을 달리하는 것을 생각해 볼 수 있다. ‘통과’, ‘완료’ 단추의 모양을 ‘전단계’ 단추의 모양과 대칭인 모양을 하는 것도 하나의 대안이다 (NUREG-0700 1.1-33).

(c) LOCA-단계 18의 화면에 대한 지침 적용



<그림 4: LOCA-단계 18의 화면>

NUREG/CR-6634 10.1.2-15 Specification of Preconditions for Steps

The procedure should specify any conditions that must be met before an action can be undertaken.

① "충전 및 유출유량 제어 (HPSI 종결조건 만족시)", "HPSI 유량조절 또는 한번에 한 대씩 펌프정지 (HPSI 종결조건 만족시)" 라고 되어 있는 표현은 조치가 먼저 서술되고

조건이 뒤에 서술되어 바람직하지 않다.

추천안: 두 개의 조치가 동일한 조건하에서 이루어져야 하므로 선택구조를 만들어 “HPSI 종결조건을 만족시”를 조건으로 분리하고 “예” 이면 “충전 및 유출유량 제어”와 “HPSI 유량조절, 한 번에 한대씩 펌프 정지”를 LOCA-단계 15처럼 하여 일관성을 유지하는 것이 바람직하다 (NUREG-0700 1.1.20). 도저히 공간상의 문제를 해결할 수 없는 경우에만 “HPSI 종결조건 만족시 충전 및 유출유량 제어”, “HPSI 종결조건 만족시 HPSI 유량조절 또는 한번에 1대씩 펌프정지”로 문장을 수정한다 (NUREG/CR-6634 10.1.2-15).

② LOCA-단계 23, LOCA-단계 24는 뒷부분의 글씨가 보이지 않는다.

추천안: 단위부호를 작게 하거나 생략하는 방안이나, 절차개요창의 폭을 확장하는 방안을 고려할 수 있다.

3. 전산화절차서에 대한 실증 평가

평가를 실시한 과정, 평가 결과는 다음과 같다.

(a) 평가 과정

먼저 무엇을 평가할 것인지, 즉 평가 항목으로는 이전의 PV2(Preliminary Verification test) 평가에서 발견된 5개의 지적사항, PV3에서 발견된 1개의 지적사항, 전산화절차서에 대해 제기된 현안의 일부를 포함한 6개 사항 중에서 5개 사항에 대해서는 관찰평가의 대상에서 제외하고, 그 중 일부는 운전원의 주관적 평가를 실시하였다. 자료원에 따라 분류한 평가항목은 <표 1>과 같다.

평가 항목을 적용할 평가 대상 과업으로는 현재 CPS에 구현된 절차서인 우선-01(SPTA), 우선-02(DE), 비상-02(LOCA), 비상-03(SGTR), LOOP, ESDE 중에서 LOCA와 SGTR을 선정하였다. 두 과업은 LOCA, SGTR을 CPS로 절차를 종료하기까지 수행하는 것이고, 셋째 과업은 LOCA를 CPS로 수행하는 도중에 CPS가 작동 불능 상태가 되어 서류 절차서로 이어서 계속 수행하도록 하였다.

3인으로 구성된 운전팀(발전과장, RO, TO)에게 세 개의 과업을 수행하도록 하여, 과업을 수행하는 과정을 관찰하면서 평가 항목에 대한 평가를 실시하여 이미 제기되었던 문제들이 해결되었는지 여부와 절차서 수행과정 중에 새로운 문제점이 발생하는지를 관찰자들이 기록하였다. 절차서를 수행한 후에는 참가자들에게 평가항목에 대해서 의견을 묻는 설문지를 배포하여 주관적인 평가 자료를 수집하였다.

(b) 평가 결과

절차서를 수행하는 과정을 관찰하고, 절차서를 수행한 후에 각 평가항목에 대해 지적한 사항은 다음과 같다.

<표 1: 평가 항목 목록>

번호	평가 항목	자료원
1	계속수행단계 창에 너무 많은 단계가 등록	PV2
2	다수의 절차서 수행시 계속수행단계 창에 등록된 단계들이 어느 절차서의 단계인지 구분이 되지 않음	PV2
3	확인표시단추(checkbox)가 너무 많아 작업부하가 증가	PV2
4	주의/노트 창의 위치가 불편	PV2
5	RO/TO에게는 place keeping 기능 불필요	PV2
6	RO/TO용 CPS 화면의 위치	PV3
7	비상절차서 수행시 전산화절차서에서 서류절차서로의 전환	현안
8	열쇠구멍 효과	현안
9	팀 성과	현안
10	상황 인식	현안
11	Saliience coding	현안
12	정보표시화면의 구성	현안

가. 계속수행단계 창에 너무 많은 단계가 등록

기존 서류절차서에 기록된 대로 계속수행단계를 등록하면 CAS 창에 너무 많은 단계들이 등록될 수 밖에 없다. 그래서, 설계팀에서는 계속수행단계를 분석한 결과 추후 점검이 필요한 단계와 조치가 필요한 단계로 세분할 필요성을 반영하여 절차개요창의 CAS 단계에 대해 구분 표시하였다. 평가에 참여한 팀이 절차서 수행 중에 CAS 창에 등록된 단계는 단 하나 뿐이었다. 너무 많은 단계가 CAS창에 등록되는 문제는 해결이 되었다.

하지만, 계속수행단계를 CAS에 등록시키는 근본적인 기준에 대해 다시 한번 검토할 필요가 있다. 서류절차서나 CPS에 계속수행단계로 표시된 많은 단계들이 CAS창에 등록되지 않은 상태로 수행되었다는 것은 CPS가 자동으로 점검기능이나 조치기능을 수행했음을 의미할 수 있기 때문이다. 따라서, CPS가 제공하는 자동기능이 심성 모형의 형성이나 상황 인식에 부정적인 영향을 미치지 않는지 여부에 대해서는 추가적인 평가연구가 필요하다. 각 단계에 대해 점검이 필요한지, 조치가 필요한지를 나타내는 icon이 직관적으로 의미를 이해할 수 있는 것이 아니라는 지적이 있었다.

나. 계속수행단계 창에 등록된 단계의 절차 구분 미비

이번 실증평가에 사용된 시나리오는 여러 개의 절차서를 동시에 수행해야 하는 상황이 아니어서 이 문제가 해결이 되었는지를 평가할 수 없었다.

다. 확인표시단추(checkbox)가 너무 많아 작업부하가 증가

불필요한 checkbox가 존재한다면 제거해야 하지만, checkbox의 숫자 자체는 그리 큰 문제가 아니다. 오히려 auto-check 기능을 무작정 제공하는 것은 바람직하지 않으며, 절차서

의 각 단계에서 상황 인식에 중요한 checkbox는 편의성을 다소 희생시키더라도 운전팀원의 명시적인 확인을 요구하는 것이 바람직하다.

라. 주의/노트 창 위치가 불편

주의/노트 창 위치는 불편하지 않다고 모든 참가자가 응답하였으므로 이 문제 자체는 해결이 되었다. 하지만, 다음 단계로 넘어가기 위해 현행 단계의 '완료' 단추를 누를 때에 주의/노트 창이 자동으로 사라지도록 하면 '창닫기' 단추를 먼저 눌러야 하는 불편함을 제거할 수 있다. 또한, 주의/노트창에 주의사항에 관련된 공정변수 값을 제시하면 공정변수 값을 찾으러 가는 항해(navigation) 동작을 줄일 수 있다.

마. RO/TO에게는 place keeping 기능 불필요

CPS가 제공하는 place keeping 기능이 RO/TO에게는 불필요하여 이 문제는 해결되었다.

바. RO/TO-용 CPS 화면의 위치

CPS를 보여주는 화면의 위치가 RO/TO의 경우에는 좌측 끝이다. 정상 운전시에는 좌측부터 Trend, Mimic, Mimic, Alarm 순으로 화면이 배열되어 있고, 비상운전시에는 좌측부터 CPS, Mimic, Mimic, Alarm 순으로 배열된다. 발전과장의 경우에는 좌측부터 보조화면, CPS, Mimic, Alarm 순으로 배열되어 있어서, RO/TO와 발전과장의 화면 배치는 일관성이 없지만, RO/TO 개별적으로 일관성이 유지되어 있어서 이 문제는 해결되었다.

사. 비상절차서 수행시 전산화절차서에서 서류절차서로의 전환

CPS로 절차서를 수행하는 도중에 CPS를 중지시키고 절차를 계속 진행하도록 한 과업을 수행한 운전팀은 이구동성으로 불편함을 지적하였다. 이는 CPS가 제공하는 편리한 기능과 정보에 비추어 당연한 반응이다. CPS가 중지되는 경우를 대비하여 절차서의 진행 과정을 프린터로 logging을 해 놓으면, 서류절차서로 전환하는 초기에 감당해야 하는 많은 기억 부담을 줄여줄 수 있다. 좀 더 바람직한 해결 방안은 CPS를 fault-tolerant 시스템으로 만들거나, backup system를 확보하는 것이다.

아. 열쇠구멍 효과

다수의 절차서를 병렬적으로 수행하는 상황에서 쉽게 발생하는데, 실증평가에 사용된 시나리오에서는 열쇠구멍 효과가 나타나기 어려웠다.

자. 팀 성과

CPS를 사용하여 절차서를 수행하는 경우에는 모든 단계를 복명 복창하도록 요구하는 것은 불필요하지만, 운전팀 전체가 정보를 공유하기 위해서는 적어도 중요한 단계나 중요한 상태변수는 큰 소리로 말할 필요가 있다. 과업을 수행했던 운전팀의 발전과장은 의식적으로 RO/TO와 분명한 의사소통을 하고 있었다. 하지만, 현재의 CPS를 사용하면 의사소통은 전적으로 발전과장의 자의적인 판단과 개인적인 성향에 따라 이루어지고 있는 실정이다. 따라서, 절차서 수행에 중요한 정보를 의사소통을 통해 공유하도록 CPS 자체

에 의사소통을 강제화할 수 있는 방안을 필요로 한다.

한편, 과업을 수행하는 중에 몇 번에 걸쳐 의사소통이 제대로 되지 않은 상황이 관찰되었다. 잦은 경보음으로 인해 잘 들리지 않는 경우가 있었고, 발전과장의 지시사항이 운전원에게 정확히 전달되지 않아 발전과장의 예상과는 다른 장치의 조작이 이루어졌고 한참 후에 발전과장이 이를 파악하고 보완하는 지시를 내린 경우가 발생하였다. 이런 상황은 CPS 자체의 문제로 인한 것은 아니며, 경보시스템에서 경보음을 납발한 결과이거나 발전과장의 지시가 충분히 구체적이지 못한 결과이다. 물론, 발전과장의 지시가 충분히 구체적이지 못하더라도 팀이 오랜 시간동안 공동작업을 해왔더라면 전혀 문제가 되지 않을 수도 있다. 하지만, 현실적으로 충분히 발생가능한 상황이므로 CPS를 사용하는 경우의 의사소통 protocol을 정립하여 운전팀에게 충분한 훈련을 시킬 필요가 있다.

차. 상황 인식

상황 인식을 객관적으로 평가해보지는 못하였으나, 절차서 수행 후에 참여자들에게 절차서 진행 중에 상황 인식 정도를 질문하였을 때, 한 참여자는 자신의 상황 인식 수준이 상당히 낮았다고 생각하고 있었다. 이 현안에 대해서는 발전소 공정의 전문가와 평가자가 절차서 진행중의 중요한 시점에서 운전팀원이 상황을 제대로 인식하고 있는지를 점검하는 평가 방식으로 추후 평가가 이루어져야 한다.

카. Salience coding

화면에서 특정 정보를 표현하는 색상이나 모양을 눈에 띄게 하는 것을 의미한다. 발전과장이 보는 CPS 화면의 절차개요창에서 RO/TO의 현행 단계를 우측에 노란 색으로 표시하였는데, RO가 보는 CPS 화면의 현행 단계와 TO가 보는 CPS 화면의 현행 단계가 구분이 되지 않는다.

타. 정보표시화면의 구성

관찰시에 직접 평가하지는 않았으나, 발전과장과 운전원들이 CPS가 제공하지 않는 정보를 찾아가는데 어려움이 있음을 지적하였다.

파. 주관적 평가 결과

운전팀원들은 전반적으로 CPS를 호의적으로 평가하였다. 나열한 평가항목에 대해서 의견을 묻는 질문을 하여, 보통 미만의 평가를 받은 항목에 대해서만 정리하면 다음과 같다. CPS 중지시 서류절차서로 전환하는 과정 자체에 대해 정확성이나 작업부담 측면에서, checkbox의 숫자에 대해서는 작업부담 측면에서, 팀 구성원간의 의사소통 측면에서, CPS가 제공하는 단계 수행에 필요한 정보의 명료성 측면에서, 주의/노트 창의 작업부담 측면에서 보통 미만이라고 응답하였다.

(c) 미해결 사항

평가를 통해 발견된 미해결사항은 다음과 같다.

- 다수의 절차서를 병렬로 수행시 계속수행단계 창에 등록된 단계의 구분 불가
- 전산화절차서에서 서류절차서로 전환시 불편
- 열쇠구멍 효과의 우려
- 상황 인식 저하의 우려
- 정보표시화면의 구성의 적절성 불명
- 계속수행단계의 유형을 표시하는 icon의 적절성 불명
- 다음 단계로 이동시 주의/노트 창을 자동으로 닫기 기능 필요성
- 의사소통을 강제적으로 해야하는 시점의 결정
- 경보음으로 인한 의사소통 방해

4. 결론

본 연구는 전산화절차서에 대한 지침 평가와 실증 평가 결과를 제시하였다. 지침에서 벗어난 사항에 대해서는 이를 지적하고 추천안을 제시하였으며, 아직 지침이 뚜렷하지 않은 현안에 대해서는 실증 평가를 실시하여 아직 해결되지 않은 사항들을 확인하였다.

본 연구의 결과는 향후 국내 개량형 제어실에서 사용되는 전산화절차서의 사용성을 개선하여 운전원이 해독하기 쉽고 운전원간 의사소통을 원활히 함으로써 인적 오류를 방지 하는데 이바지 할 수 있으리라 기대한다.

참고문헌

- [1] 민대환, 구상희, 안원영, 유영신, (1997), 인간-기계 계통 평가기술 개발, 한국원자력안전기술원.
- [2] 원전제어실 설계에 대한 인지 인간공학적 평가, (1999), 한국전력공사 차세대원자로 기술개발사업단.
- [3] 한국전력기술, (1999), Human Factors Engineering Standards, Guidelines, and Bases, Document No.: N-700-EJD410-001.
- [4] Barnes V., P. Desmond, C. Moore, J. M. O'Hara, (1996), Preliminary Review Criteria for Evaluating Computer-Based Procedures, BNL Technical Report, E2090-T4-2-9/96.
- [5] NRC, (1996), Human-System Interface Design Review Guideline: Process and Guidelines, NUREG-0700 Rev. 1. Vol. 1, Vol. 2, Vol. 3.
- [6] O'Hara, J. M., Higgins, J. C., Stubler, W. F., and Kramer. J, (2000), Computer-Based Procedure Systems: Technical Basis and Human Factors Review Guidance, NUREG/CR-6634, Washington, DC: US Nuclear Regulatory Commission.