

4장 쓰레드(thread)

4장의 학습 목표

- 프로세스와 쓰레드의 차이를 이해할 수 있다.
- 쓰레드와 관련된 기본 설계 이슈를 설명할 수 있다.
- 사용자 수준의 쓰레드와 커널 수준의 쓰레드의 차이를 설명할 수 있다.
- Windows의 쓰레드 관리 기능을 설명할 수 있다.
- Solaris의 쓰레드 관리 기능을 설명할 수 있다.
- Linux의 쓰레드 관리 기능을 설명할 수 있다.
- Android의 쓰레드 관리 기능을 설명할 수 있다.

목 차

- 4.1 프로세스 및 쓰레드(Thread)
- 4.2 쓰레드의 유형
- 4.3 멀티코어와 멀티쓰레딩
- 4.4 Windows의 프로세스와 쓰레드 관리
- 4.5 Solaris 쓰레드 및 SMP 관리
- 4.6 Linux 프로세스 및 쓰레드 관리
- 4.7 ANDROID의 프로세스와 쓰레드 관리
- 4.8 Mac OS X의 Grand Central Dispatch

프로세스와 스레드(thread)

- 프로세스

- 실행 중인 프로그램(A program in execution)
- 메모리 (코드, 데이터, 스택), 파일, signal, IPC, accounting, ...
- CPU 레지스터 정보, 스케줄링 정보
 - ➔ 자원 소유권 (resource ownership)
 - ➔ 수행/스케줄링 (execution/scheduling) 개체

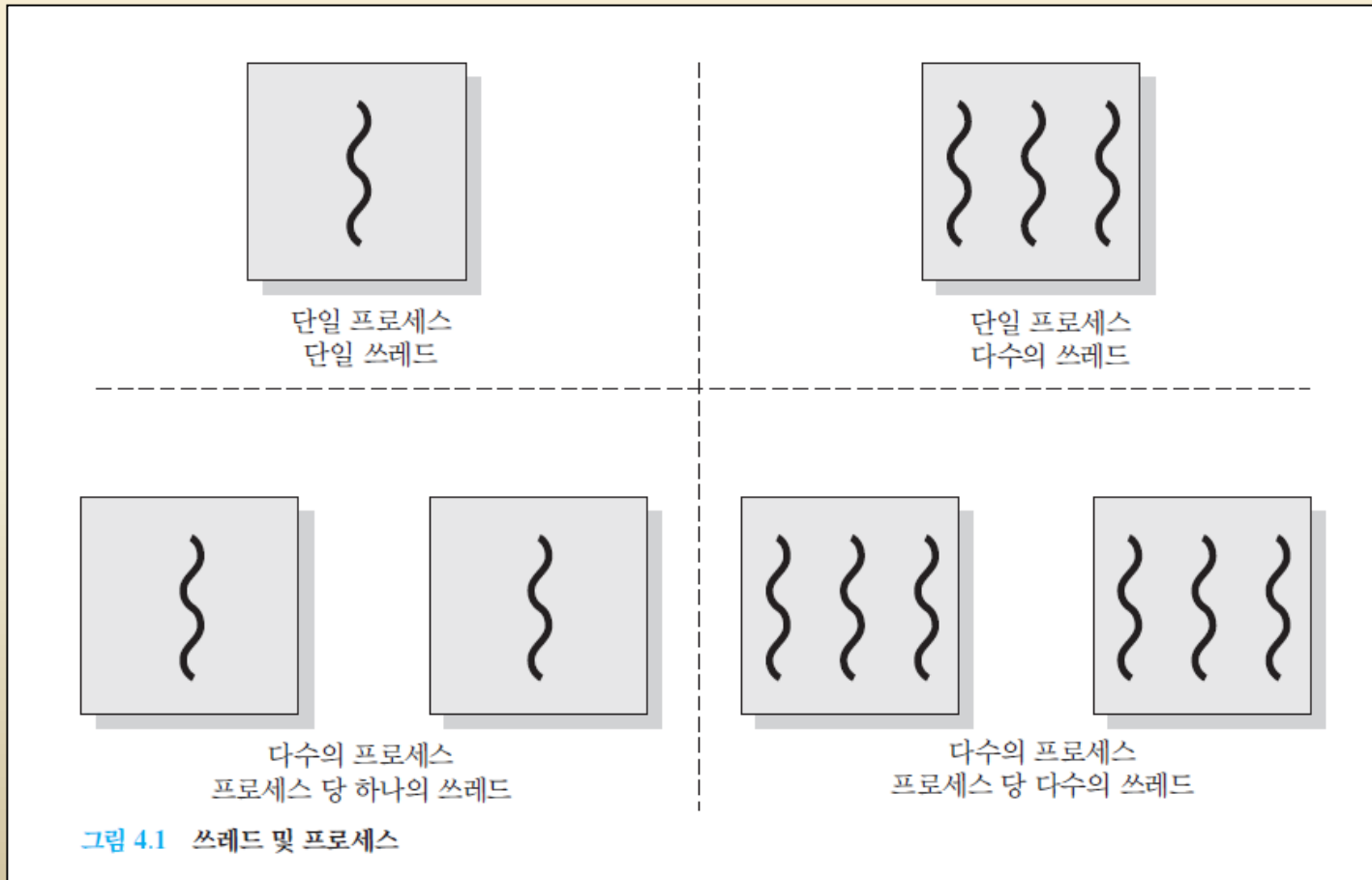
- 현대 OS에서 프로세스는 태스크(task) 및 스레드(thread)라는 두 객체(특성)로 분리

- 태스크: Resource Container (사용자 문맥, 시스템 문맥)
- 스레드: 제어 흐름 (실행 정보, 레지스터 문맥)

- ☞ 스레드를 경량 프로세스(lightweight process)라고 부르기도 함
- ☞ 프로세스 및 태스크를 서로 혼용하여 사용하기도 함

프로세스와 스레드

- 단일쓰레딩(Single threading) 대 멀티쓰레딩(Multi threading)
 - 단일 프로세스 내에 멀티 스레드 실행을 지원 가능



프로세스와 쓰레드

- 사례

- MS-DOS는 단일 사용자 프로세스와 단일 쓰레드를 지원한다.
- UNIX 계열의 여러 운영체제는 다중 사용자 프로세스를 지원하지만, 프로세스 당 하나의 쓰레드만을 지원한다.
- Java 수행시간환경(run-time environment)은 하나의 프로세스가 멀티 쓰레드를 지원한다.
- 최신 버전의 UNIX, Windows, Solaris는 멀티쓰레드를 지원하는 멀티 프로세스를 사용한다.

프로세스와 쓰레드

- 멀티쓰레딩 환경

- 태스크 (또는 프로세스) 관련 사항
 - 프로세스 이미지를 유지하는 가상 주소 공간
 - 처리기, (IPC를 위한) 다른 프로세스, 파일, I/O 자원들에 대한 접근 제어
- 쓰레드 관련 사항
 - 실행 상태 (수행, 준비, 블록, ...)
 - 수행 중이 아닐 때 저장되는 쓰레드 문맥
 - 실행 스택
 - 지역 변수 저장을 위해 각 쓰레드가 사용하는 어떤 정적 저장소 (storage)
 - 자신이 속한 프로세스의 메모리 및 자원들에 대한 접근 공유
- 한 프로세스 내의 모든 쓰레드들은 그 프로세스의 자원들을 공유

프로세스와 쓰레드

- 쓰레드 모델 (그림 4.2)

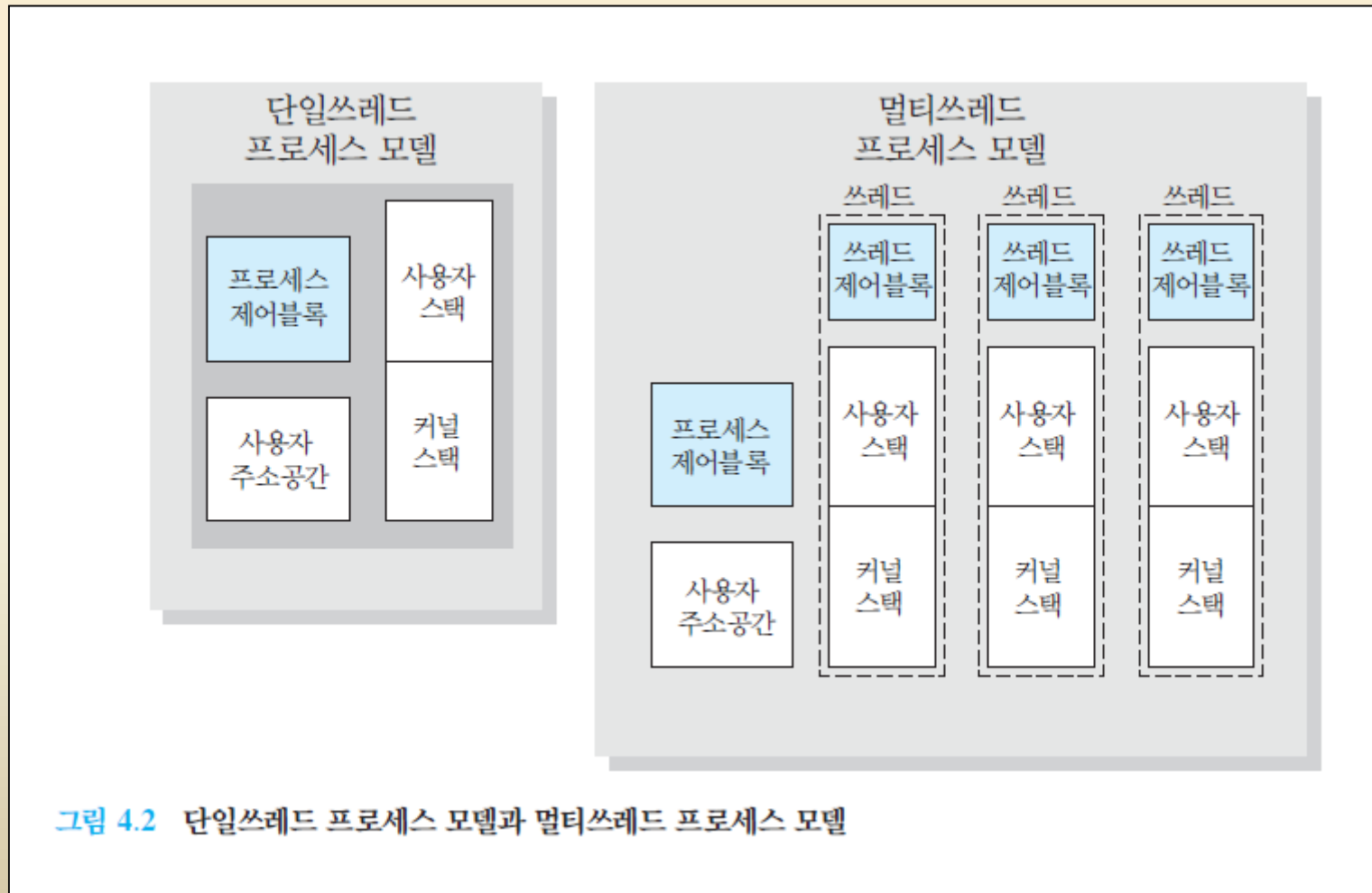


그림 4.2 단일쓰레드 프로세스 모델과 멀티쓰레드 프로세스 모델

프로세스와 쓰레드

- **쓰레드의 장점(benefits)**

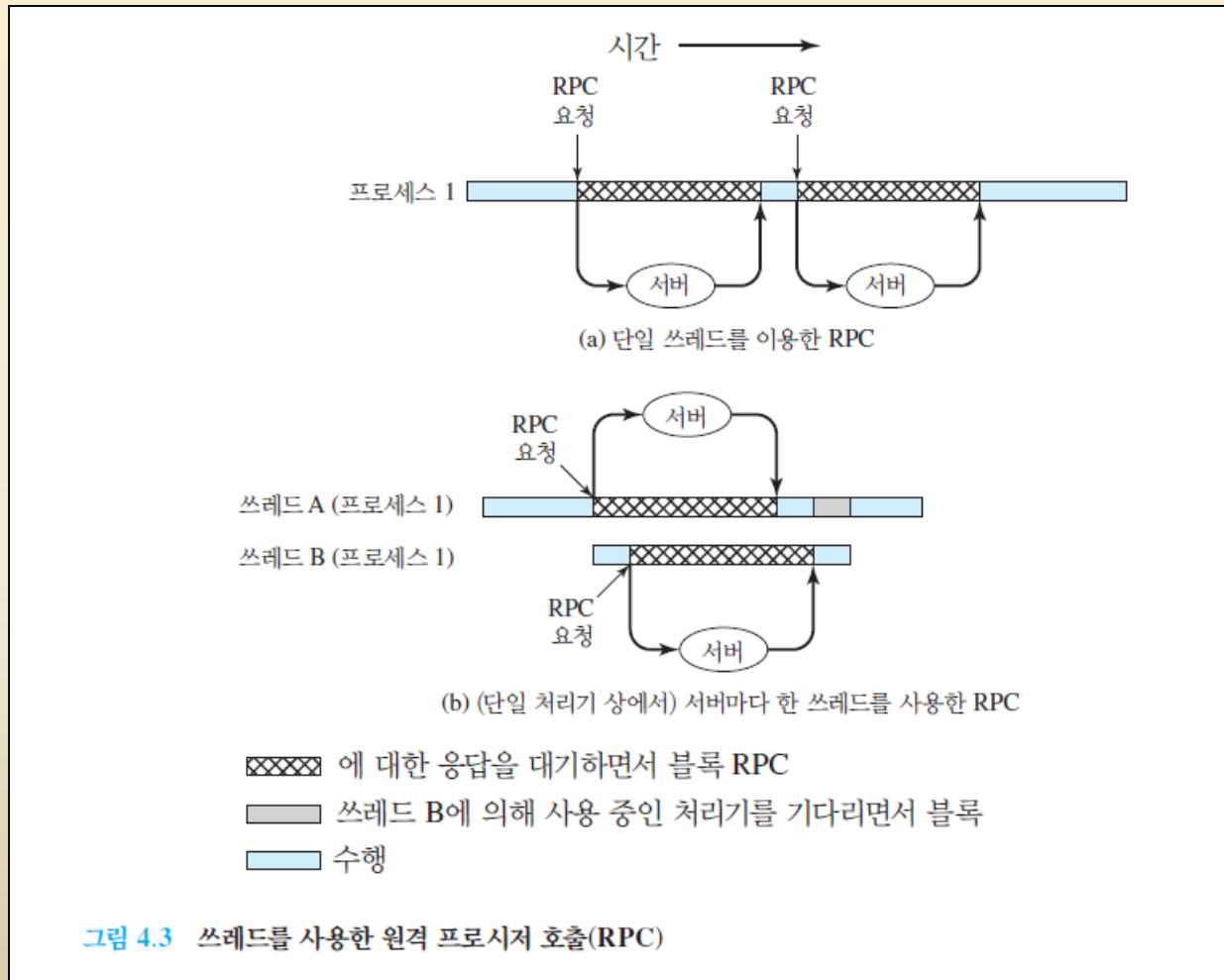
- 프로세스에 비해 새로운 쓰레드 생성 시간/비용이 절약됨: (쓰레드 생성시간은 프로세스보다 수십 배 빠르다.)
- 프로세스 종료 시간보다 쓰레드 종료 시간이 짧다.
- 한 프로세스 내의 두 쓰레드들 사이의 교환/교체 시간이 짧다.
- 동일 프로세스 내의 쓰레드들은 메모리 및 파일을 공유하기 때문에, 이들 쓰레드들은 커널의 개입 없이 서로 통신 가능
- 한 프로그램의 구조(structure)를 단순화
- 다중처리기(multiprocessor)의 효율적 사용
- 빠른 IPC (메시지 전송이 아닌 공유 메모리 사용 가능)
- 병행 서버 (listening thread and responding threads)

프로세스와 쓰레드

- 단일사용자 멀티프로세싱 시스템에서의 쓰레드의 사용
 - 전면(background)과 후면(background) 작업: 응용의 속도 향상
 - 예를 들어, 스프레드시트 프로그램에서 하나의 쓰레드가 메뉴를 나타내고 사용자 입력을 읽는 중에, 다른 쓰레드는 사용자 명령을 수행하고 스프레드시트를 갱신할 수 있다.
 - 비동기(asynchronous) 처리:
 - 프로그램의 비동기적 요소들을 쓰레드를 통해 구현할 수 있다. 예) 정전으로부터 보호하기 위해 1분마다 메모리(RAM) 버퍼의 내용을 디스크로 기록하는 워드 프로세서를 설계할 수 있다. 이를 위한 쓰레드가 생성될 수 있는데, 유일한 업무는 주기적인 백업이며 운영체제를 통해 직접 자신을 스케줄 한다. 이때 시간을 검사하거나 또는 입력 및 출력을 조정하기 위해 주 프로그램 내에 복잡한 코드를 작성할 필요는 없다.
 - 빠른 수행:
 - 멀티쓰레드 프로세스는 어떤 데이터 묶음(batch)을 계산하면서 동시에 어떤 장치로부터 다음 데이터 묶음을 읽어 들일 수 있다. 멀티프로세스시스템에서 한 프로세스 내의 여러 쓰레드들은 실제적으로 동시에 수행될 수 있다. 따라서 한 쓰레드가 특정 데이터 묶음을 읽기 위해 입출력 작업 완료를 기다리면서 블록(block)될지라도, 또 다른 쓰레드가 수행될 수 있다.
 - 모듈 프로그램 구조:
 - 다양한 활동 혹은 입출력 연산에 대한 다양한 출발 · 목적지를 포함하고 있는 프로그램의 경우, 쓰레드들을 사용하여 설계하고 구현하는 것이 편리하다.

프로세스와 쓰레드

- 쓰레드의 장점: 예 (그림 4.3: RPC(Remote Procedure Call))



프로세스와 스레드

- 스레드의 기능(thread functionality)

- 스레드 상태

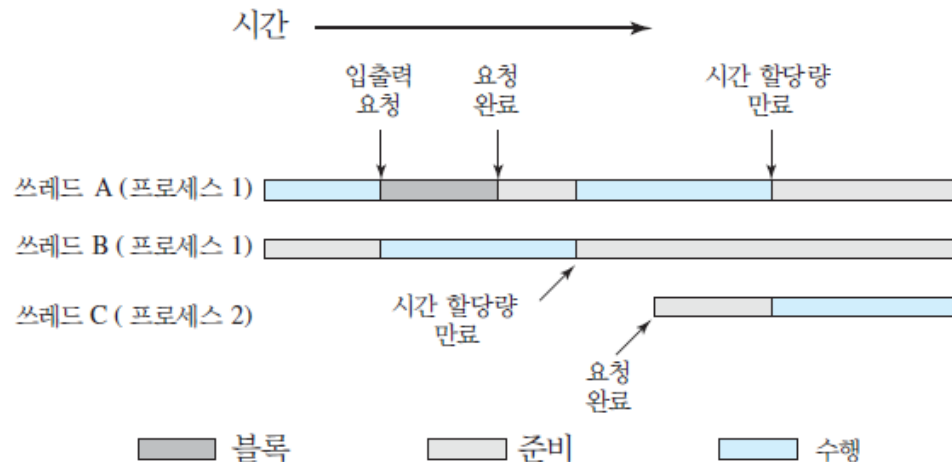
☞ 보류(Suspended)고 가능 ?

- 수행, 준비, 블록

- 기본적인 스레드 연산:

- 생성(Spawn), 디스패치(Dispatch), 블록(Block), 비블록(Unblock), 종료(Finish)

- 그림 4.4: 단일 처리기 상에서 다중 스레딩의 예



← 단일처리기
환경

그림 4.4 단일 처리기 상에서 멀티스레딩 예

프로세스와 쓰레드

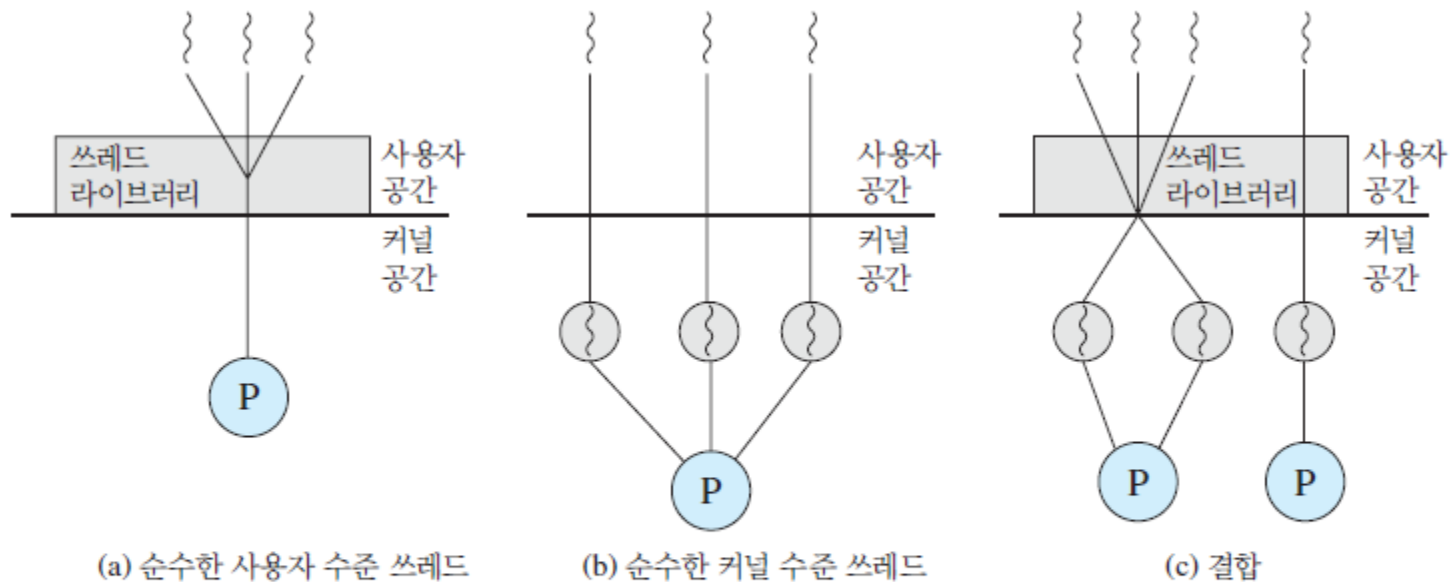
- 쓰레드 기능

- 쓰레드 동기화(synchronization)

- 한 프로세스 내의 모든 쓰레드들은 동일 주소 공간 및 자원들을 공유
 - 공유 자원: 전역 변수, 파일, 힙(heap) 영역
 - 공유 자원에 대해 동시 접근 시(특히, 갱신 시), 일관성 유지 기법 필요
 - 예) 한 공유 변수에 대해 읽기 연산은 동시 접근이 가능하나, 쓰기 연산은 한 순간에 하나만 가능
 - 동기화 관련 내용은 제 5장 및 제 6장에서 다룸

쓰레드의 유형

- 사용자 수준 쓰레드(User-level thread, ULT)
- 커널 수준 쓰레드(Kernel-level thread, KLT)



{ 사용자 수준 쓰레드 () 커널 수준 쓰레드 P 프로세스

그림 4.5 사용자 수준 쓰레드와 커널 수준 쓰레드

프로세스와 쓰레드

- 사용자 수준 쓰레드 및 커널 수준 쓰레드
 - 사용자 수준 쓰레드
 - 응용이 모든 쓰레드 관리를 책임짐 (**쓰레드 라이브러리가 쓰레드 생성, 제거, 데이터 전송, 동기화, 스케줄, 문맥교환을 수행**)
 - 커널은 쓰레드의 존재를 모름
 - 이러한 접근 방법의 예로 *cthread* 및 *pthread* 등이 있음.
 - 커널 수준 쓰레드
 - 커널이 프로세스 및 쓰레드에 대한 문맥 정보를 관리
 - 쓰레드에 대한 스케줄링이 커널 수준에서 수행됨
 - 이러한 접근 방법의 예로 Windows가 있음
 - 결합된 접근 방법 (Combined approach)
 - 대표적인 예로 Solaris가 있음

프로세스와 쓰레드

- 사용자 수준 쓰레드 및 커널 수준 쓰레드(계속)

- 사용자 수준 쓰레드의 장점

- 쓰레드 교환/교체 시에 커널 모드 권한이 불필요 (두 번의 모드 전이 오버헤드를 절약 가능)
 - 특정 응용에 적합한 스케줄링 적용 가능
 - 모든 OS에서 수행 가능

- 사용자 수준 쓰레드의 단점

- 한 쓰레드가 블록 상태를 유발하는 시스템 호출을 수행할 경우, 자신뿐만 아니라 그 프로세스 내의 모든 다른 쓰레드들도 블록됨
 - 다중처리기의 장점을 살리지 못함.
 - 커널 루틴 자체는 다중쓰레딩 될 수 없다

표 4.1 쓰레드와 프로세스 연산지연(μ s)

연산	사용자 수준 쓰레드	커널 수준 쓰레드	프로세스
Null Fork	34	948	11,300
Signal-Wait	37	441	1,840

프로세스와 쓰레드

- 사용자 수준 쓰레드 상태들의 예

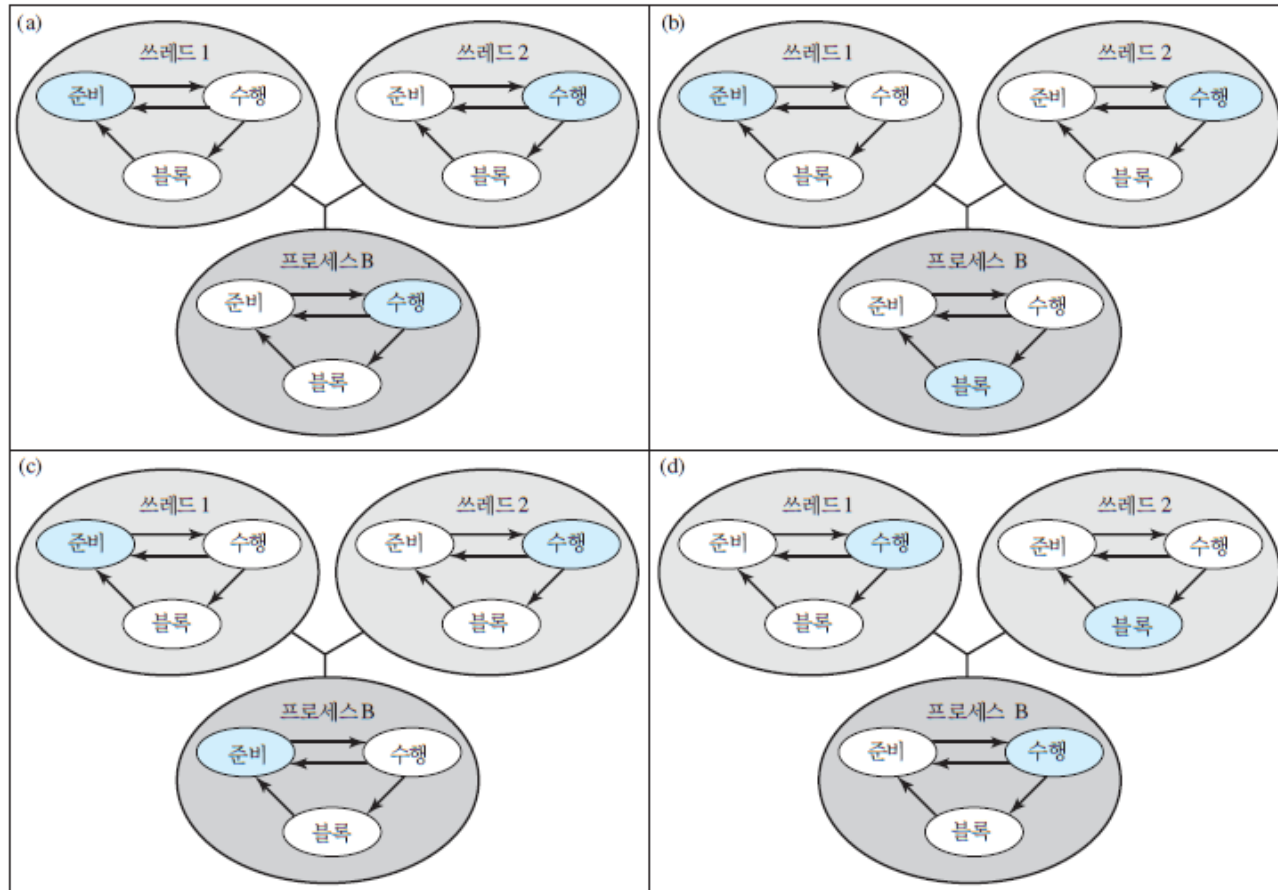


그림 4.6 사용자 수준 쓰레드 상태와 프로세스 상태 사이의 관계의 예

프로세스와 쓰레드

- 쓰레드와 프로세스 간의 관계

표 4.2 쓰레드와 프로세스간의 관계

쓰레드:프로세스	설 명	시스템 예
1:1	수행 중인 각 쓰레드는 자신의 주소 공간과 자원을 갖는 유일한 프로세스이다.	대부분의 UNIX 시스템
M:1	프로세스는 주소 공간과 동적인 자원 소유권을 정의하며, 여러 쓰레드가 이 프로세스 내에서 생성 및 수행될 수 있다.	Windows NT, Solaris, Linux, OS/2, OS/390, MACH
1:M	쓰레드는 한 프로세스 환경에서 다른 프로세스 환경으로 이동할 수 있다. 이것은 쓰레드가 다른 시스템 간을 쉽게 이동할 수 있도록 해준다.	Ra(Clouds), Emerald
M:N	1:M과 M:1의 특성을 혼합한 것이다.	TRIX

멀티코어와 멀티쓰레딩

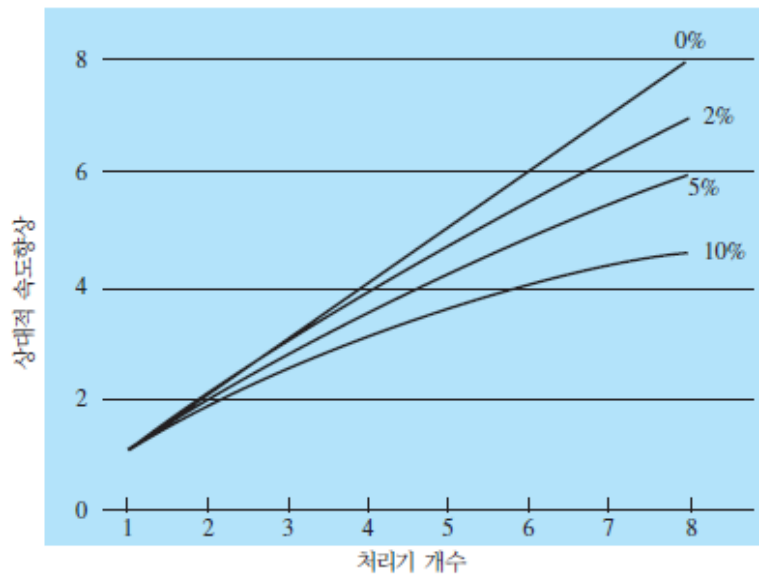
- Amdahl의 법칙

$$\text{속도향상} = \frac{\text{단일 처리기 상에서 프로그램을 실행한 시간}}{N\text{개의 병렬 처리기 상에서 프로그램을 실행한 시간}} = \frac{1}{(1-f) + \frac{f}{N}}$$

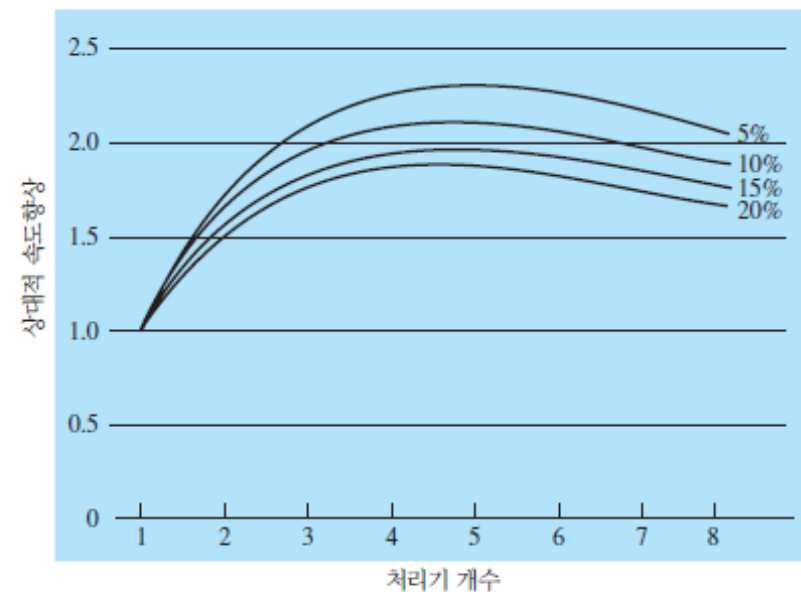
이 법칙은 프로그램의 실행 시간이 본래부터 순차적으로 동작하는(병렬화할 수 없는) 코드를 포함한 $(1-f)$ 의 실행 시간과 스케줄링 부하 없이 병렬로 처리 가능한 코드를 포함한 f 의 실행 시간으로 구성되어 있다고 가정한다.

멀티코어와 멀티쓰레딩

- 멀티코어가 성능에 미치는 영향



(a) 순차 수행 비율이 0%, 2%, 5%, 10% 일 때 속도 향상



(b) 오버헤드를 고려한 속도 향상

멀티코어와 멀티쓰레딩

- 멀티코어가 성능에 미치는 영향

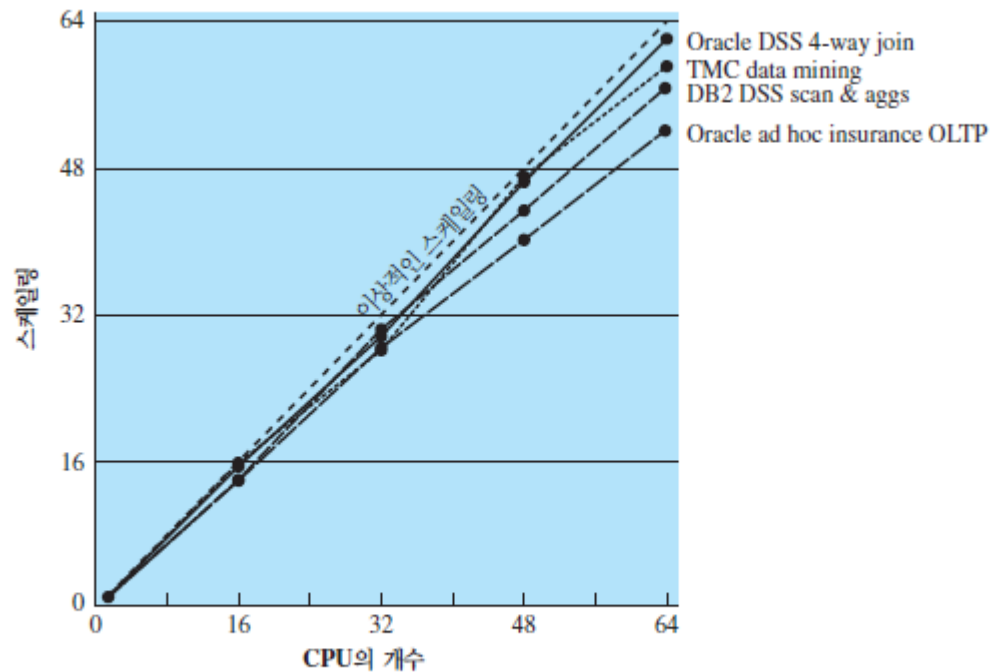


그림 4.8 멀티프로세서 하드웨어 상에서 데이터베이스 작업량의 스케일링

멀티코어와 멀티쓰레딩

- **멀티코어 성능 향상이 많은 응용**
 - **멀티쓰레드화된 네이티브 응용:**
 - 멀티쓰레드화된 응용은 소수의 고도로 쓰레드화된 프로세스를 의미
 - **멀티프로세스 응용:**
 - 다수의 단일 쓰레드화된 프로세스들이 존재한다는 의미
 - **자바 응용:**
 - 기본적인 쓰레딩을 지원. 멀티쓰레드화된 응용을 개발하는데 매우 용이
 - 자바 가상 머신도 자바 응용에 대한 스케줄링과 메모리 관리를 지원하는 멀티쓰레드화된 프로세스임
 - **멀티인스턴스 응용:**
 - 개별적인 응용이 많은 수의 쓰레드를 사용해서 속도를 향상시키지 못할지라도 다수의 응용 인스턴스를 멀티코어 구조상에서 병렬적으로 실행함으로써 속도를 향상시킬 수 있다.

응용 예제: Valve 게임 소프트웨어

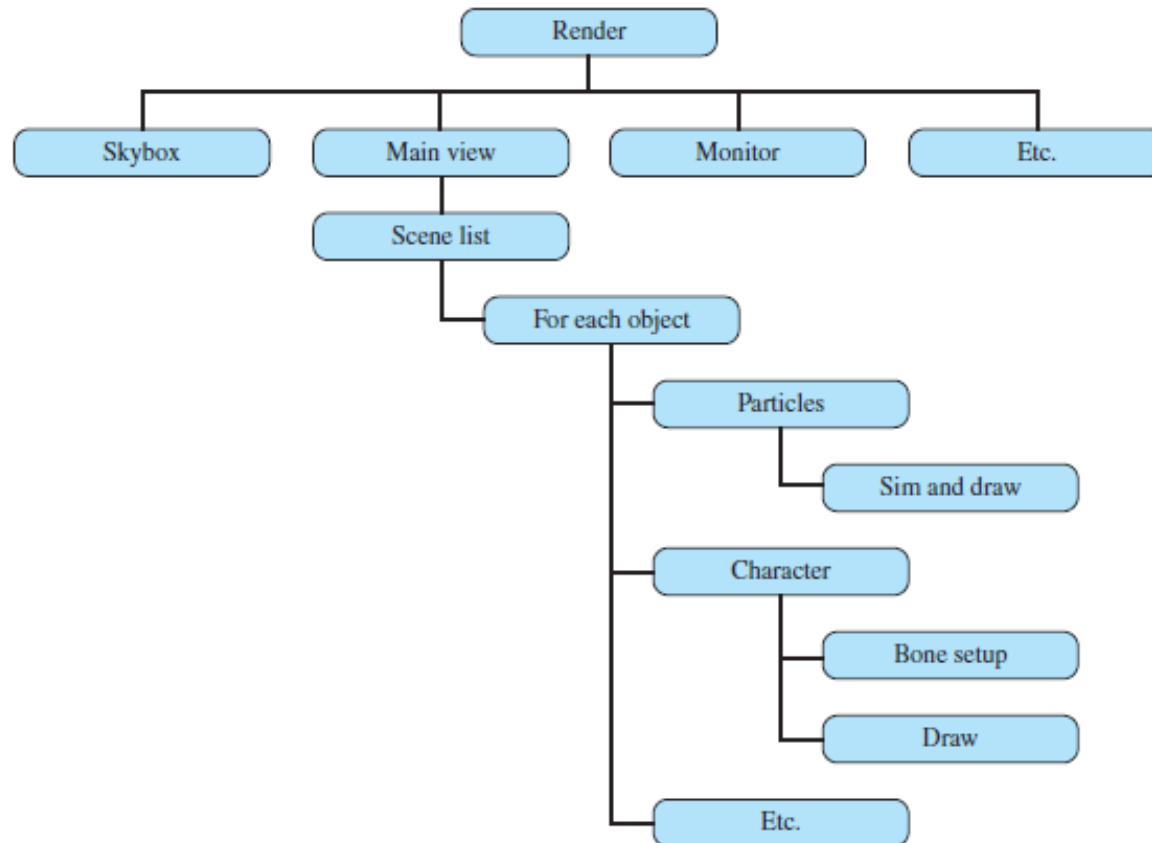


그림 4.9 렌더링 모듈에 대한 하이브리드 쓰레딩

Windows 8의 프로세스와 스레드 관리

- 응용은 하나 또는 그 이상의 프로세스로 구성
- 각 프로세스는 프로그램 실행을 위한 자원을 제공
- 스레드는 실행을 위해 스케줄링 될 수 있는 프로세스 내의 개체
- 작업 객체는 프로세스들의 그룹을 하나의 단위로써 관리할 수 있게 함
- 스레드 풀은 응용을 대신하여 비동기적인 콜백을 효과적으로 실행하는 작업 스레드의 집합
- 파이버는 응용 프로그램에 의해 수동으로 스케줄링되는 실행 단위
- 사용자모드 스케줄링 (UMS) 은 응용이 자신의 스레드를 통해 스케줄링하는 경량화 기법

Windows 8의 프로세스와 쓰레드 관리

- 후면 작업과 응용의 생명주기 측면에서 전통적인 Windows 접근 방법과 차이가 있음
- 개발자들은 자신이 개발한 개별 응용프로그램의 상태를 관리해야 할 책임이 있음
- 새로운 Metro 인터페이스에서는 Windows 8이 응용 프로그램의 프로세스 생명주기를 관리
 - 제한된 숫자의 응용 프로그램이 SnapView 기능을 사용하는 Metro 사용자 인터페이스에서 메임 앱과 동시에 수행
 - 하나의 Store 응용 프로그램만이 차례대로 수행
- Live Tiles은 시스템 상에서 지속적으로 수행되는 응용 프로그램의 외관을 보여줌
 - 실제로 푸시 알림을 받을 뿐이지 제공된 동적 콘텐츠를 보여주기 위해 시스템 자원을 사용하지 않음

Metro 인터페이스

- Metro 인터페이스에서 전면 응용은 사용자가 사용할 수 있는 모든 처리기, 네트워크, 디스크 자원을 접근함
 - 다른 응용들은 보류 상태로 이러한 자원을 접근할 수 없음
- 응용이 보류 상태로 전환될 때 사용자 정보의 상태를 저장하기 위한 이벤트가 발생됨
 - 응용 개발자가 이를 처리해야 함
- Windows 8은 후면 응용을 종료시킴
 - 앱의 실행이 보류되거나 Windows에 의해 종료되었을 때 이전의 상태를 복원하기 위해서 앱의 상태를 저장할 필요가 있음
 - 앱이 전면으로 전환되었을 때는 메모리로부터 사용자의 상태를 가져오는 이벤트가 발생

윈도우 프로세스

Windows 커널에 의해 제공되는 프로세스와 서비스는 상대적으로 단순하고 범용성을 가짐

- 객체로 구현되어 있음
- 새로운 프로세스로 생성되거나 기존의 프로세스를 복사
- 수행 가능한 프로세스는 하나 이상의 쓰레드를 가지고 있음
- 프로세스와 쓰레드 객체는 동기화 능력을 내장하고 있음



윈도우 프로세스와 자원

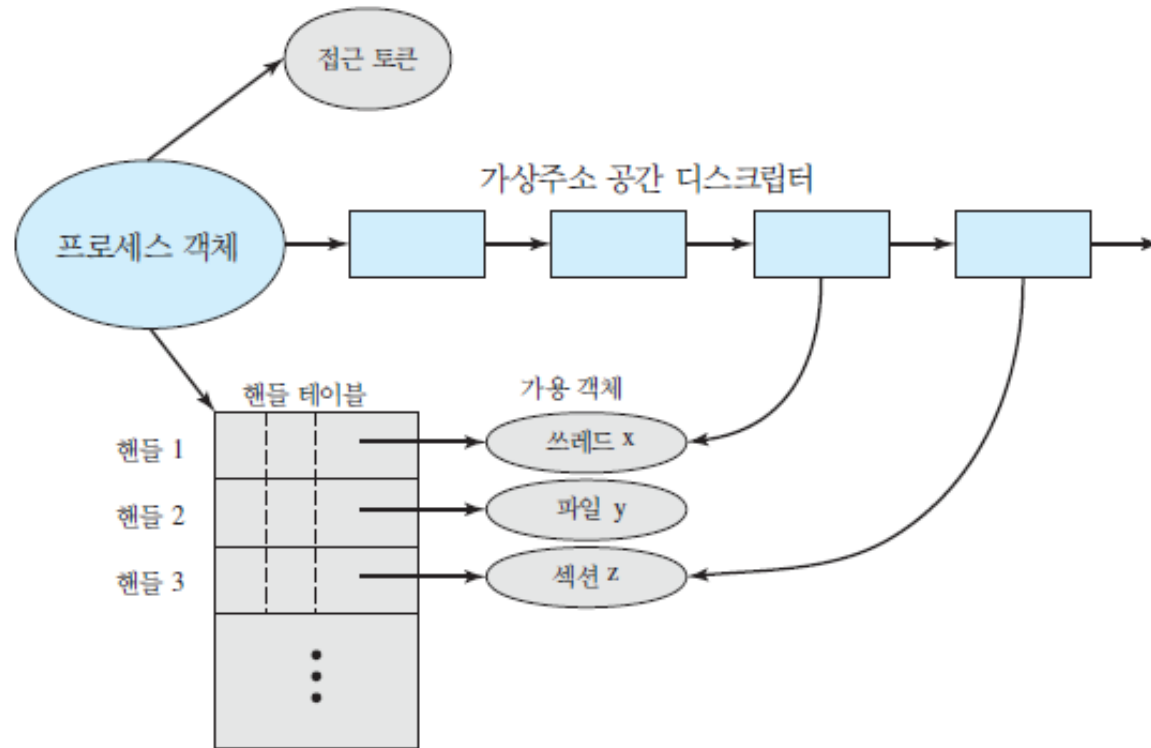


그림 4.10 Windows 프로세스와 자원

윈도우 프로세스 객체 속성

표 4.3 Windows 프로세스 객체 속성

프로세스 ID	운영체제에서 프로세스를 식별할 수 있는 유일한 값.
보안 디스크립터	누가 객체를 생성했으며, 누가 객체(로) 사용(접근)할 수 있는가, 누가 객체로의 접근이 거부되는지 등을 기술.
기준(base) 우선순위	프로세스 내의 쓰레드에 대해 기준이 되는 수행 우선순위.
기본(default) 처리기 친화성	처리기들의 기본 집합으로, 프로세스 내의 쓰레드들이 그 처리기들 상에서 수행됨
쿼터(quota) 한도	페이지로 분할된(paged) 또는 그렇지 않은 시스템 메모리, 페이징 파일 공간, 사용자 프로세스가 사용할 수 있는 처리기 시간 등에 대한 최대량
수행 시간	프로세스 내의 쓰레드가 수행된 총 시간
I/O 카운터(계수기)	프로세스 내의 쓰레드가 수행한 입출력 연산의 유형과 회수를 기록한 변수들
VM 연산 카운터	프로세스 내의 쓰레드가 수행한 가상메모리 연산의 유형과 회수를 기록한 변수들
예외상황/디버깅 포트	프로세스 내의 쓰레드 중 하나가 예외상황을 발생시켰을 때, 프로세스 관리자가 메시지를 보낼 프로세스 간 통신 채널
종료 상태	프로세스가 종료된 이유

윈도우 쓰레드 객체 속성

표 4.4 Windows 쓰레드 객체 속성

쓰레드 ID	쓰레드가 어떤 서버를 호출했을 때 쓰레드를 식별할 수 있는 유일한 값
쓰레드 문맥	쓰레드의 수행 상태를 정의하는 레지스터 값과 기타 휘발성(volatile) 데이터 값들의 집합
동적 우선순위	임의 시점에서 쓰레드 수행 우선순위
기준 우선순위	쓰레드의 동적 우선순위에 대한 하한값
쓰레드 처리기 친화성	쓰레드를 수행할 수 있는 처리기들의 집합으로, 해당 쓰레드가 속한 프로세스의 처리기 친화성과 같거나 그 일부이다.
쓰레드 수행시간	쓰레드가 사용자 모드와 커널 모드에서 수행한 누적 시간
경보(alert) 상태	쓰레드가 비동기 프로시저 호출을 수행해야하는지를 나타내는 플래그
보류 계수(count)	쓰레드의 수행 재개 없이 보류된 횟수
위장 토큰	한 쓰레드가 다른 프로세스 대신 연산을 수행하게 해주는 임시 접근 토큰(서브시스템에서 사용)
종료 포트	쓰레드가 종료되었을 때 프로세스 관리자가 메시지를 보내는 프로세스 간 통신채널(서브시스템에서 사용)
쓰레드 종료 상태	쓰레드가 종료된 이유

윈도우 쓰레드 상태

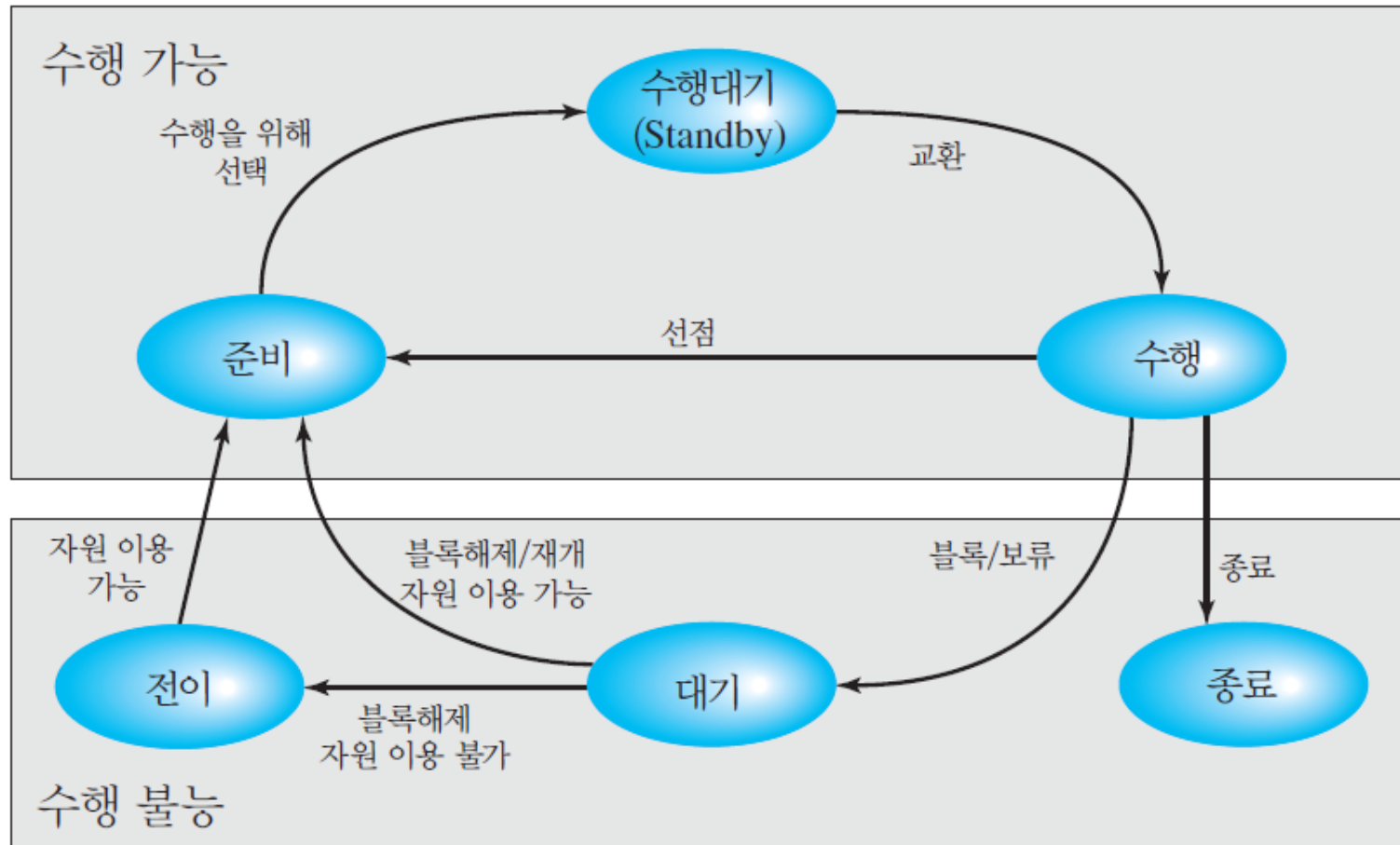


그림 4.11 Windows 쓰레드 상태

Solaris 쓰레드 및 SMP 관리

- 다단계 쓰레드 구조

- 프로세스: 보통의 UNIX 프로세스
 - 사용자 주소공간, 스택, 프로세스 제어 블록(PCB) 등을 포함
- 사용자 수준 쓰레드 (ULT)
 - 프로세스 주소공간에서 쓰레드 라이브러리를 통해 구현
- 경량 프로세스 (Lightweight processes \equiv LWP)
 - ULT와 커널 쓰레드 사이의 사상(mapping)
- 커널 쓰레드 \equiv 커널 수준 쓰레드 (KLT)
 - 처리기에 수행되는 기본 개체

→ 그림 4.15 참조

Solaris 쓰레드 및 SMP 관리

- 프로세스와 쓰레드 관계

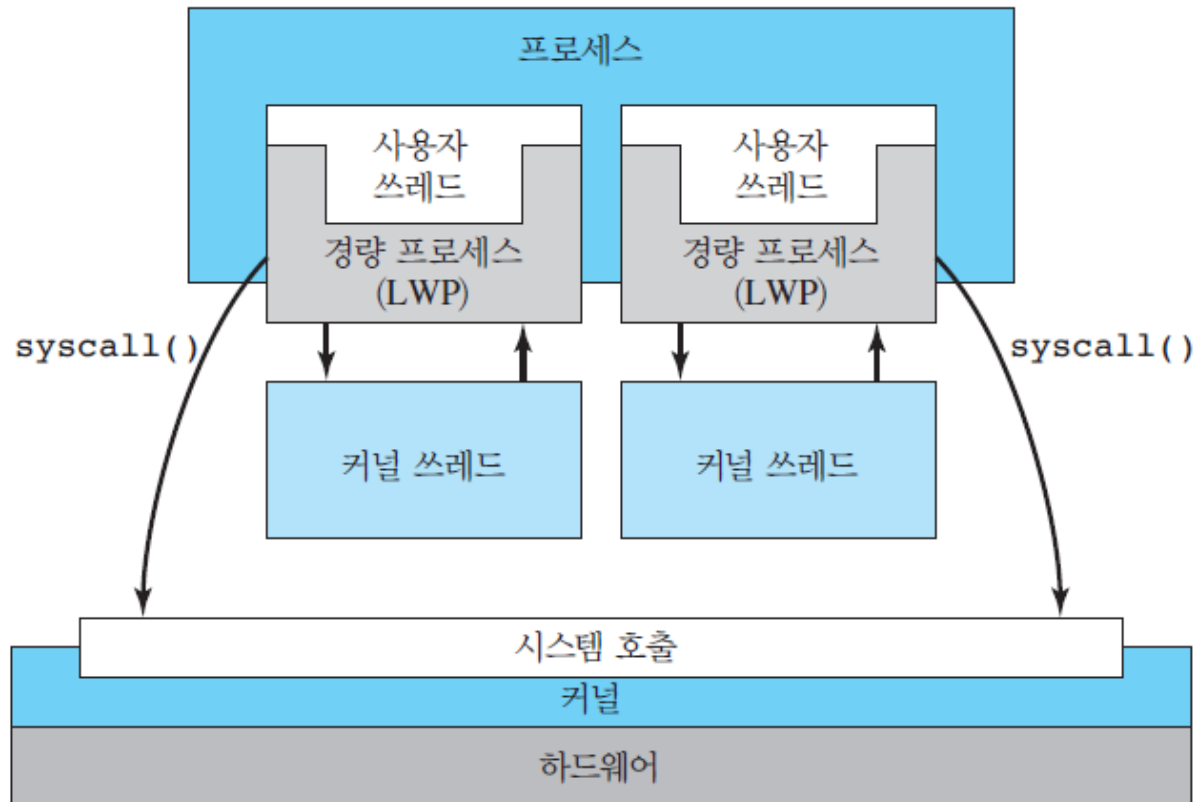
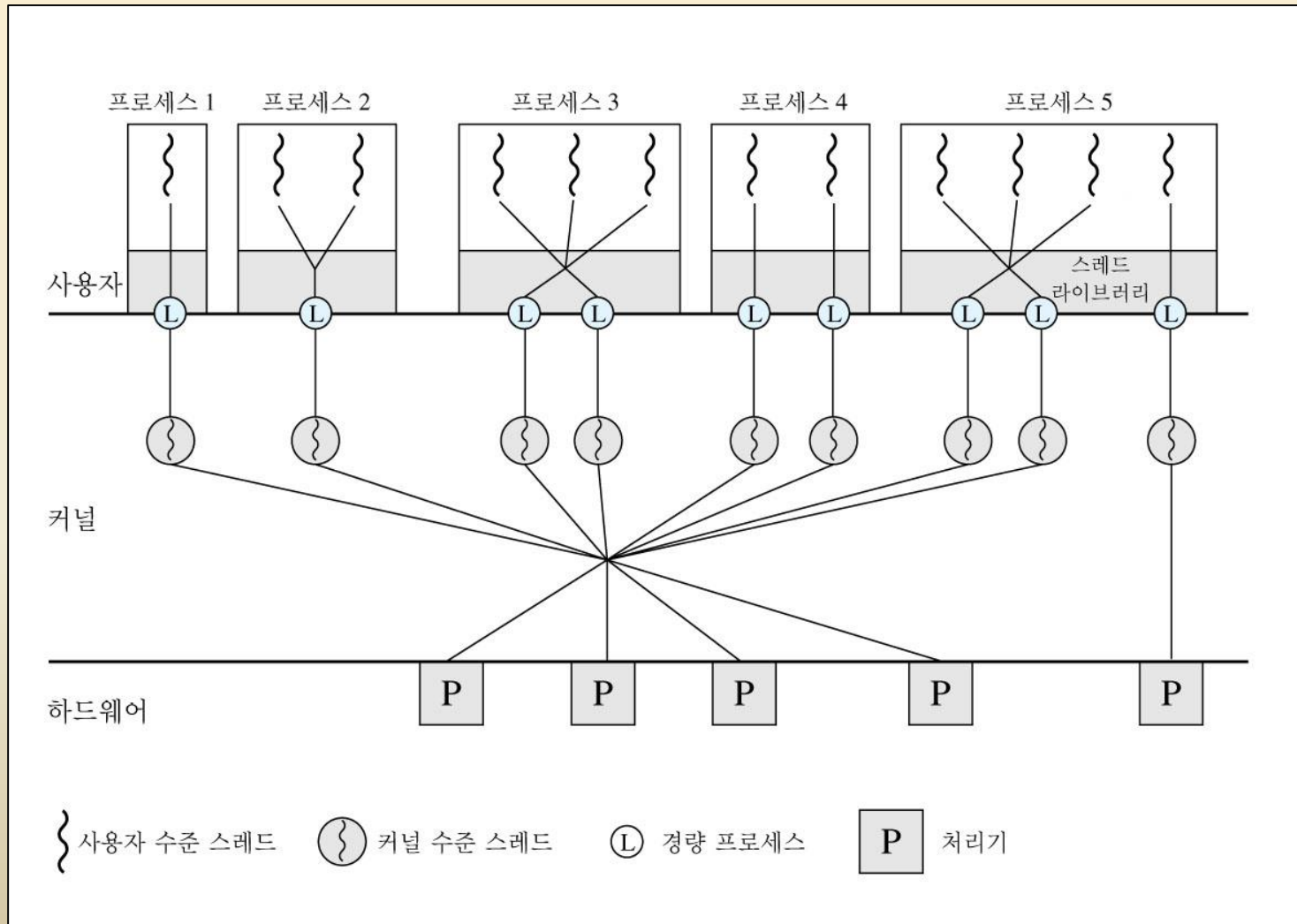


그림 4.12 Solaris에서의 프로세스와 쓰레드 [MCDO07]

Solaris 쓰레드 및 SMP 관리

- Solaris 다중쓰레드 구조의 예



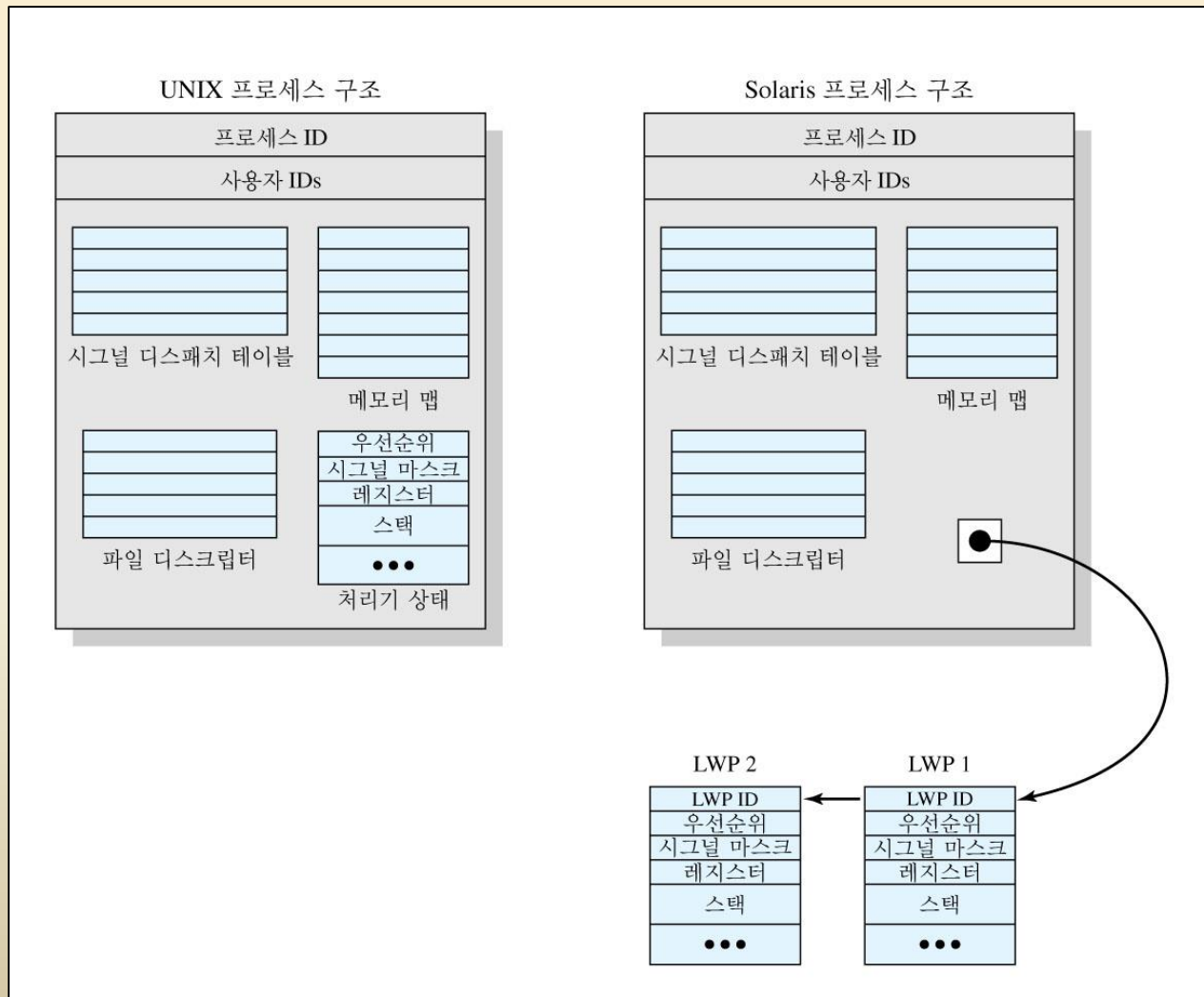
Solaris 쓰레드 및 SMP 관리

- 동기 (motivations)

- 어떤 프로그램은 논리적인 병렬성(parallelism)을 가지지만 하드웨어 병렬성을 요구하지 않는다. → 하나의 LWP에 ULT들의 집합 사상 가능
 - 예: 다중 윈도우 환경에서 한 순간에 하나의 윈도우만이 활성화
- 어떤 응용이 (I/O 요청과 같이) 블록될 수 있는 쓰레드를 포함하는 경우에는 다수의 LWP를 이용하는 것이 효과적
- 어떤 응용에서는 ULT를 LWP에 일대일로 사상하는 것이 효과적
 - 예: 병렬 배열 계산 (parallel array computation)
- 혼합 형태(Hybrids): bound and unbound ULTs가 공존
 - 예: 어떤 쓰레드는 RT 스케줄링을 수행하고, 나머지 쓰레드는 후면 함수(background functions)을 수행
- 순수 커널 쓰레드

Solaris 쓰레드 및 SMP 관리

- 전통적인 UNIX 및 Solaris에서 프로세스 구조 (그림 4.16)



Solaris 쓰레드 및 SMP 관리

- Solaris thread state

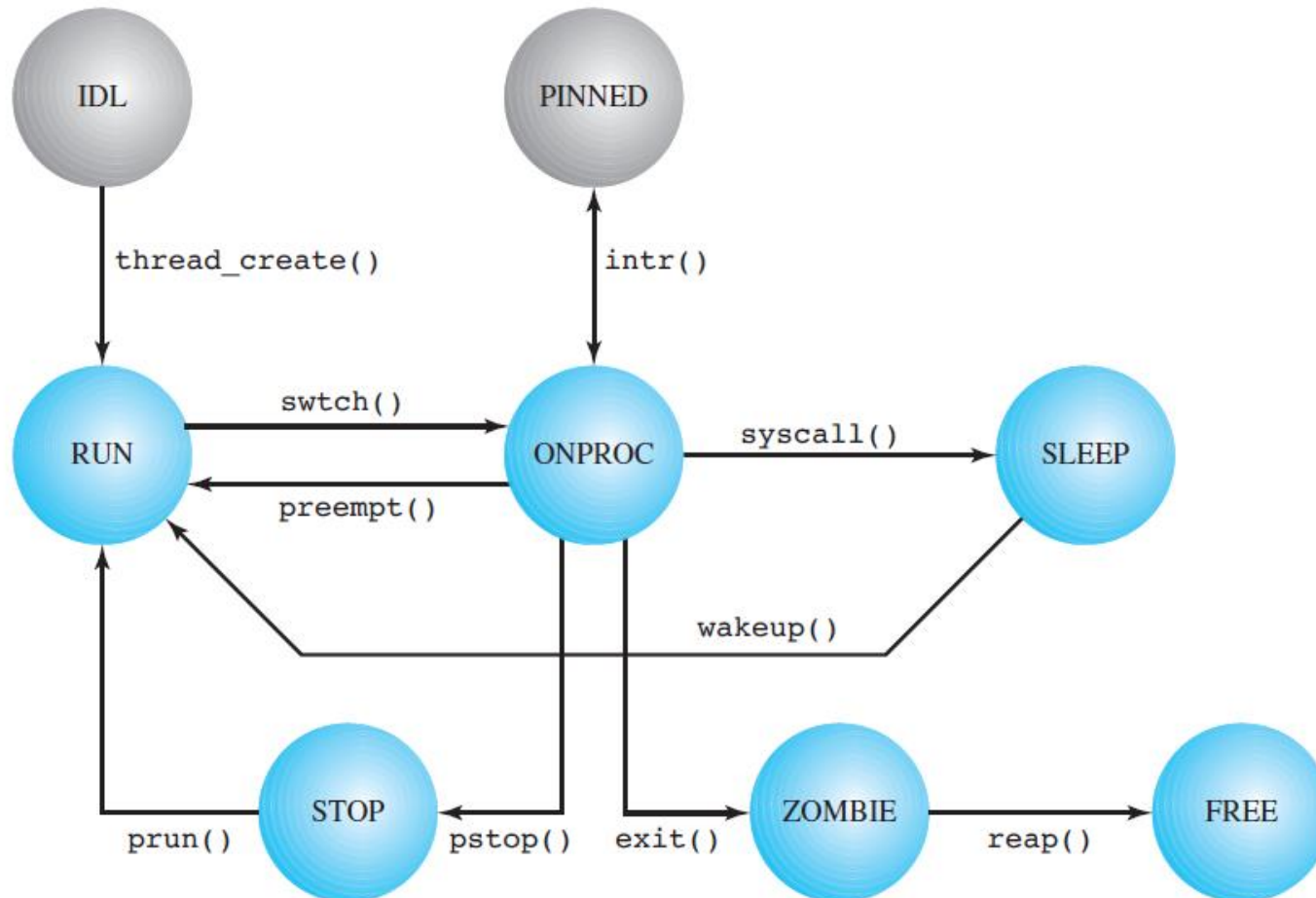


그림 4.17 Solaris 쓰레드의 상태

Solaris 쓰레드 및 SMP 관리

- 활성화(active, 수행 중) 상태의 ULT 쓰레드에 대한 상태 전이의 예
 - 동기화 필요: 수면(sleeping) 상태로 전이
 - 예: 5장에서 기술될 상호배제 필요
 - 보류(suspension): 쓰레드를 보류시켜 정지(stopped) 상태로 전이
 - 선점(preemption):
 - 활성화 상태의 쓰레드가 수행가능(runnable) 상태로 전이
 - 양보(yielding):
 - thr_yield() 라이브러리 함수를 호출하면 수행가능 상태로 전이

➡ Solaris: Interrupts as Threads

- 인터럽트 쓰레드 도입

Linux 프로세스와 스레드 관리

- Linux 태스크 (task_struct 자료구조)
 - 상태
 - Running, Interruptable, Uninterruptable, Stopped, Zombie
 - 스케줄링 정보
 - 정책: SCHED_RR, SCHED_FIFO, SCHED_OTHER
 - O(1) scheduler in Linux 2.6.*
 - 식별자(pid, uid, gid)
 - 프로세스간 통신 (IPC)
 - 링크: 부모 프로세스, 준비 상태의 프로세스들, 블록상태의 프로세스들
 - 시간과 타이머
 - 파일 시스템
 - ☞ Linux: 다른 플래그(flag)를 갖는 clone()
 - ☞ 스레드를 위해 별도의 분리된 자료구조가 없다.
 - 주소 공간
 - 처리기 의존 문맥(processor-specific context) : 레지스터 및 스택 정보

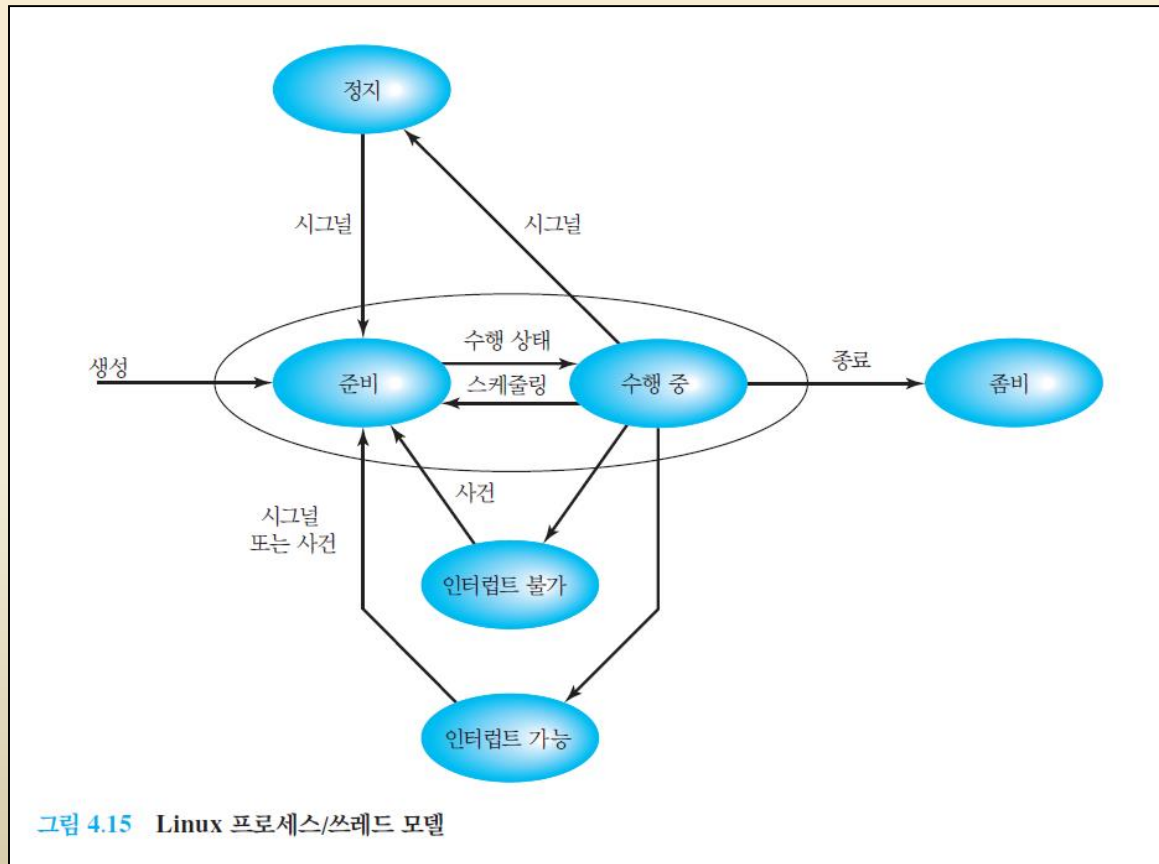
Linux 프로세스와 스레드 관리

- 프로세스/스레드 모델

- 정지(stopped)
- 수행 중(executing)
- 좀비 (zombie)

- * 시그널(signal)

- * 사건(event)



Android 프로세스와 쓰레드 관리

- Android 응용은 앱을 구현한 소프트웨어
- Android 응용은 네 가지 유형의 응용 컴포넌트들의 여러 인스턴스로 구성
- 각 컴포넌트는 한 응용과 다른 응용 내에서 구별된 역할을 수행
- 네 가지 유형의 컴포넌트:
 - 액티비티(Activity)
 - 서비스 (Service)
 - 콘텐츠 프로바이더(Content provider)
 - 브로드캐스트 리시버(Broadcast receiver)

Android 프로세스와 쓰레드 관리

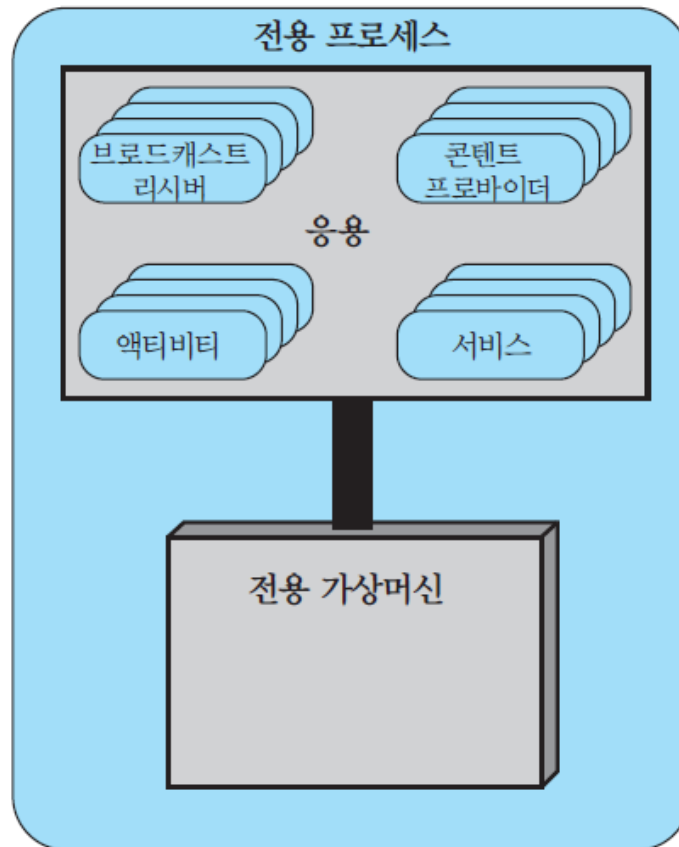
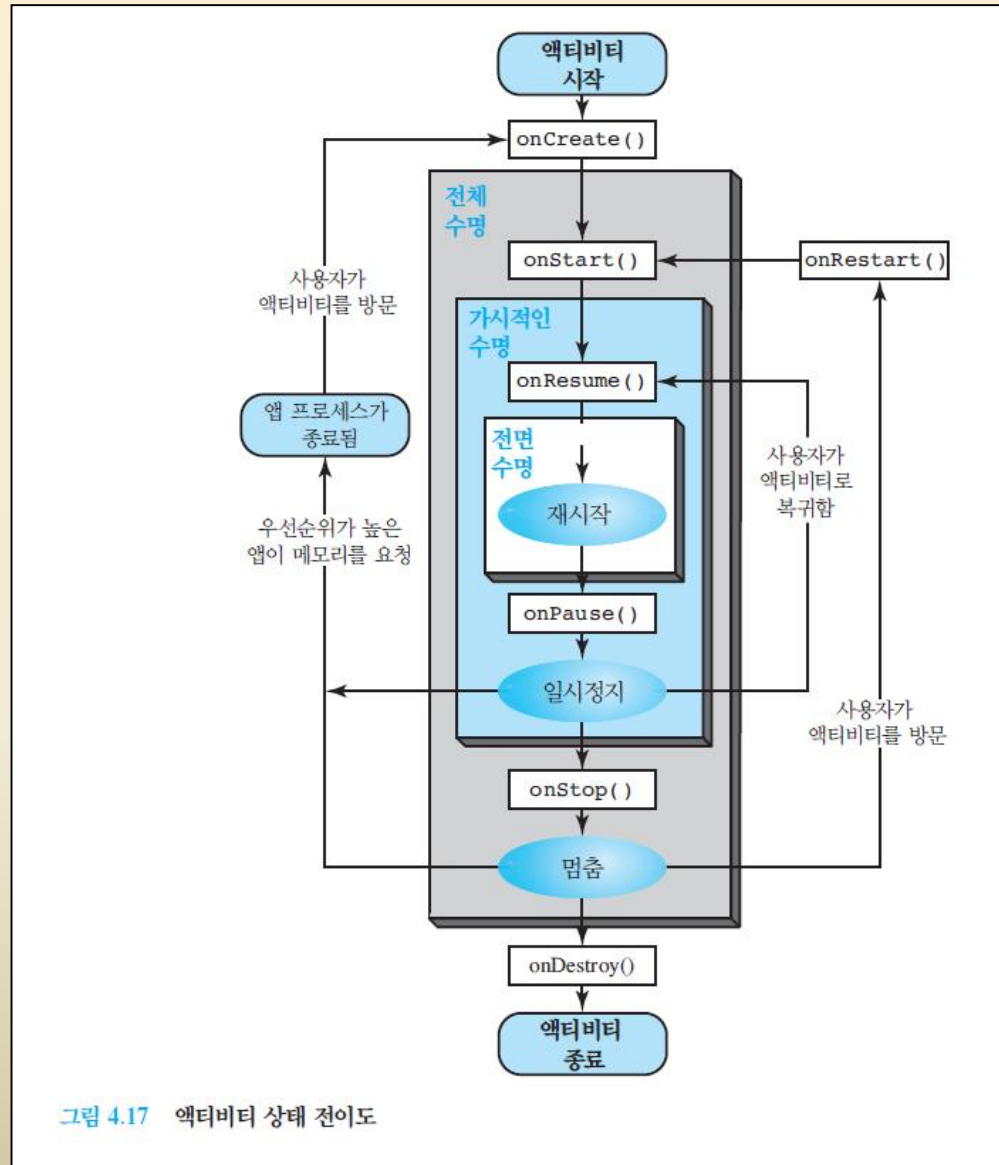


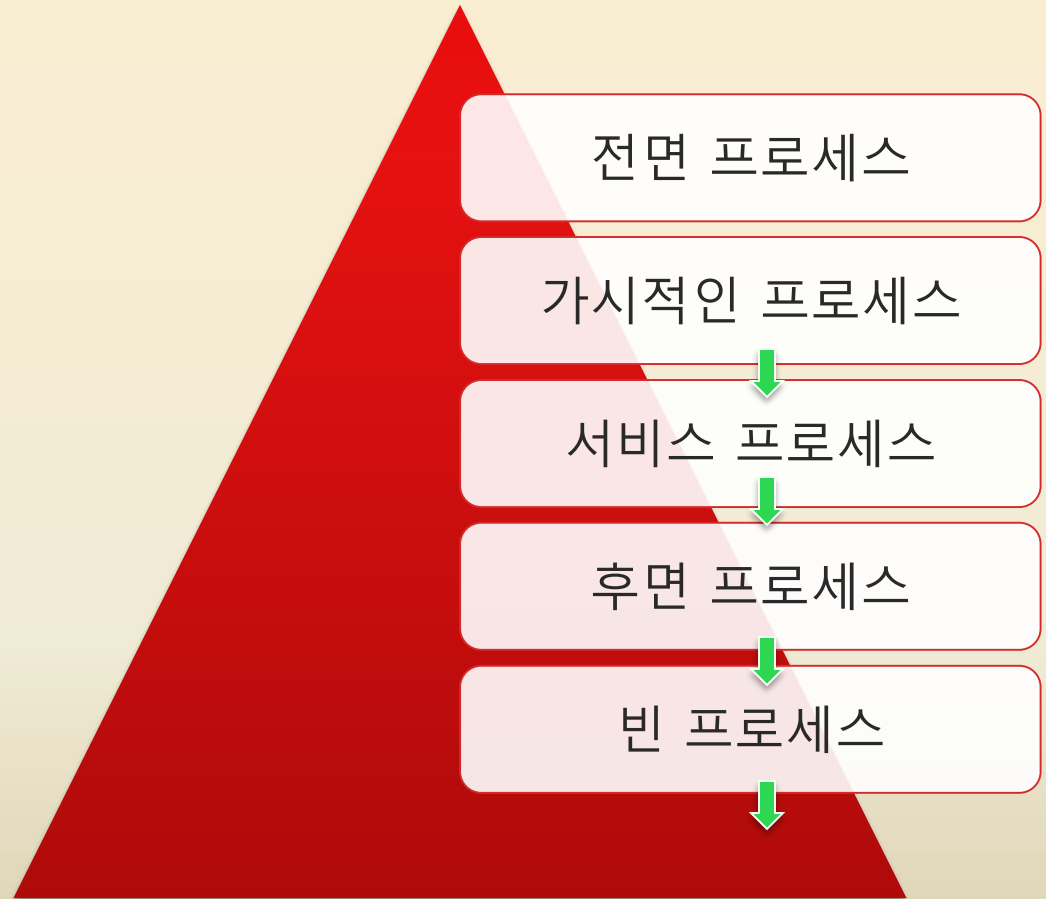
그림 4.16 Android 응용

Android 프로세스와 스레드 관리



프로세스와 쓰레드

- 필요한 자원을 회수할 수 있는 방법을 우선순위에 따라 정렬하여 처리한다.
- 가장 낮은 우선순위를 가진 프로세스부터 처리한다.
- 계층 구조상에서의 우선순위는 다음과 같다:



Mac OS X의 Grand Central Dispatch(GCD)

- 가용 쓰레드 풀을 제공
- 설계자는 독립적으로 디스패치 할 수 있고 병렬적으로 실행 가능한 '블록'으로 응용을 구분
- 병행성은 시스템의 가용 코어 개수와 쓰레드 용량에 따라 결정됨

Mac OS X의 Grand Central Dispatch(GCD)

- 블록

- 프로그래밍 언어를 단순 확장한 것임
- 하나의 블록은 자족적인(self-contained) 작업 단위를 정의
- 프로그래머가 복잡한 함수를 캡슐화할 수 있도록 해줌
- 큐를 사용하여 스케줄링하고 디스패치 함
- 선입 선출 기반으로 디스패치 됨
- 타이머, 네트워크 소켓, 파일 디스크립터와 같은 이벤트 소스와 연동