

원자력 안전계통의 실시간 스케줄러 구현

박동철*, 김태연**, 유 준**
 (주)삼창기업*, 충남대학교 전자공학과 제어정보시스템실**

Realization of Real-time Scheduler for Nuclear Safety System

Dongchul Park*, Taeyeon Kim**, Joon Lyou**
 Samchang Corporation*, Control Information System Lab., Dep. of Electronics, Chungnam National University**

Abstract - This paper presents a real-time scheduler for nuclear safety system. According to constraints and requirements of nuclear safety system, scheduler design analysis is done and algorithms are developed for implementation. Using DSP based hardware, a real-time scheduler is realized. Consequently, this paper shows the performance of periodical software through the monitoring program.

Context 다이어그램을 나타낸다. 본 논문의 실시간 스케줄러는 스케줄러 관리 및 진단, 경보 기능을 수행함으로써 경보를 발생시켜 운전원이 인지할 수 있도록 하였다.

<표 1> 원자력 안전계통 모듈별 실행주기

계통	모듈	실행주기
핵계측 계통	핵계측	25ms
공정계측 계통	공정계측 1	25ms
	공정계측 2	25ms
플랜트 보호계통	비교논리 모듈	25ms
	동시논리 모듈	25ms
	원자로 정지 개시 모듈	25ms
	공학적안전설비 개시 모듈	25ms
	보수시험반/연계시험 모듈	25ms
안전등급 제어계통	NSSS 공학적 안전설비	25ms
	작동신호 생성모듈	25ms
	NSSS 공학적 안전설비	25ms
	기기제어모듈	25ms
	BOP 공학적 안전설비	25ms
	작동신호 생성모듈	25ms
	BOP 공학적 안전설비	25ms
	기기제어모듈	25ms
안전계통 작동신호 생성모듈	25ms	
노심보호계통	안전계통 기기제어모듈	25ms
	COONANT	50ms
	CRPOS	100ms
	CHECK	100ms
	POWER	1 sec
	THERM	2 sec

1. 서 론

원자력 발전소의 안전계통은 그 특성상 운영체제의 안전성 및 신뢰성의 검증이 반드시 필요하다.[1] 현재 우리나라의 상용 가압 경수형 원자력 발전소의 안전계통은 노후화로 인하여 디지털화가 진행 중이다. 일부 원자력 발전소에서는 이미 외국에서 검증된 실시간 운영체제를 구매하여 사용하거나 상용 실시간 운영체제를 직접 검증하여 사용하고 있다. 하지만 상용 실시간 운영체제의 경우 컴퓨터의 용량 확보를 필요로 할 뿐만 아니라 계통의 여러 제약사항 및 요건사항 충족을 검증하기 위하여 많은 비용과 시간이 요구된다. 그리고 이러한 상용 실시간 운영체제의 사용은 현 시점에서 무엇보다도 원천기술 확보 및 수출이라는 목표에 부합하지 않는다.

원자력 발전소의 안전계통에 적용되는 운영체제는 계통 내 각 응용 프로그램의 주기적인 실행과 주어진 시간 응답을 요구한다. 이러한 요구사항을 충족하기 위하여 계통이 요구하는 안전성 및 신뢰도를 가진 실시간 운영체제를 개발하는 것이 최상의 방법이나 현실적으로 매우 어렵다.

본 논문은 원자력 발전소의 안전계통에 적용 가능한 실시간 스케줄러를 개발하였다. 원자력 발전소 안전계통의 요구사항에 따라 CPU 스케줄링, Task 관리, 스케줄러 관리 및 진단, 메모리 관리 기능[2]에 관한 방안을 설계 및 개발하였고 감시 프로그램을 통하여 응용 프로그램의 주기적인 실행과 주어진 응답을 확인하였다.

2. 실시간 스케줄러의 개요

2.1 제약사항

- 원자력 안전계통은 반드시 경성(Hard) 실시간 시스템이어야 한다.
- 안전계통의 소프트웨어는 반드시 결정론적이어야 한다.[3]
- 각 Task는 응답성을 가져야 한다.
- 각 Task는 시스템의 신뢰성을 손상시키지 않아야 한다.
- 각 Task는 주어진 주기에 맞게 실행되어야 한다.
- 하나의 Task는 실행 중 방해 받지 않아야 한다.

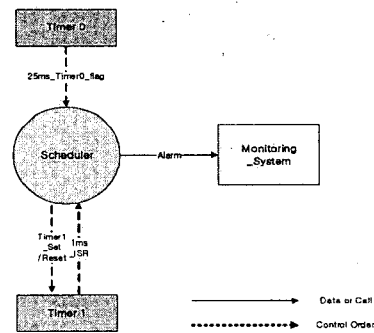
2.2 요건사항

- 각 Task는 일정한 주기에 따라 실행되어야 한다.
- 각 Task는 우선순위가 주어져야 한다.
- 각 Task는 우선순위에 따라 실행되어야 한다.
- 각 Task는 주어진 시간 이내에 실행되어야 한다.
- 각 Task가 실행 시간을 마치지 못하면 경보를 발생시켜야 한다.
- 각 Task가 데드락 및 무한루프상황이면 경보를 발생시켜야 한다.
- 메모리 및 기타 장비에 동시 접속을 방지해야 한다.

이에 따른 원자력 안전계통의 각 모듈 별 실행 주기는 표 1과 같다.

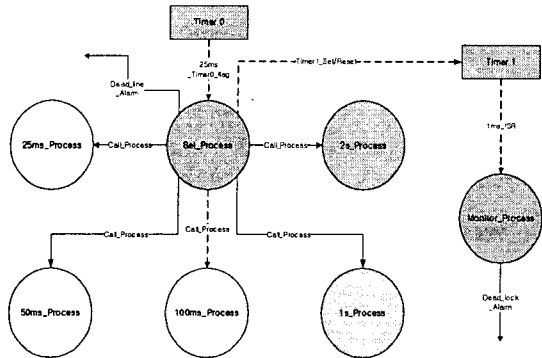
2.3 스케줄러 설계 요건 분석

본 논문의 스케줄러는 CPU 고정 우선 순위 기법에 따라 표 1과 같이 각 모듈 별 Task의 종류 및 특성을 파악하여 데이터 흐름도를 작성한다.[4] 또한 각 Task의 우선 순위 및 실행 순서를 설정하여 우선 순위가 높은 Task부터 순차적으로 실행하도록 하였다. 이는 실시간 운영체제의 Task 관리 기능이다. 그림 1은 데이터 흐름도의

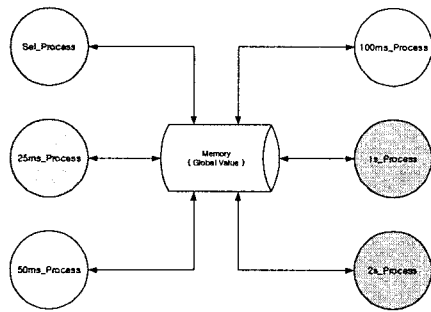


<그림 1> 실시간 스케줄러 Context 다이어그램

그림 2는 그림 1의 스케줄러 프로세스를 상세히 나타낸 것이다. 선택 프로세스(Sel_Process)는 5개 응용 프로세스의 우선 순위를 정하고 실행 시간을 만족하는지 결정한다. 감시 프로세스(Monitor_Process)는 데드락 및 무한루프의 경우 경보를 발생시킨다. 그림 3은 메모리 관리 기능을 나타낸다. 선택 프로세스는 5개 응용 프로그램의 메모리 사용 여부를 초기화하여 지정된 전역 메모리 영역에만 접근이 가능하게 함으로써 메모리 영역에서의 접근 충돌 및 데드락을 방지하는 세마포어 관리기능을 수행하였다.



〈그림 2〉 프로세스 스케줄링 다이어그램



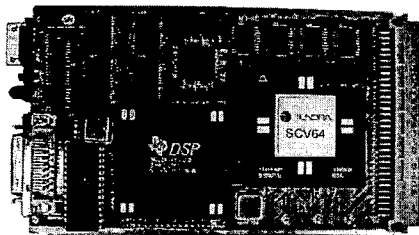
〈그림 3〉 메모리 관리 다이어그램

3. 실시간 스케줄러의 설계

3.1 하드웨어 구성

본 논문에서 사용된 실시간 스케줄러의 하드웨어는 그림 4와 같은 DSP(Digital Signal Processing) 기반의 마이크로프로세서가 탑재된 카드로써 원자력 계측 제어 회사인 삼창기업 제어기술연구소에서 개발하였다. 이것은 VME 버스 백플레인 기반의 3U 사이즈 랙에 삽입되어 동작한다.

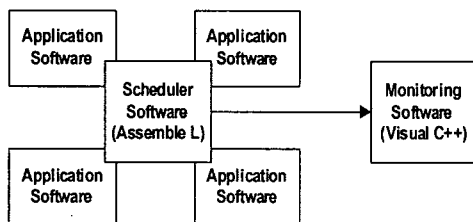
본 하드웨어는 EPLD 및 어셈블리 프로그램의 개발을 위하여 JTAG 에뮬레이터를 통해 실시간 개발 및 검증을 수행할 수 있다.



〈그림 4〉 DSP 기반의 하드웨어

3.2 소프트웨어 구성

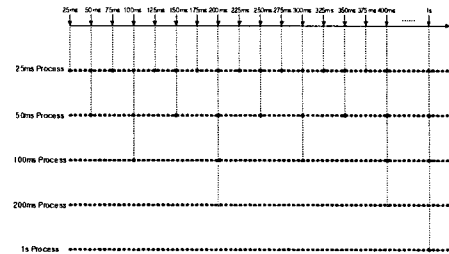
실시간 스케줄러의 소프트웨어는 그림 5와 같이 소프트웨어 개발 수명 주기[5]에 따라 설계한 스케줄러 프로그램과 스케줄러에 의해 동작되는 다수의 응용 프로그램으로 구성된다. 또한, 스케줄러의 동작을 감시하는 윈도우 기반의 감시 프로그램이 있다.



〈그림 5〉 소프트웨어 구성

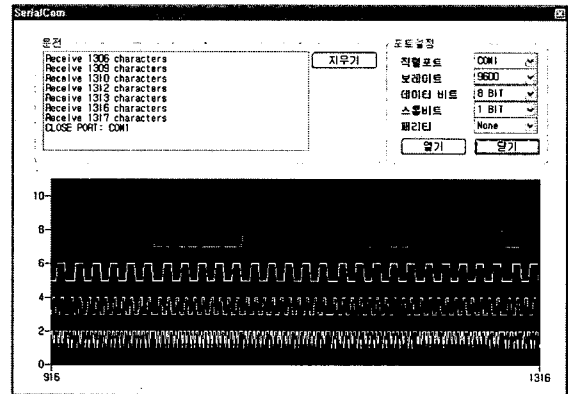
4. 구현 및 실험 결과

스케줄러의 요건사항과 원자력 안전계통의 각 모듈 별 실행 주기에 따라 각 Task의 우선 순위 및 실행 순서를 미리 설정하여 시간 다이어그램으로 나타내면 그림 7과 같다. 25ms Task부터 2s Task가 순차적으로 실행되며 각 Task는 25ms 배수의 실행 시간을 갖고 있다. 각 Task의 실행 시간은 마이크로프로세서의 Timer0를 이용하여 구현하였고, Timer1을 이용하여 Task 별 응답 시간 및 데드락 감시하도록 설계하였다.[6]



〈그림 6〉 스케줄러 시간 다이어그램

DSP기반 하드웨어로부터 5개의 Task는 RS-232 방식으로 현재 동작 상태에 대한 실시간 데이터를 감시 컴퓨터로 전송한다. 각 계통에서 필요한 응용 프로그램은 별도의 Task에서 호출할 수 있도록 구현하였다.



〈그림 7〉 실시간 스케줄러 감시 프로그램

5. 결론

본 논문에서는 원자력 발전소 안전계통의 주기적인 응용 프로그램 실행을 위한 실시간 스케줄러를 구현하였다. DSP기반의 하드웨어를 이용하여 안전계통의 여러 제약사항 및 요건사항을 만족하고 운영체제 기능의 일부인 고정 우선 순위 방식의 CPU 스케줄링, Task 관리, 스케줄러 관리 및 진단, 메모리 관리 기능 갖는 스케줄러를 직접 설계하였으며 감시 프로그램을 통하여 그 기능을 확인하였다.

후후 연구과제로써 실시간 운영체제의 기능인 프로세스 관리, 파일 관리, 커널 관리, I/O 관리 등의 기능을 설계하고 소프트웨어 확인 및 검증을 수행할 예정이다. 이에 따라 국내 원자력 안전계통에 적용 가능한 실시간 운영체제 개발에 관련된 독자적인 원천 기술 확보와 수출을 가능하게 할 것으로 판단된다.

[참고 문헌]

- [1] I. Bate and A. Burns, "A Framework for Scheduling in Safety-Critical Embedded Control Systems", pp. 1-3, 1999
- [2] 김범준, "OS 커널의 구조와 원리", 한빛미디어, 2005
- [3] IEEE Std-7-432, "IEEE Standard Criteria for Digital Computer in Safety System of Nuclear Power Generating Stations", pp. 17-25, 1993.
- [4] IEEE Std-830, "IEEE Recommended Practice for Software Requirement Specification", pp. 10-20, 1998.
- [5] IEEE Std-1074, "IEEE Standard for Developing Software Life Cycle Process", pp. 6-73, 1997.
- [6] 윤덕용, "TMS320C32 마스터", Ohm사, 2002