# 스레드와 멀티태스킹

## 멀티태스킹(multi-tasking) 개념

- □ 멀티태스킹
  - □ 하나의 응용프로그램이 여러 개의 작업(태스크)을 동시에 처리



## 멀티태스킹 응용프로그램 사례

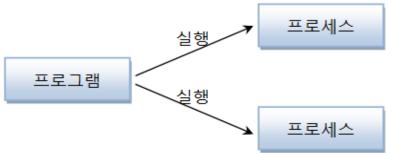


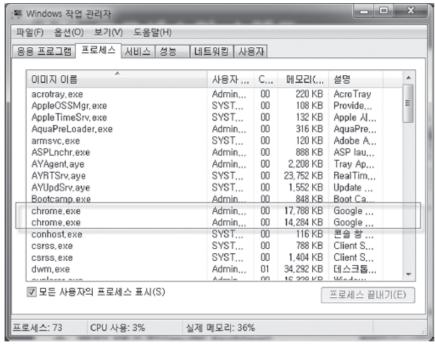
\* 3개의 태스크 동시 실행

\* 3개의 태스크 동시 실행

#### 프로세스와 스레드

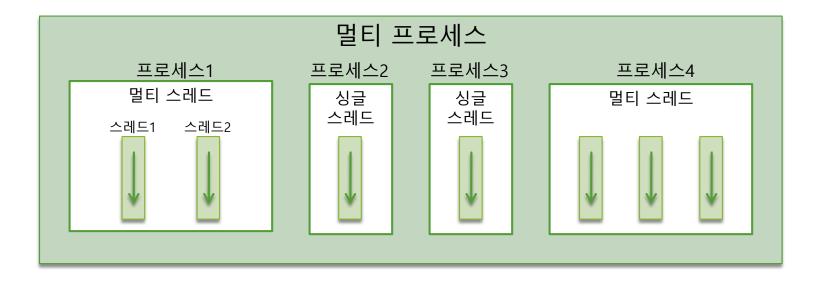
- 프로세스(process)
  - 실행 중인 하나의 프로그램
  - 하나의 프로그램이 다중 프로세스 만들기도 함





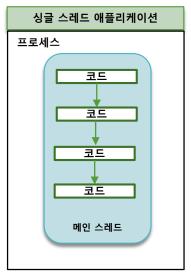
### 프로세스와 스레드

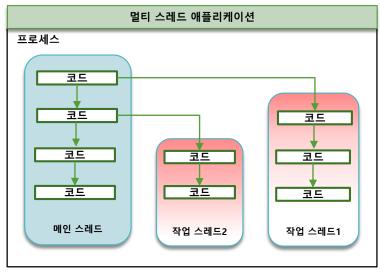
- 멀티 태스킹(multi tasking)
  - 두 가지 이상의 작업을 동시에 처리하는 것
  - 멀티 프로세스
    - 독립적으로 프로그램들을 실행하고 여러 가지 작업 처리
  - 멀티 스레드
    - 한 개의 프로그램을 실행하고 내부적으로 여러 가지 작업 처리



#### 프로세스와 스레드

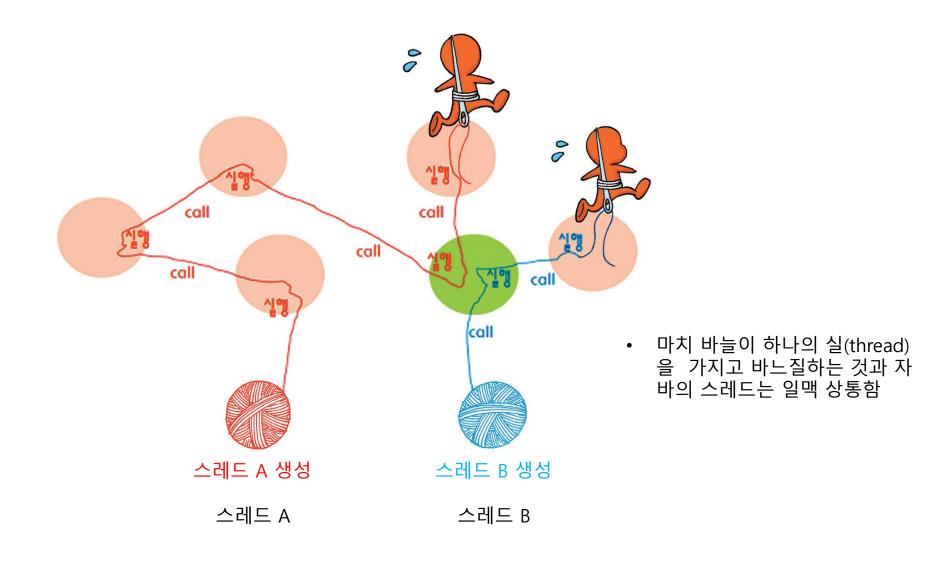
- 메인(main) 스레드
  - 모든 자바 프로그램은 메인 스레드가 main() 메소드 실행하며 시작
  - main() 메소드의 첫 코드부터 아래로 순차적으로 실행
  - main 스레드는 작업 스레드들을 만들어 병렬로 코드들 실행
    - 멀티 스레드 생성해서 멀티 태스킹을 수행함



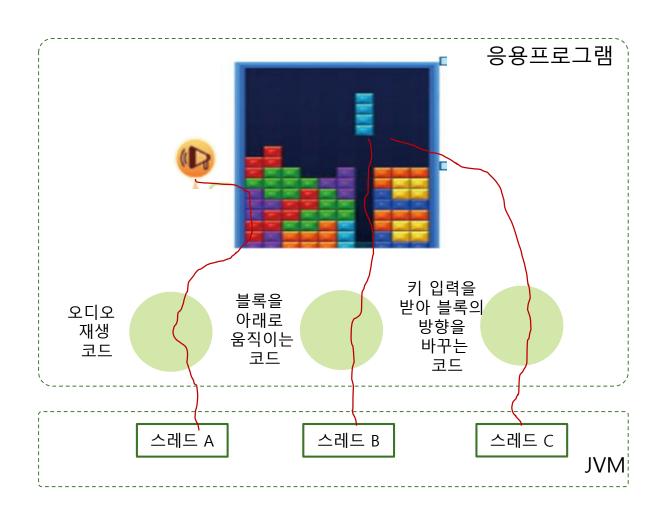


- 프로세스의 종료
  - 싱글 스레드: 메인 스레드가 종료하면 프로세스도 종료
  - 멀티 스레드: 실행 중인 스레드가 하나라도 있다면, 프로세스 미종료

## 스레드(thread) 개념과 실(thread)



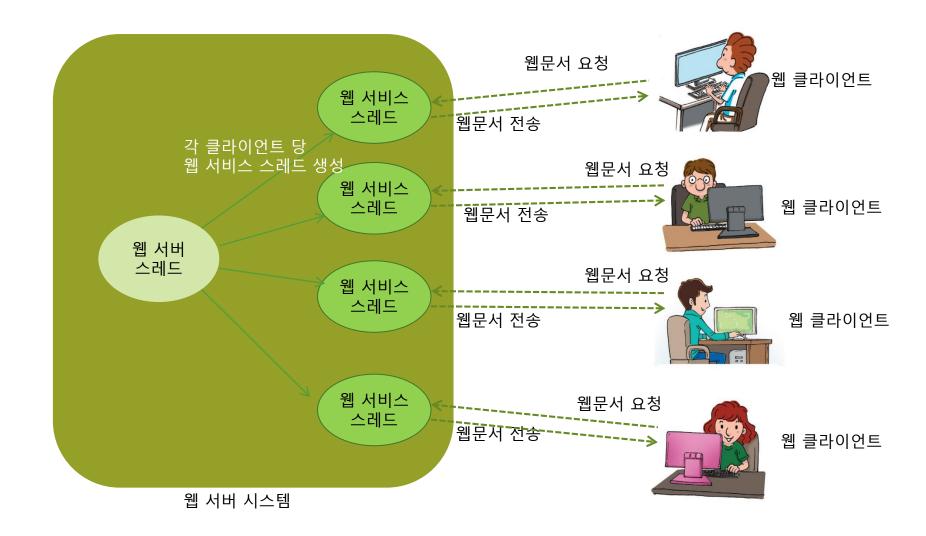
## 테트리스 프로그램을 구성하는 멀티스레드 분석



## 스레드와 멀티스레딩

- □ 스레드
  - □ 사용자가 작성한 코드로서, JVM에 의해 스케줄링 되어 실행되는 단위
- □ 자바의 멀티태스킹
  - □ 멀티스레딩만 가능
    - 스레드는 JVM의 실행 단위, 스케쥴링 단위
  - □ 하나의 응용프로그램은 여러 개의 스레드로 구성 가능
- □ 멀티스레딩의 효과
  - □ 한 스레드가 대기하는 동안 다른 스레드 실행
  - 프로그램 전체적으로 시간 지연을 줄임

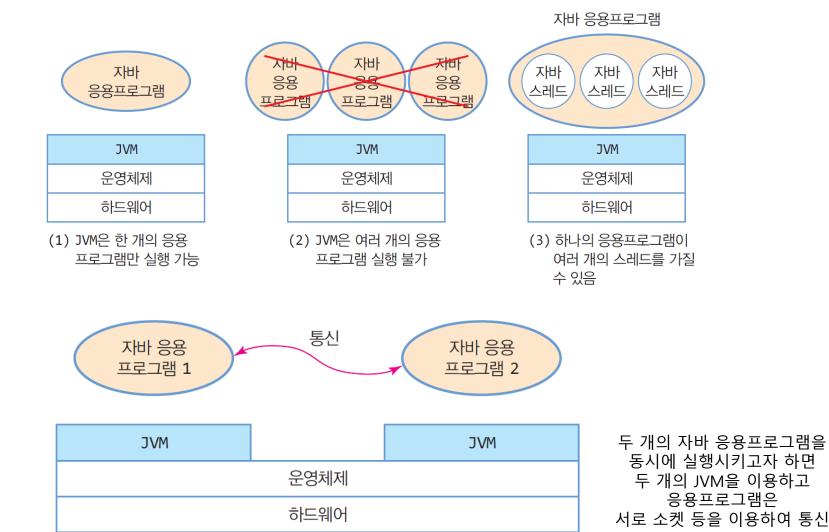
## 웹 서버의 멀티스레딩 사례



## 자바 스레드(Thread)란?

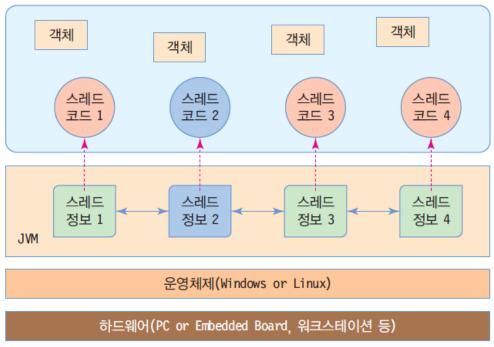
- 🗖 자바 스레드
  - □ 자바 가상 기계(JVM)에 의해 스케쥴되는 실행 단위의 코드 블럭
  - □ 스레드의 생명 주기는 JVM에 의해 관리됨
    - JVM은 스레드 단위로 스케쥴링
- □ JVM과 멀티스레드의 관계
  - □ 하나의 JVM은 하나의 자바 응용프로그램만 실행
    - 자바 응용프로그램이 시작될 때 JVM이 함께 실행됨
    - 자바 응용프로그램이 종료하면 JVM도 함께 종료함
  - □ 하나의 응용프로그램은 하나 이상의 스레드로 구성 가능

## JVM과 자바 응용프로그램, 스레드의 관계



### 자바 스레드와 JVM

자바 응용프로그램



• 각 스레드의 스레드 코드는 응용프로그램 내에 존재함

#### JVM이 스레드를 관리함

- 스레드가 몇 개인지?
- 스레드 코드의 위치가 어디인지?
- 스레드의 우선순위는 얼마인지?
- 등

현재 하나의 JVM에 의해 4 개의 스레드가 실행 중이며 그 중 스레드 2가 JVM에 의해 스케쥴링되어 실행되고 있음

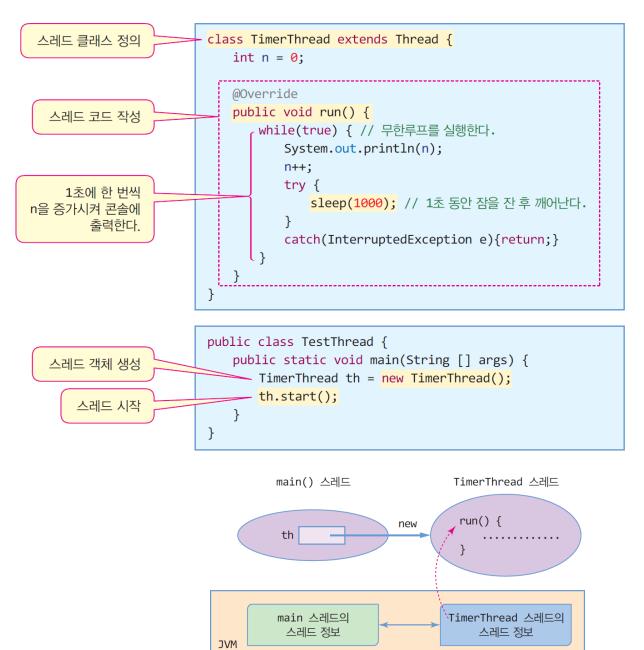
#### 자바에서 스레드 만들기

- □ 스레드 실행을 위해 개발자가 하는 작업
  - □ 자바 스레드로 작동할 스레드 코드 작성
  - □ 스레드 코드를 실행하도록 JVM에게 요청
- □ 스레드 만드는 2 가지 방법
  - java.lang.Thread 클래스를 이용하는 경우
  - □ java.lang.Runnable 인터페이스를 이용하는 경우

## Thread 클래스를 이용한 스레드 생성

스레드 클래스 작성 class TimerThread extends Thread { ■ Thread 클래스 상속. 새 클래스 작성 @Override public void run() { // run() 오버라이딩 스레드 코드 작성 □ run() 메소드 오버라이딩 ■ run() 메소드를 스레드 코드라고 부름 ■ run() 메소드에서 스레드 실행 시작 스레드 객체 생성 TimerThread th = **new** TimerThread(); 스레드 시작 th.start(); ■ start() 메소드 호출 ■ 스레드로 작동 시작, JVM에 의해 스케쥴되기 시작함

\* Thread를 상속받아 1초 단위로 초 시간을 출력하는 TimerThread 스레드 작성



#### 예제 13-1 : Thread를 상속받아 1초 단위의 타이머 만들기

17

```
import java.awt.*;
import javax.swing.*;
class TimerThread extends Thread {
  private JLabel timerLabel;
  public TimerThread(JLabel timerLabel) {
     this.timerLabel = timerLabel;
  @Override
  public void run() {
     int n=0:
     while(true) {
        timerLabel.setText(Integer.toString(n));
        n++;
        try {
          Thread.sleep(1000);
        catch(InterruptedException e) {
          return;
                출 Thread를 상속받은 타이머 스... - □ ×
                                                     Thread를 상속받은 타이머 스... - □ ×
```

```
public class ThreadTimerEx extends JFrame {
  public ThreadTimerEx() {
    setTitle("Thread를 상속받은 타이머 스레드 예제");
    setDefaultCloseOperation(Jframe.EXIT ON CLOSE);
    Container c = getContentPane();
    c.setLayout(new FlowLayout());
    JLabel timerLabel = new JLabel();
    timerLabel.setFont(new Font("Gothic", Font.ITALIC, 80));
    c.add(timerLabel);
    TimerThread th = new TimerThread(timerLabel);
    setSize(300,170);
    setVisible(true);
    th.start();
  public static void main(String[] args) {
    new ThreadTimerEx();
```

2

6



## 스레드 만들 때 주의 사항

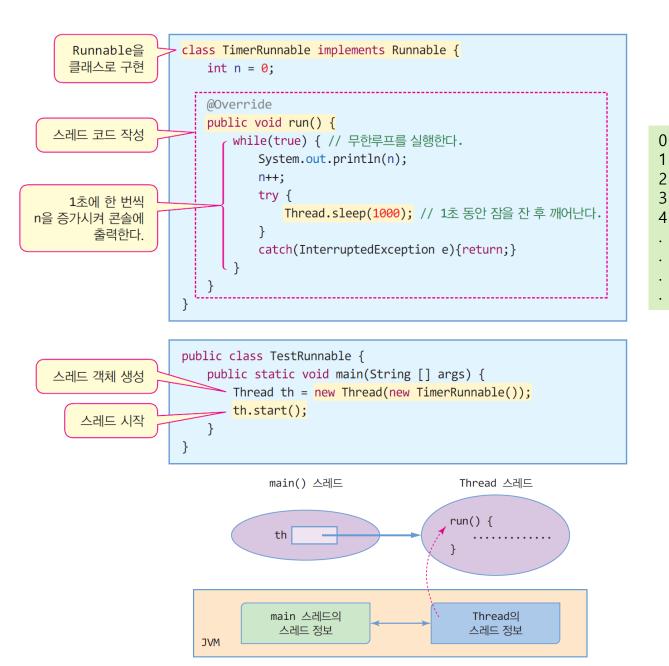
- □ run() 메소드가 종료하면 스레드는 종료한다.
  - □ 스레드가 계속 살아있게 하려면 run() 메소드 내 무한루프 작성
- □ 한번 종료한 스레드는 다시 시작시킬 수 없다.
  - □ 다시 스레드 객체를 생성하고 start()를 호출해야 함
- 한 스레드에서 다른 스레드를 강제 종료할 수 있다.

```
import java.awt.Toolkit;
public class BeepEx {
    public static void main(String[] args) {
        Toolkit toolkit = Toolkit.getDefaultToolkit();
        for(int i=0; i<5; i++) {</pre>
                toolkit.beep();
                try { Thread.sleep(500); } catch(Exception e) {}
        for(int i=0; i<5; i++) {
            System.out.println(""");
            try { Thread.sleep(500); } catch(Exception e) {}
```

## Runnable 인터페이스로 스레드 만들기

□ 스레드 클래스 작성 class TimerRunnable implements Runnable { ■ Runnable 인터페이스 @Override 구현하는 새 클래스 작성 public void run() { // run() 메소드 구현 □ 스레드 코드 작성 □ run() 메소드 구현 ■ run() 메소드를 스레드 코드라고 부름 ■ run() 메소드에서 스레드 실행 시작 □ 스레드 객체 생성 Thread th = new Thread(new TimerRunnable()); □ 스레드 시작 ■ start() 메소드 호출

th.start();



#### 예제 13-2 : Runnable 인터페이스를 이용하여 1초 단위로 출력 하는 타이머 스레드 만들기

22

```
import java.awt.*;
import javax.swing.*;
class TimerRunnable implements Runnable {
  private JLabel timerLabel;
  public TimerRunnable(JLabel timerLabel) {
     this.timerLabel = timerLabel;
  @Override
  public void run() {
     int n=0;
     while(true) {
       timerLabel.setText(Integer.toString(n));
       n++;
       try {
          Thread.sleep(1000);
       catch(InterruptedException e) {
          return;
```

```
public class RunnableTimerEx extends JFrame {
  public RunnableTimerEx() {
    setTitle("Runnable을 구현한 타이머 스레드 예제");
    setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT ON CLOSE);
    Container c = getContentPane();
    c.setLayout(new FlowLayout());
    JLabel timerLabel = new JLabel();
    timerLabel.setFont(new Font("Gothic", Font.ITALIC, 80));
    c.add(timerLabel);
    TimerRunnable runnable = new TimerRunnable(timerLabel);
    Thread th = new Thread(runnable);
    setSize(250,150);
    setVisible(true);
    th.start();
  public static void main(String[] args) {
    new RunnableTimerEx();
```





#### 예제 13-3: 깜박이는 문자열을 가진 레이블 만들기

JLabel을 상속받아 문자열을 깜박이는 FlickeringLabel 컴포넌트를 작성하라.



## 예제 13-3 : 정답 코드

```
import java.awt.*;
import javax.swing.*;
class FlickeringLabel extends JLabel implements Runnable {
   private long delay;
  public FlickeringLabel(String text, long delay) {
     super(text);
     this.delay = delay;
     setOpaque(true);
     Thread th = new Thread(this);
     th.start();
  @Override
  public void run() {
     int n=0;
     while(true) {
         if(n == 0)
           setBackground(Color.YELLOW);
         else
           setBackground(Color.GREEN);
        if(n == 0) n = 1;
        else n = 0:
        try {
           Thread.sleep(delay);
        catch(InterruptedException e) {
           return;
```

```
public class FlickeringLabelEx extends JFrame {
  public FlickeringLabelEx() {
     setTitle("FlickeringLabelEx 예제");
     setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
     Container c = getContentPane();
     c.setLayout(new FlowLayout());
     // 깜박이는 레이블 생성
     FlickeringLabel fLabel = new FlickeringLabel("깜박",500);
     // 깜박이지 않는 레이블 생성
     JLabel label = new JLabel("안깜박");
     // 깜박이는 레이블 생성
     FlickeringLabel fLabel2 = new FlickeringLabel("여기도 깜박",300);
     c.add(fLabel);
     c.add(label);
     c.add(fLabel2);
     setSize(300,150);
     setVisible(true);
  public static void main(String[] args) {
     new FlickeringLabelEx();
```

# 스레드 정보

필드	타입	내용
스레드 이름	스트링	스레드의 이름으로서 사용자가 지정
스레드 ID	정수	스레드 고유의 식별자 번호
스레드의 PC(Program Count)	정수	현재 실행 중인 스레드 코드의 주소
스레드 상태	정수	NEW, RUNNABLE, WAITING, TIMED_WAITING, BLOCK,TERMINATED 등 6개 상태 중 하나
스레드 우선순위	정수	스레드 스케줄링 시 사용되는 우선순위 값으로서 1~10 사이의 값이며 10이 최상위 우선순위
스레드 그룹	정수	여러 개의 자바 스레드가 하나의 그룹을 형성할 수 있으며 이 경우 스레드가 속한 그룹
스레드 레지스터 스택	메모리 블록	스레드가 실행되는 동안 레지스터들의 값

#### 스레드 상태

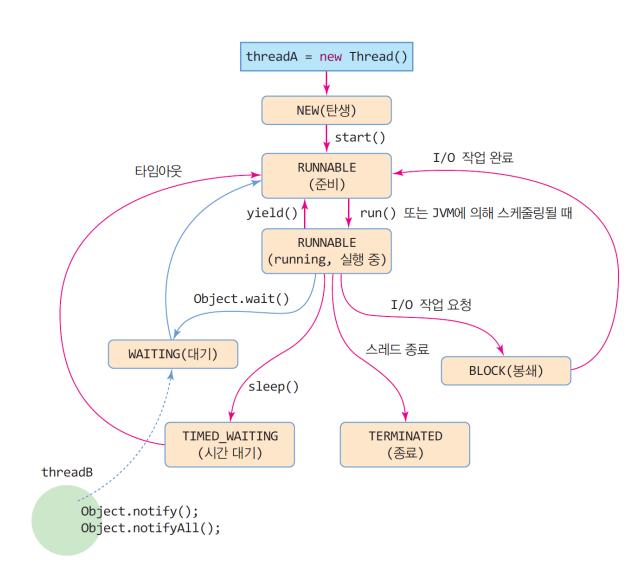
- 🗖 스레드 상태 6 가지
  - NEW
    - 스레드가 생성되었지만 스레드가 아직 실행할 준비가 되지 않았음
  - RUNNABLE
    - 스레드가 현재 실행되고 있거나
    - 실행 준비되어 스케쥴링을 기다리는 상태
  - WAITING
    - wait()를 호출한 상태
      - 다른 스레드가 notify()나 notifyAll()은 북러주기를 기다리고 있는 상태
    - 스레드 동기화를 위해 사용
  - TIMED\_WAITING
    - sleep(n)을 호출하여 n 밀리초 동안 잠을 자고 있는 상태
  - BLOCK
    - 스레드가 I/O 작업을 요청하면 JVM이 자동으로 BLOCK 상태로 만듦
  - TFRMINATED
    - 스레드가 종료한 상태
- 스레드 상태는 JVM에 의해 기록 관리됨

## 스레드 상태와 생명 주기

스레드 상태 6 가지

- •NEW
- •RUNNABLE
- •WAITING
- TIMED WAITING
- •BLOCK
- •TERMINATED

\*\* wait(), notify(), notifyAll()은 Thread의 메소드가 아니며 Object의 메소드임



### 스레드 우선순위와 스케쥴링

- □ 스레드의 우선순위
  - 최대값 = 10(MAX\_PRIORITY)
  - 최소값 = 1(MIN\_PRIORITY)
  - 보통값 = 5(NORMAL\_PRIORITY)
- □ 스레드 우선순위는 응용프로그램에서 변경 가능
  - void setPriority(int priority)
  - int getPriority()
- main() 스레드의 우선순위 값은 초기 순위: 5
- □ 스레드는 부모 스레드와 동일한 우선순위 값을 가지고 탄생
- □ JVM의 스케쥴링 정책
  - 철저한 우선순위 기반
    - 가장 높은 우선순위의 스레드가 우선적으로 스케쥴링
    - 동일한 우선순위의 스레드는 돌아가면서 스케쥴링(라운드 로빈)

## main()을 실행하는 main 스레드

- □ main 스레드와 main() 메소드
  - □ JVM은 응용프로그램을 실행을 시작할 때 스레드 생성 : main 스레드
  - □ JVM은 main 스레드에게 main() 메소드 실행하도록 함
    - main() 메소드가 종료하면 main 스레드 종료

## 예제 13-4: main 스레드의 정보 출력

main() 메소드에서 현재 실행 중인 스레드 정보를 출력하라

```
public class ThreadMainEx {
  public static void main(String [] args) {
    long id = Thread.currentThread().getId(); // 스레드 ID 얻기
    String name = Thread.currentThread().getName(); // 스레드 이름 얻기
    int priority = Thread.currentThread().getPriority(); // 스레드 우선순위 값 얻기
    Thread.State s = Thread.currentThread().getState(); // 스레드 상태 값 얻기
    System.out.println("현재 스레드 이름 = " + name);
    System.out.println("현재 스레드 ID = " + id);
    System.out.println("현재 스레드 우선순위 값 = " + priority);
    System.out.println("현재 스레드 상태 = " + s);
}
```

```
현재 스레드 이름 = main
현재 스레드 ID = 1
현재 스레드 우선순위 값 = 5
현재 스레드 상태 = RUNNABLE
```

### 스레드 종료와 타 스레드 강제 종료

- □ 스스로 종료 : run() 메소드 리턴
- □ 타 스레드에서 강제 종료 : interrupt() 메소드 사용

```
public static void main(String [] args) {
   TimerThread th = new TimerThread();
   th.start();

   th.interrupt(); // TimerThread 강제 종료
}
```

main() 스레드

TimerThread 스레드

th.interrupt();
InterruptedException 발생

->catch(InterruptedException e) {return;}

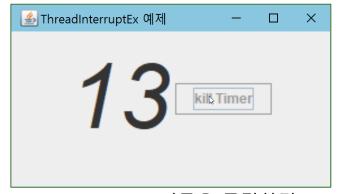
main 스레드의 interrupt() 메소드 호출에 의해 catch 문 실행. 그리고 종료

## 예제 13-5: 타이머 스레드 강제 종료

아래 그림과 같이 작동하여 타이머 스레드를 강제 종료시키는 스윙 응용프로그램을 작성해보자.



타이머는 정상 작동한다.



Kill Timer 버튼을 클릭하면 타이머가 멈춘다. 버튼은 비활성화된다.

## 예제 13-5 : 정답 코드

```
import java.awt.*;
import java.awt.event.*;
import javax.swing.*;
class TimerRunnable implements Runnable {
  private JLabel timerLabel;
  public TimerRunnable(JLabel timerLabel) {
     this.timerLabel = timerLabel;
  @Override
  public void run() {
     int n=0;
     while(true) {
        timerLabel.setText(Integer.toString(n));
        n++;
        try {
          Thread.sleep(1000); // 1초 동안 잠을 잔다.
        catch(InterruptedException e) {
          return; // 예외가 발생하면 스레드 종료
```

```
public class ThreadInterruptEx extends JFrame {
  private Thread th;
  public ThreadInterruptEx() {
     setTitle(" hreadInterruptEx 예제");
     setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT ON CLOSE);
     Container c = getContentPane();
     c.setLayout(new FlowLayout());
     JLabel timerLabel = new JLabel();
     timerLabel.setFont(new Font("Gothic", Font.ITALIC, 80));
     TimerRunnable runnable = new TimerRunnable(timerLabel);
     th = new Thread(runnable); // 스레드 생성
     c.add(timerLabel);
     // 버튼을 생성하고 Action 리스너 등록
     JButton btn = new JButton("kill Timer");
     btn.addActionListener(new ActionListener() {
        @Override
       public void actionPerformed(ActionEvent e) {
          th.interrupt(); // 타이머 스레드 강제 종료
          JButton btn = (JButton)e.getSource();
          btn.setEnabled(false); // 버튼 비활성화
     });
     c.add(btn);
     setSize(300,170);
     setVisible(true);
     th.start(); // 스레드 동작시킴
  public static void main(String[] args) {
     new ThreadInterruptEx();
```

## flag를 이용한 종료

스레드 A가 스레드 B의 flag를 true로 만들면, 스레드 B가 스스로 종료하는 방식

```
public static void main(String [] args) {
   TimerThread th = new TimerThread();
   th.start();

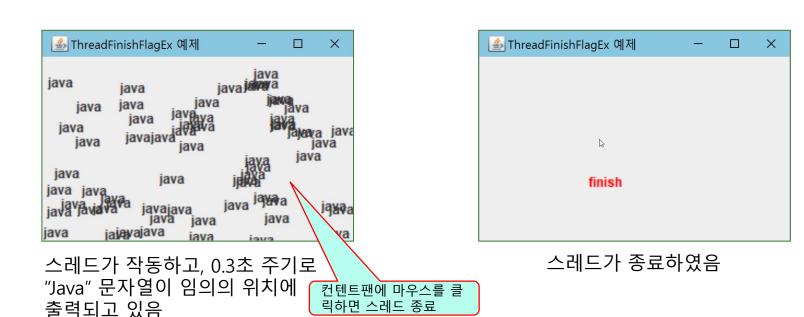
   th.finish(); // TimerThread 강제 종료
}
```

```
class TimerThread extends Thread {
  private int n = 0;
  private bool flag = false; // false로 초기화
  public void finish() { flag = true; }
  @Override
  public void run() {
    while(true) {
       System.out.println(n); // 화면에 카운트 값 출력
       n++;
       try {
         sleep(1000);
         if(flag == true)
            return: // 스레드 종료
       catch(InterruptedException e){
         return;
                    TimerThread 스레드
```

main() 스레드
th flag Ifa(se true)
th.finish(); flag 멤버를 true로 변경
if(flag == true)
return; // 스레드 종료

## 예제 13-6 : flag를 이용한 스레드 강제 종료

아래 그림과 같이 프로그램이 시작하자마자 0.3초 주기로 "Java" 문자열을 임의의 위치에 생성하는 스레드를 만들어라. 그리고 컨텐트팬에 마우스를 클릭하면 이 스레드를 종료시키고 "finish" 문자열을 (100, 100) 위치에 출력하라.



#### 예제 13-6 정답 코드

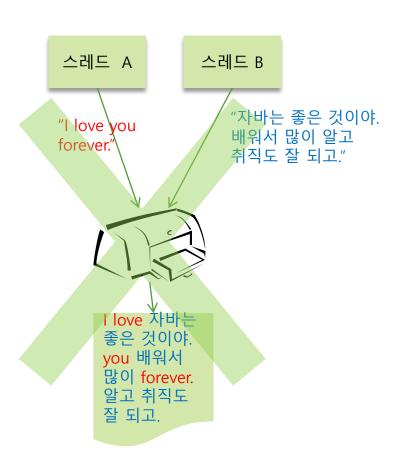
```
import java.awt.*;
import java.awt.event.*;
import javax.swing.*;
class RandomThread extends Thread {
   private Container contentPane;
  private boolean flag=false; // 스레드의 종료 명령을 표시하는 플래그. true : 종료 지시
  public RandomThread(Container contentPane) {
     this.contentPane = contentPane:
  void finish() { // 스레드 종료 명령을 flag에 표시
     flag = true;
   @Override
  public void run() {
     while(true) {
        int x = ((int)(Math.random()*contentPane.getWidth()));
        int y = ((int)(Math.random()*contentPane.getHeight()));
        JLabel label = new JLabel("Java"); //새 레이블 생성
        label.setSize(80, 30);
        label.setLocation(x, y);
        contentPane.add(label);
        contentPane.repaint();
        try {
            Thread.sleep(300); // 0.3초 동안 잠을 잔다.
           if(flag==true) {
              contentPane.removeAll():
              label = new JLabel("finish");
              label.setSize(80, 30);
              label.setLocation(100, 100);
              label.setForeground(Color.RED);
              contentPane.add(label);
              contentPane.repaint();
              return; // 스레드 종료
        catch(InterruptedException e) { return; }
```

```
public class ThreadFinishFlagEx extends JFrame {
  private RandomThread th; // 스레드 레퍼런스
  public ThreadFinishFlagEx() {
     setTitle("ThreadFinishFlagEx 예제");
     setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT ON CLOSE);
     Container c = getContentPane();
     c.setLayout(null);
     c.addMouseListener(new MouseAdapter() {
        @Override
        public void mousePressed(MouseEvent e) {
           th.finish(); // RandomThread 스레드 종료 명령
     });
     setSize(300,200);
     setVisible(true);
     th = new RandomThread(c); // 스레드 생성
     th.start(); // 스레드 동작시킴
  public static void main(String[] args) {
     new ThreadFinishFlagEx();
```

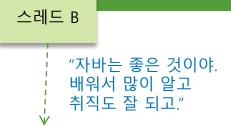
# 스레드 동기화(Thread Synchronization)

- □ 멀티스레드 프로그램 작성시 주의점
  - □ 다수 스레드가 공유 데이터에 동시에 접근하는 경우
    - 공유 데이터의 값에 예상치 못한 결과 발생 가능
- □ 스레드 동기화
  - □ 공유 데이터에 대한 멀티스레드의 동시 접근 문제 해결책
    - 공유 데이터를 접근하는 모든 스레드 한 줄 세우기
    - 한 스레드가 공유 데이터에 대한 작업을 끝낼 때까지 다른 스레드가 대기 하도록 함

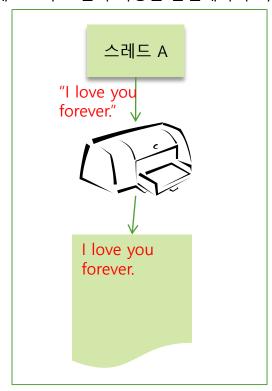
### 두 스레드의 프린터 동시 쓰기로 충돌하는 사례



두 스레드가 동시에 프린터에 쓰는 경우 문제 발생

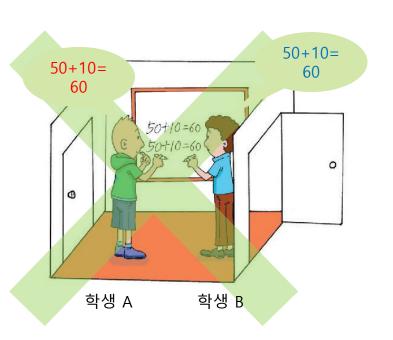


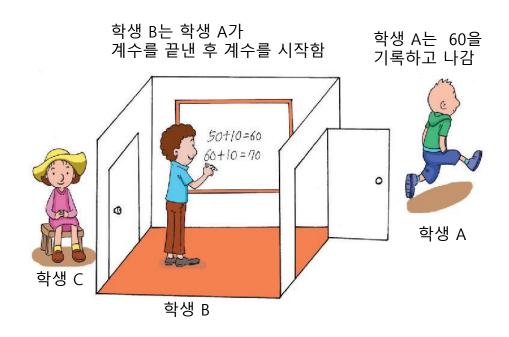
스레드 A가 프린터 사용을 끝낼때까지 기다린다.



한 스레드의 출력이 끝날 때까지 대기함으로써 **정상 출력** 

### 공유 집계판에 동시 접근하는 사례





두 학생이 동시에 방에 들어와서 집계판을 수정하는 경우 집계판의 **결과가 잘못됨** 

방에 먼저 들어간 학생이 집계를 끝내기를 기다리면 정상 처리

### 스레드 동기화 기법

- □ 스레드 동기화
  - 공유 데이터에 동시에 접근하는 다수의 스레드가 공유 데이터를 배타적으로 접근하기 위해 상호 협력(coordination)하는 것
  - 동기화의 핵심
    - 스레드의 공유 데이터에 대한 배타적 독점 접근 보장
- □ 자바에서 스레드 동기화 방법
  - synchronized로 동기화 블록 지정
  - wait()-notify() 메소드로 스레드 실행 순서 제어

# synchronized 블록 지정

- □ synchronized 키워드
  - □ 한 스레드가 독점 실행해야 하는 부분(동기화 코드)을 표시하는 키워드
    - 임계 영역(critical section) 표기 키워드
  - □ 메소드 전체 혹은 코드 블록
- synchronized 블록에 대한 컴파일러의 처리
  - □ 먼저 실행한 스레드가 임계영역에 락(lock)을 걸어 소유
  - □ 락(lock)을 소유한 스레드가 락(lock)을 내놓을 때까지 다른 스레드 대기

```
synchronized void add() {
  int n = getCurrentSum();
  n+=10;
  setCurrentSum(n);
}
```

synchronized 메소드

```
void execute() {
    // 다른 코드들
    //
    synchronized(this) {
        int n = getCurrentSum();
        n+=10;
        setCurrentSum(n);
    }
    //
    // 다른 코드들
}
```

synchronized 코드 블록

## synchronized 사용 예 : 공유 집계판 사례를 코딩

```
public class SynchronizedEx {
  public static void main(String [] args) {
     SharedBoard board = new SharedBoard();
     Thread th1 = new StudentThread("kitae", board);
     Thread th2 = new StudentThread("hyosoo", board);
     th1.start();
     th2.start();
class SharedBoard {
  private int sum = 0; // 집계판의 합
  synchronized public void add() {
     int n = sum;
     n += 10; // 10 증가
     sum = n; // 증가한 값을 집계합에 기록
     System.out.println(Thread.currentThread().getName() + " : " + sum);
  public int getSum() { return sum; }
class StudentThread extends Thread {
  private SharedBoard board; // 집계판의 주소
  public StudentThread(String name, SharedBoard board) {
     super(name);
     this.board = board;
   @Override
  public void run() {
     for(int i=0; i<10; i++)
        board.add();
```

- 집계판 : class SharedBoard
  각 학생 : class StudentThread
  (각 학생은 하나의 스레드)
- kitae: 10 hyosoo: 20 kitae: 30 hyosoo: 40 kitae: 50 hyosoo: 60 kitae: 70 hyosoo: 80 hyosoo: 90 hyosoo: 100 hyosoo: 110 hyosoo: 120 hyosoo: 130 hyosoo: 140 kitae: 150 kitae: 160 kitae: 170 kitae: 180 kitae: 190 kitae: 200

kitae와 hyosoo가 각각 10번씩 add()를 호출, 동기화가 잘 이루어져서 최종 누적 점수 sum이 200이 됨

# 스레드2가 SharedBoard의 add()를 실행하고 있는 동안, 스레드1이 호출할 때 대기

```
board = new SharedBoard();
                        synchronized public void add() {
                           int n = sum;
                           Thread.yield();
                                                                                add() 실행 중
                           n += 10;
                           sum = n;
   add() 대기 중
                           System.out.println(Thread.currntThread().
                                         getName() + " : " + sum);
StudentThread
                                                        StudentThread
SharedBoard board;
                                                        SharedBoard board;
public void run() {
                                                        public void run() {
   for(int i=0; i<10; i++)
                                                            for(int i=0; i<10; i++)
       board.add();
                                                                board.add();
}
                                                        }
            th1 스레드
                                                                    th2 스레드
```

### 공유집계판 사례에서 synchronized 사용하지 않아 충돌로 인해 데이터에 오류가 발생한 경우

```
public class SynchronizedEx {
  public static void main(String [] args) {
     SharedBoard board = new SharedBoard();
     Thread th1 = new StudentThread("kitae", board);
     Thread th2 = new StudentThread("hyosoo", board);
     th1.start();
     th2.start();
class SharedBoard {
  private int sum = 0; // 집계판의 합
  synchronized public void add() {
     int n = sum;
     Thread.yield(); // 현재 실행 중인 스레드 양보
     n += 10; // 10 증가
     sum = n; // 증가한 값을 집계합에 기록
     System.out.println(Thread.currentThread().getName() + ":" + sum);
  public int getSum() { return sum; }
class StudentThread extends Thread {
  private SharedBoard board; // 집계판의 주소
  public StudentThread(String name, SharedBoard board) {
     super(name);
     this.board = board;
   @Override
  public void run() {
     for(int i=0; i<10; i++)
        board.add();
```

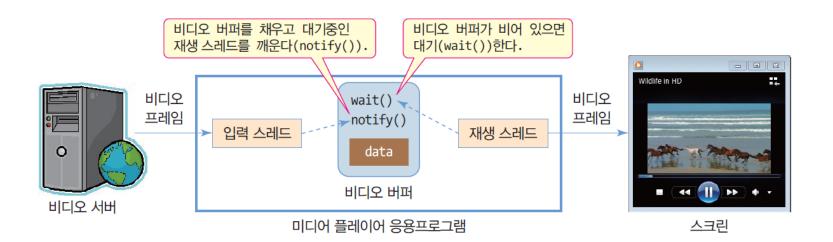


kitae와 hyosoo가 각각 10번씩 add()를 호출하였지만 add()에 대한 동기화가 이루어지지 않아 공유 변수 sum을 kitae와 hyosoo가 각각 사용하여 누적 점수가 150 밖에 되지 못함

\*컴퓨터가 빨라서 위와 같은 충돌 상황이 쉽게 벌어지지 않는 경우, StudentThread의 run()에서의 for문 반복 수를 100혹은 그 이상으로 시도

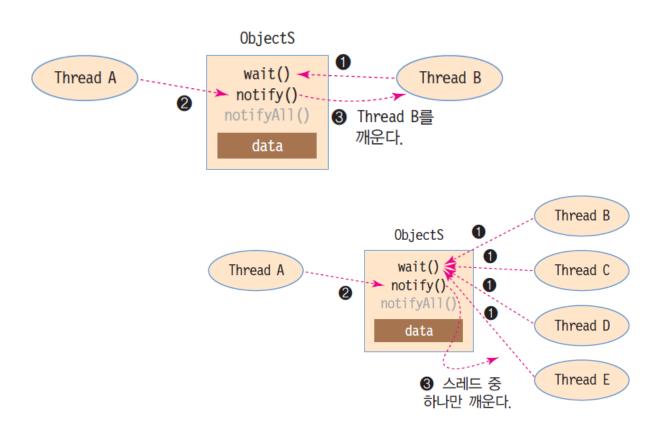
## producer-consumer 문제와 동기화

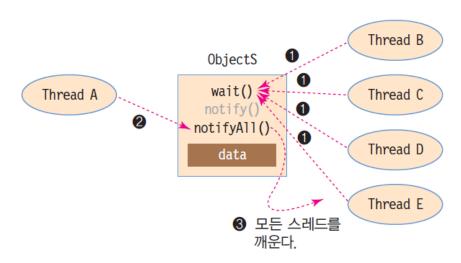
- 🗖 producer-consumer 문제
  - □ producer : 공유 메모리에 데이터를 공급하는 스레드
  - □ consumer : 공유 메모리의 데이터를 소비하는 스레드
  - 문제의 본질
    - producer와 consumer 가 동시에 공유 데이터를 접근하는 문제
- producer-consumer 문제 사례
  - □ 미디어 플레이어
    - producer:입력스레드, consumer:재생스레드, 공유데이터:비디오버퍼



## wait(), notify(), notifyAll()를 이용한 동기화

- □ 동기화 객체
  - □ 두 개 이상의 스레드 동기화에 사용되는 객체
- □ 동기화 메소드
  - wait()
    - 다른 스레드가 notify()를 불러줄 때까지 기다린다.
  - notify()
    - wait()를 호출하여 대기중인 스레드를 깨우고 RUNNABLE 상태로 만든다.
    - 2개 이상의 스레드가 대기중이라도 오직 한 스레드만 깨운다.
  - notifyAll()
    - wait()를 호출하여 대기중인 모든 스레드를 깨우고 모두 RUNNABLE 상태로 만든다.
  - synchronized 블록 내에서만 사용되어야 함
- wait(), notify(), notifyAll()은 Object의 메소드
  - □ 모든 객체가 동기화 객체가 될 수 있다.
  - Thread 객체도 동기화 객체로 사용될 수 있다.





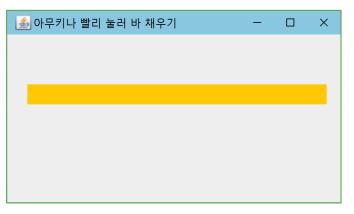
### 예제 13-6 : wait(), notify()를 이용한 바 채우기

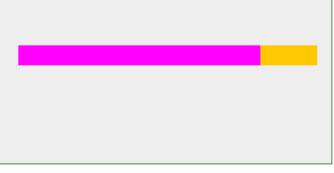
```
import javax.swing.*;
import java.awt.*;
import java.awt.event.*;
class MyLabel extends JLabel {
  int barSize = 0; // 바의 크기
  int maxBarSize:
  MyLabel(int maxBarSize) {
     this.maxBarSize = maxBarSize;
  public void paintComponent(Graphics g) {
      super.paintComponent(g);
      a.setColor(Color.MAGENTA);
     int width = (int)(((double)(this.getWidth()))
            /maxBarSize*barSize);
      if(width==0) return;
      g.fillRect(0, 0, width, this.getHeight());
  synchronized void fill() {
     if(barSize == maxBarSize) {
         try {
            wait();
         } catch (InterruptedException e) { return; }
      barSize++;
      repaint(); // 바 다시 그리기
      notify();
```

```
synchronized void consume() {
      if(barSize == 0) {
         try {
            wait():
         } catch (InterruptedException e)
             { return: }
      barSize--;
      repaint(); // 바 다시 그리기
      notify();
class ConsumerThread extends Thread {
   MyLabel bar;
   ConsumerThread(MyLabel bar) {
      this.bar = bar:
   public void run() {
      while(true) {
         try {
            sleep(200);
            bar.consume();
         } catch (InterruptedException e)
          { return; }
```

```
public class TabAndThreadEx extends
JFrame {
   MyLabel bar = new MyLabel(100);
   TabAndThreadEx(String title) {
      super(title);
      this.setDefaultCloseOperation
            (JFrame.EXIT ON CLOSE);
      Container c = getContentPane();
      c.setLayout(null);
      bar.setBackground(Color.ORANGE);
      bar.setOpaque(true);
      bar.setLocation(20, 50);
      bar.setSize(300, 20);
      c.add(bar);
      c.addKeyListener(new KeyAdapter() {
         public void keyPressed(KeyEvent e)
           bar.fill():
     });
      setSize(350,200):
      setVisible(true);
      c.requestFocus();
      ConsumerThread th = new
         ConsumerThread(bar):
     th.start(); // 스레드 시작
   public static void main(String[] args) {
      new TabAndThreadEx(
         "아무키나 빨리 눌러 바 채우기");
```

# 실행 결과





아무키나 빨리 눌러 바 채우기

×

초기 화면

키를 반복하여 빨리 누른 화면