

18. 인터럽트(interrupt)

어떤 프로그램이 수행중일 때 컴퓨터 시스템 내부 또는 외부에서 예기치 않은 일이 발생했을 때, CPU는 이에 대한 적절한 조치를 취한 후에 수행중인 프로그램을 계속 진행해야 한다. 이러한 기능을 '인터럽트'라고 한다.

인터럽트 형태	세부적인 설명
외부 인터럽트	① 전원 공급이 중단될 때(정전 인터럽트) ② 기계에 오류가 발생하였을 때(기계 오류 인터럽트) ③ 입출력 종료 및 입출력 도중에 오류가 발생하였을 때(입출력 인터럽트) ④ 인터럽트 시계에서 일정 시간이 지난 경우(타이밍 장치) ⑤ 조작원이 콘솔에서 인터럽트 키를 입력하는 경우 ⑥ 다중 처리 시스템에서 다른 프로세서로부터 신호가 왔을 경우 ⑦ 타임아웃 인터럽트 : 프로세스가 할당된 시간을 모두 사용했을 때 발생
내부 인터럽트 (일명 Trap)	① 나눗셈 연산에서 분모가 0이 되는 경우 ② 스택, 큐 운영 시 Overflow나 Underflow가 발생했을 때 ③ 불법적인 명령어나 자료가 사용되는 경우 ④ 보호되어야 할 메모리 영역에 접근하는 경우
소프트웨어 인터럽트	① 인터럽트처럼 동작되는 특수 명령어 수행 으로 발생된다. ② 이러한 인터럽트로는 운영체제의 SVC(Supervisor Call) 명령어가 있다. ③ 운영체제를 호출하는 것을 SVC 또는 시스템 호출(system call) 이라 한다. ④ 예를 들면, 프로그래머가 복잡한 입출력을 처리해야 할 때 운영체제가 제공하는 서비스를 받아서 처리하려면 프로그램에서 SVC 명령어를 사용하면 된다.

- **외부 인터럽트**는 프로그램 수행과는 무관하게 컴퓨터 시스템의 외적 상황에 의해 발생하는 인터럽트이다. 현재 수행중인 프로그램과는 **비동기적**으로 일어난다.
- **내부 인터럽트**는 수행중인 프로그램 내부에서 발생하는 인터럽트이다. 해서, 수행중인 프로그램과 **동기적**으로 발생된다. 내부 인터럽트는 프로그램을 다시 수행하면 항상 같은 위치에서 발생하게 된다.(내부 인터럽트도 CPU의 하드웨어 신호에 의해 발생된다)

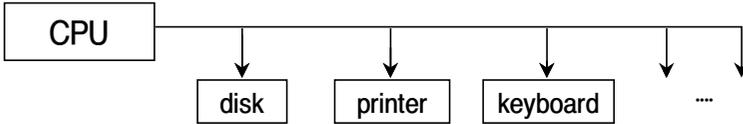
// 트래핑(trapping) 기능

- 트래핑은 컴퓨터 상태에 따라서 미리 정해진 위치로 예기치 않은 분기(인터럽트)가 진행되는 컴퓨터 특징을 지칭한다.
- 트래핑 기능은 프로그램 디버깅에 이용하기도 한다.
- 예를 들면, 0으로 나누는 오류 발생 - 트래핑이 발생되어 미리 정해진 위치로 분기

1. 인터럽트를 요청한 장치 판별

(1) 단일회선 체제인 경우 → 소프트웨어적인 방법(polling)

① 하나의 회선에 여러 개의 주변장치가 연결되어 있는 경우이다.



- ② 인터럽트를 요청한 장치를 판별하기 위해 각 장치마다 플래그를 둔다.
→ 플래그를 1로 세트하여 CPU에게 인터럽트를 요청한다.
- ③ CPU는 인터럽트 요청 신호를 받으면 각 장치의 플래그를 검사하여 요청한 장치를 판별한다.
→ 소프트웨어적인 방법(polling)
- ④ 인터럽트를 요청한 장치에 대한 '인터럽트 서비스 루틴'을 실행시킨다.

[예] 소프트웨어적인 방법에 의한 인터럽트 처리 과정(disk 서비스 요청 시)

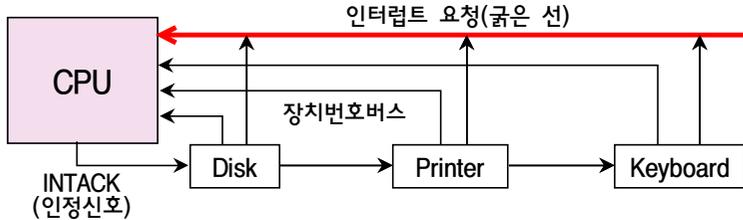


◆ 처리 과정 세부적인 설명

- ① 31번지에 기억된 명령어가 실행되고 있는 중에 디스크가 인터럽트를 요청한다.
→ CPU의 메이저 상태는 실행 사이클을 마치고, 인터럽트 사이클로 들어간다.
- ② PC의 내용인 주소 32를 기억장소 0번지에 저장한다.
→ 여기서, 주소 32는 인터럽트를 처리하고, 복귀한 후 실행할 명령어의 주소이다.
- ③ 인터럽트 처리 루틴이 기억된 80번지로 분기한다.(소프트웨어적으로 처리, polling)
→ 인터럽트를 요청한 장치를 판별한 후 해당 인터럽트 서비스 루틴을 실행시킨다.
- ④ 디스크의 인터럽트 서비스 루틴이 기억된 100번지로 분기한다.
→ 디스크 서비스 루틴이 실행된다.

(2) 다중회선 체제인 경우 → 하드웨어적인 방법(벡터 인터럽트)

① CPU와 각 주변장치가 **고유한 회선**으로 연결되어 있는 경우이다.



- ② CPU는 주변장치로부터 인터럽트 요청 신호를 받으면 수행중인 프로그램의 상태를 보관하고, 인터럽트 **인정신호**(INTACK; INTerrupt ACKnowledge)를 Set시킨다.
- ③ INTACK 신호에 의해서 인터럽트를 요청한 주변장치는 자신의 '장치번호'를 '장치번호버스'를 통해 보낸다. '장치번호버스'는 각 주변장치가 독립적으로 가진다.
- ④ CPU는 '장치번호'를 보고서 인터럽트를 요청한 장치를 판별하게 된다.
→ 하드웨어적으로 판별하게 된다(벡터 인터럽트), **장치식별루틴이 필요 없다.**
- ⑤ CPU는 인터럽트를 요청한 장치에 대한 '인터럽트 서비스 루틴'을 실행시킨다.

☞ 벡터 인터럽트 방식에서 분기할 주소의 정보는 인터럽트를 요청한 장치가 제공한다.
→ 이러한 정보를 '**인터럽트 벡터**'라고 한다.

[예] 벡터 인터럽트에 의한 인터럽트 처리 과정(Disk가 서비스 요청시)

		인터럽트 벡터			실행중인 프로그램			각 장치별 인터럽트 서비스 루틴			
0		a1	a2	a3	30	31	32	100	200	300	→ 주소
32	..	.I M P 100	.I M P 200	.I M P 300		실 행		Disk	Printer	KB	
↑ ②		↑ ③				↑ ①		↑ ④			

- ① 31번지에 기억된 명령어가 실행되는 중에 디스크가 CPU에게 인터럽트를 요청한다.
→ CPU의 매이저 상태는 실행 사이클을 마치고, 인터럽트 사이클로 들어간다.
- ② 다음에 실행할 주소인 PC의 내용 32를 기억장소 0번지에 저장한다.
- ③ '인터럽트 벡터' 테이블에서 디스크 서비스 루틴이 수록된 주소를 구한다.
- ④ 디스크의 인터럽트 서비스 루틴이 기억된 100번지로 분기한다.
→ 디스크 서비스 루틴이 실행된다.

2. 우선순위 인터럽트

우선순위 인터럽트는 여러 개의 인터럽트가 동시에 발생되었을 때 CPU가 어느 것을 우선적으로 서비스할 것인지를 결정하는 시스템이다.

다음은 우선순위 인터럽트의 형태를 분류한 것이다.

└ 소프트웨어에 의한 방법 : 폴링(polling)

└ 하드웨어에 의한 방법 └ 직렬 : 데이지 체인(daisy-chain)

└ 병렬 : 병렬 우선순위 인터럽트(parallel priority interrupt)

(1) 폴링(polling)

- ① 폴링 방식은 프로그램을 수행하여 우선순위가 높은 인터럽트를 찾아낸다.
- ② 폴링은 제어신호를 보낼 때까지 회선에 연결된 모든 장치들을 기다리게 하는 방식이다.
- ③ 폴링은 입출력장치가 폴링 신호를 받은 후에 자신의 상태를 CPU에게 알려준다.
- ④ 우선순위는 프로그램의 실행으로 결정되므로 **융통성**이 있다.
- ⑤ **경제적**이다.(별도의 하드웨어가 필요치 않으므로)
- ⑥ **반응속도**가 느리다.(많은 인터럽트를 조사하기 위한 프로그램 수행시간이 필요)



탐구

인터럽트 / 폴링 - CPU의 특정 작업 처리를 위한 것

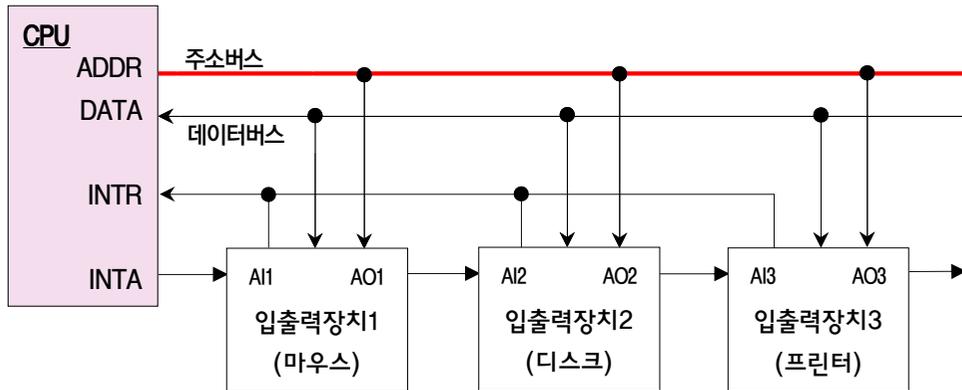
인터럽트	인터럽트는 주변장치 또는 실행중인 프로그램이 특정한 일을 처리해 달라고 마이크로프로세서(CPU)에게 알리는 것이다. → 능동적
폴링	폴링은 대상을 주기적으로 감시 하여(프로그램 수행, 시간 낭비) 상황이 발생하면 해당 처리 루틴을 실행하여 작업을 처리하는 것이다. → 수동적

// 영어 단어 poll - 여러 가지 의미가 있음

- poll은 '투표' 또는 '여론조사'라는 뜻도 있고
- poll은 '정기적으로 무엇인가? 상태를 미리 점검하는 것'을 poll이라 한다.
- 전산에서 poll은 '기억장치 등의 상태를 정기적으로 조사하는 용어'로 사용된다.

(2) 데이지 체인(daisy-chain)

데이지 체인은 인터럽트를 발생시키는 장치들을 **직렬**로 연결하는 방식이다.

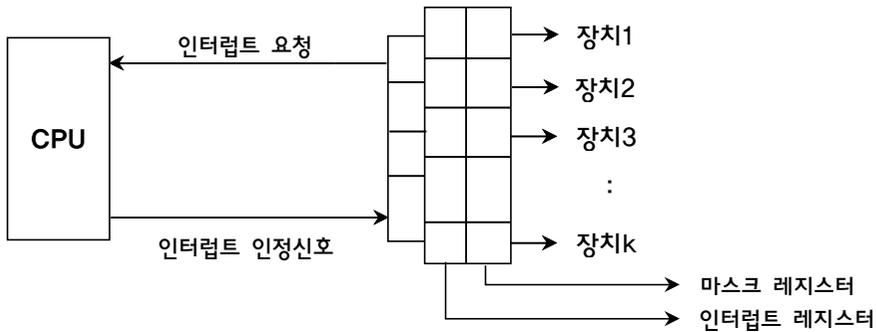


• INTR은 인터럽트 요구(interrupt request) 약어이다.

- ① 인터럽트 우선순위가 높은 장치를 **CPU 가까이 배치**한다.
 - CPU에서 보내는 인터럽트 인식(INTA) 신호는 우선순위가 높은 장치부터 낮은 장치로 순차적으로 전달된다.
 - 우선순위가 낮은 장치들은 서비스를 받기 위해 오랫동안 기다려야 하는 경우가 발생할 수 있다.(starvation, **기아상태**)
 - INTA는 인터럽트 인식(interrupt acknowledge) 약어이다.
 - INTA 신호를 "데이지 입력 신호"라고도 한다.
- ② CPU에게 인터럽트를 요구한 입출력장치는 AI_n에 인터럽트 인식(INTA) 신호를 받으면 즉시 자신의 **고유장치번호(인터럽트 벡터)**를 데이터 버스를 통하여 CPU로 보낸다.
 - 인터럽트를 요청하지 않은 장치는 INTA 신호를 다음 장치로 출력한다.
- ③ 인터럽트 벡터(interrupt vector)는 해당 입출력장치를 위한 인터럽트 서비스 루틴의 시작 주소를 결정하는데 사용한다.
- ④ SCSI(스카시), USB, IEEE 1394 등이 데이지 체인을 지원한다.

(3) 병렬 우선순위 인터럽트(parallel priority interrupt)

- ① 인터럽트 요청 시 각 비트가 개별적으로 세트될 수 있는 인터럽트 레지스터를 둔다.
→ 우선순위는 인터럽트 레지스터의 비트의 위치에 따라 결정된다.
- ② 또한 각 장치의 인터럽트 요청을 조절할 수 있도록 마스크 레지스터를 둔다.
→ 마스크 레지스터 용도는 낮은 순위의 인터럽트 요청을 금지하려는 것이다.



// 우선순위 인터럽트의 장단점 비교

	소프트웨어적인 방법	하드웨어에 의한 방식
장점	<ul style="list-style-type: none"> • 융통성이 있다. • 하드웨어 비용이 없어서 경제적이다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 반응 속도가 빠르다.
단점	<ul style="list-style-type: none"> • 프로그램 수행에 따른 시간이 필요하므로 반응속도가 느리다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 하드웨어가 필요하여 비경제적이다. • 융통성이 없다.

기출문제 분석

1. 컴퓨터에서 사건이 발생하면 이를 처리하기 위해 인터럽트 기술을 사용한다. 사건의 발생지에 따라 동기와 비동기 인터럽트로 분류된다. 다음 중 비동기 인터럽트는? [2017년 서울 9급]

- ① 프로세스가 실행 중에 0으로 나누기를 할 때 발생하는 인터럽트
- ② 키보드 혹은 마우스를 사용할 때 발생하는 인터럽트
- ③ 프로세스 내 명령어 실행 때문에 발생하는 인터럽트
- ④ 프로세스 내 명령어가 보호 메모리 영역을 참조할 때 발생하는 인터럽트

☞ 동기와 비동기 인터럽트

// 외부 인터럽트

- 프로그램 수행과는 무관하게 컴퓨터 시스템의 외적 상황에 의해 발생하는 인터럽트이다.
- 현재 수행중인 프로그램과는 **비동기적**으로 일어난다.
- 키보드 혹은 마우스를 사용할 때 발생하는 인터럽트는 외부 인터럽트이다.

// 내부 인터럽트

- 수행중인 프로그램 내부에서 발생하는 인터럽트로 수행 프로그램과 **동기적**으로 발생된다.
- 해서, 내부 인터럽트는 프로그램을 다시 수행하면 항상 같은 위치에서 발생하게 된다.

정답 : ②

2. 인터럽트 우선순위를 판별하는 방법으로 소프트웨어적인 방법과 하드웨어적인 방법이 있다. 이에 대한 설명으로 틀린 것은 모두 몇 개인가? [2010년 경찰 9급]

- ㉠ 하드웨어적인 방법을 폴링(polling)이라고 한다.
- ㉡ 소프트웨어적인 방법은 융통성이 있고 경제적이다.
- ㉢ 직렬 우선순위 부여방식을 데이지체인 방식이라고 하는데 소프트웨어적인 방법에 속한다.
- ㉣ 하드웨어적인 방법은 장치 판별 과정이 간단하여 응답속도가 빠르다.

- ① 없음 ② 1개 ③ 2개 ④ 3개

☞ 인터럽트 우선순위

- ㉠ 폴링(polling) → **소프트웨어적**인 방법을 폴링(polling)이라고 한다.
- ㉢ 데이지체인(daisy-chain) → **하드웨어적**인 방법

정답 : ③

3. 인터럽트에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? [2022년 지방 9급]

- ① 내부 인터럽트가 발생하면 컴퓨터는 더 이상 프로그램을 실행할 수 없다.
- ② 프로세서는 인터럽트 요구가 있으면 현재 수행 중인 프로그램의 주소 값을 스택이나 메모리의 0번지와 같은 특정 장소에 저장한다.
- ③ 신속하고 효율적인 인터럽트 처리를 위하여 컴퓨터는 항상 인터럽트 요청을 승인하도록 구성된다.
- ④ 인터럽트 핸들러 또는 인터럽트 서비스 루틴은 인터럽트 소스가 요청한 작업에 대한 프로그램으로 기억장치에 적재되어야 한다.

☞ 인터럽트

- 신속하고 효율적인 인터럽트 처리를 위하여 컴퓨터는 **항상 인터럽트 요청을 승인하도록** 구성된다.(x) → 컴퓨터는 **항상 인터럽트 요청을 승인하는 것은 아니다.**

의의신청	<ul style="list-style-type: none"> · 내부 인터럽트가 발생하면 컴퓨터는 더 이상 프로그램을 실행할 수 없다.(x) · 위의 내용도 100% 올바른 것은 아니다. · 컴퓨터는 기본적으로 인터럽트를 이용하여 운영된다. · 잘 알고 있는 메이저 상태도 인출, 간접, 실행, 인터럽트로 구성되어 있다. · 주변장치가 CPU에게 인터럽트 요청하면, CPU는 처리하고, 복귀해서 다시 실행한다. · 단지, 0으로 나누는 오류 같은 인터럽트가 발생하면, 더 이상 프로그램을 실행할 수 없다. · 프로그램 오류가 아닌 인터럽트가 발생하면, 처리 후에 프로그램은 계속 실행된다.
------	---

정답 : ③

4. 입출력과 관련하여 폴링(polling) 방식과 인터럽트(interrupt) 방식에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? [2017년 지방 9급]

- ① 폴링 방식에서는 프로세서가 입출력을 위해 입출력장치의 상태를 반복적으로 검사한다.
- ② 인터럽트 방식은 폴링 방식 대비 프로세서의 시간을 낭비하는 단점이 있다.
- ③ 인터럽트 방식에서는 인터럽트 간에 우선순위를 둘 수 있다.
- ④ 인터럽트 방식에서는 인터럽트 처리를 위해 인터럽트 처리 루틴을 호출한다.

☞ 인터럽트 / 폴링

- 인터럽트 방식은 폴링 방식 대비 프로세서의 시간을 낭비하는 단점이 있다.(x)
→ 폴링 방식이 시간을 낭비하는 단점이 있다.

정답 : ②

5. 비동기 인터럽트(interrupt)에 해당하는 것은? [2021년 군무원 9급]

- ① 실행 중인 프로세스가 원인인 인터럽트
- ② 실행 중인 프로세스가 0으로 나누는 명령어를 실행할 경우 발생하는 인터럽트
- ③ 실행 중인 프로세스 명령어가 시스템호출(system call)을 요구할 경우 발생하는 인터럽트
- ④ 다중프로그래밍 운영체제 환경에서 프로세스에 규정된 실행시간(time slice)을 모두 사용했을 경우 발생하는 인터럽트

☞ 인터럽트

인터럽트 형태	세부적인 설명
외부 인터럽트 (비동기)	① 전원 공급이 중단될 때(정전 인터럽트) ② 기계에 오류가 발생하였을 때(기계 오류 인터럽트) ③ 입출력 종료 및 입출력 도중에 오류가 발생하였을 때(입출력 인터럽트) ④ 인터럽트 시계에서 일정 시간이 지난 경우(타이밍 장치) ⑤ 조작원이 콘솔에서 인터럽트 키를 입력하는 경우 ⑥ 다중 처리 시스템에서 다른 프로세서로부터 신호가 왔을 경우 ⑦ 타임아웃 인터럽트 : 프로세스가 할당된 시간을 모두 사용했을 때 발생
내부 인터럽트 (동기)	① 나눗셈 연산에서 분모가 0이 되는 경우 ② 스택, 큐 운영 시 Overflow나 Underflow가 발생했을 때 ③ 불법적인 명령어나 자료가 사용되는 경우 ④ 보호되어야 할 메모리 영역에 접근하는 경우
소프트웨어 인터럽트	① 인터럽트처럼 동작되는 특수 명령어 수행 으로 발생된다. ② 이러한 인터럽트로는 운영체제의 SVC(Supervisor Call) 명령어가 있다. ③ 운영체제를 호출하는 것을 SVC 또는 시스템 호출(system call) 이라 한다.

정답 : ④