

ALARA형 방사선감시시스템 설계요건 개발

강기두, 최종락, 손중권

한수원중앙연구원, 대전시 유성구 유성대로 1312번길 70

kdkang@khnp.co.kr

1. 서론

원자력발전소의 방사선작업자 보호를 위해 선원향 저감 노력과 함께 방사선관리 측면에서 효율적으로 피폭저감을 달성할 수 있는 방안이 필요하다. 그러한 방안 중 하나가 원격 방사선감시시스템이다. 미국 등 해외 원전에서는 원격 방사선감시시스템을 적용하여 방사선 작업자의 피폭현황을 실시간으로 감시하여 불필요한 피폭을 최소화하고 있다. 또한, 영상 및 음성통신시스템을 이용하여 작업 효율성 향상 및 피폭저감을 구현하고 있으며, 이를 방사선 작업전 교육 등에 활용함으로써 방사선관리를 효과적으로 수행하고 있다.

우리 원전에 적합한 원격 방사선감시시스템 개발을 위해 해외 원격 방사선감시시스템의 현황을 분석하여 우리 원전 고유의 ALARA형 방사선 감시기 설계요건을 도출하였다.

2. 본론

2.1 원격 방사선감시시스템 국외 현황

미국이나 캐나다 등의 원전에서는 원격 방사선감시시스템의 적용이 활발하다. 미국의 경우 1980년대에 원격방사선량계가 소개된 이후 처음에는 핵연료 재장전이나 대형기기교체 등 고피폭에만 사용되다가 시간이 지나감에 따라 선량감시, 영상감시 및 통신시스템을 결합하여 원격방사선감시시스템의 기능을 비약적으로 향상시켰다. 1990년대 중반에 원격감시는 단위작업별 감시방식에서 중앙방사선감시소를 마련하면서 중앙 통제 기능을 갖게 되었다.

미국 Arkansas Nuclear One 원전은 원격 방사선감시시스템을 사용하여 계획예방정비기간 중의 방사선작업에 대하여 방사선관리를 수행한 결과 첫 번째 적용에서 1.8 man-Sv이던 피폭선량을 1.36 man-Sv로 줄였고, 후속 계획예방정비에서도 1.0 man-Sv로 피폭을 저감하였다. 또한 Vogtle 원전이나 Pickering(CANDU) 등 다른 원전도 피폭 저감 효과가 유사하였을 뿐만 아니라, 계획예방정비기간 중 추가적인 방사선방호 인력의 감소와 정비 효율이 향상된 것으로 보고하고 있다.

EPRI에서는 2002년부터 원격감시기술을 원전에 효과적으로 적용할 수 있도록 ‘방사선방호를 위한

원격감시기술 지침’, ‘원격감시기술 적용 모범사례 및 교훈’ 등의 기술보고서를 발행하였다.

현재 미국내 원전중 원격 방사선감시시스템을 적용하는 원전은 약 95% 이상인 것으로 보고되었다. 원격 방사선감시시스템을 적용하고 있는 대표적 원전은 Table 1과 같다.

Table 1. NPPs Using Remote Radiation Monitoring Systems.

Utility	NPPs
DUKE	Catawba, McGuire, Oconee
ENTERGY	ANO, Pitzpatrick, Grand Gulf, Indian Point, Palisades, Pilgrim, River Bend, Vermont Yankee, Waterford
EXELON	Peach Bottom, Dresden, Oyster Creek, Lasalle
NEXTERA Energy	Point Beach, Duane Arnold, Seabrook, St. Lucie, Turkey Point
PROGRESS Energy	Brunswick, Cristal River, Shearon Harris, H.B. Robinson
TVA	Browns Ferry, Watts Bar, Sequoyah, Muscle Shoals
CONSTELLATION	Calvert Cliffs, Ginna, Nine Mile Point
DOMINION	Kewaunee, North Anna
FIRST ENERGY	Beaver Valley, Davis-Besse, Perry

2.2 ALARA형 방사선감시시스템 구성

ALARA형 방사선감시시스템은 Fig. 1과 같이 선량정보 전송시스템, 영상감시시스템 및 음성통신시스템으로 구성되어 있다. 선량정보 전송시스템은 개인선량계와 결합하여 선량 정보를 송신하는 송신기, 송신기에서 보내온 정보를 수신기로 전달하는 중계기, 송신기와 중계기에서 선량정보를 수신하여 서버로 보내는 수신기와 통제장치로 구성된다.

영상감시시스템은 주로 회전, 상하전환 그리고 줌 기능이 있는 PTZ 카메라와 모니터로 이루어지며, 필요에 따라 유선 또는 무선으로 조정하거나 데이터 통신을 하게 된다.

음성통신시스템은 발전소 환경과 적용하는 작업 특성에 따라 벨트팩 중계기, 안테나 및 서버(server)로 이루어지는 시스템, LAN선과 연결된 접속기를 통해 휴대전화와 연결되는 시스템, 그리고 유선으로 연결하는 시스템이 있다.

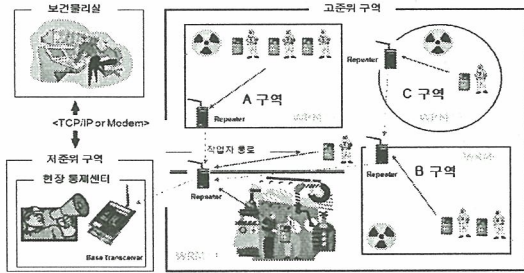


Fig. 1. ALARA-Type Radiation Monitoring System.

2.3 ALARA형 방사선감시시스템 설계 요건

2.3.1 선량정보 전송시스템

송신기 또는 ADR에는 작업자 피폭선량, 선량을 및 작업지역 체류시간 등의 제한치를 작업전에 설정할 수 있어야 한다. 이러한 설정치를 초과하는 경우 보건물리원에게 경보가 전달되어야 하며, 발광, 진동 및 경보음 송출 기능을 가져야 한다.

ADR을 포함한 송신기의 크기는 길이 15 cm, 두께 3 cm, 너비 8cm를 초과하지 않아야 한다. 송신기에 사용되는 ADR은 국제전기기술위원회(International Electrotechnical Commission) IEC 61526(2005년 2월) 규정을 만족해야 한다.

중계기는 최소 50개 송신기의 선량정보를 유선 또는 무선으로 전달해야 하며, 중계기 전원은 배터리 팩 또는 POE 방식 중 선택하거나 중복적으로 적용하여야 한다.

수신기는 격납용기내 송신기 또는 중계기에서 전송하는 선량정보를 충분히 처리할 수 있도록 하여야 한다. 설치된 수신기는 음성 및 통신시스템 수신기와 switch 장치로 연결되어 하나의 케이블로 원자로 격벽 관통구를 통하여 원자로건물 외부에 있는 서버로 연결되어야 한다.

서버는 서버로 들어온 작업자 선량정보를 작업자 선량을, 누적선량, 작업지역 체류시간 등 작업관리에 필요한 상태로 가공할 수 있어야 한다. 이러한 기능은 서버에 설치되는 소프트웨어에 의해 구현되어야 한다.

2.3.2 영상작업감시시스템

방사선작업을 감시하는 카메라는 회전, 상하이동 및 필요한 부분을 확대해서 감시할 수 있는 PTZ 기능을 가져야 한다. 영상감시시스템은 전송 데이터 량이 많아 문제될 수 있으므로 Band Segment 등 적절한 기술을 적용하여 데이터 트래픽을 방지하여야 한다. 카메라 영상을 송출할 때의 출력은 10 mW를 초과하지 않아야 하지만 카메라가 전자기장 영향을 받을 수 있는 원전의 신호기로부터

충분한 거리를 유지한다면 적절한 출력을 낼 수도 있다. 그러나 표준화를 위해 10 mW 이하의 출력이 바람직하다.

카메라에서 전송되는 영상은 모니터링 화면에 1개, 4개, 9개 및 16개로 분할화면으로 나타나도록 선택할 수 있도록 해야 한다. 보건물리 요원은 마우스로 모니터에서 화면을 선택하여 카메라를 회전하고, 상하로 움직일 수 있어야 하며 필요한 경우 줌 기능을 이용하여 화면의 영상을 확대하여 볼 수 있어야 한다.

2.3.3 음성통신시스템

음성통신시 단말기는 보건물리요원과 작업자간 1대1 및 그룹 통화가 가능해야 한다. 통화시에는 Hand-free 기능이 있어야 하며 간단하게 버튼을 조작하여 통화가 가능하여야 한다. 정보통신위원회 고시 제2010-13호의 규정을 만족하도록 하여야 한다.

접속기는 음성통신단말기의 데이터를 수신하여 서버로 전송한다. 접속기의 출력은 많은 수의 단말기 정보를 수용하기 위해 단말기 출력보다는 훨씬 높은 출력(100 내지 200 mW)을 갖는다. 접속기는 LAN 케이블로 스위치 또는 서버로 연결되며 전원 은 PoE 방식으로 공급받아야 한다.

3. 결론

국내 원전에 ALARA형 방사선감시시스템을 적용하기 위한 지침과 적용시 참고할 사항을 조사하고, 해외원전 현황조사 및 모범원전 벤치마킹을 실시하여 설계요건을 도출하였다.

이를 토대로 국내 기술에 의한 이동식 ALARA형 방사선감시시스템을 개발할 계획이며 상세설계를 수행중이다. ALARA형 방사선감시시스템의 적용은 일반적인 피폭저감외에도 비계획 과피폭을 사전 예방하여 원전 운영의 안전성을 향상할 수 있으며, 대상 작업에 대한 영상 및 선량자료를 분석하여 적정 공정을 수행하는 ALARA 계획의 자료로 이용될 수 있으므로 원전 운영의 효율성도 제고할 것으로 기대된다.

4. 참고문헌

- [1] EPRI TR 1003687, 'Remote Monitoring Technology Guidelines for Radiation Protection : Field Implementation of Remote Monitoring' (2004. 11).