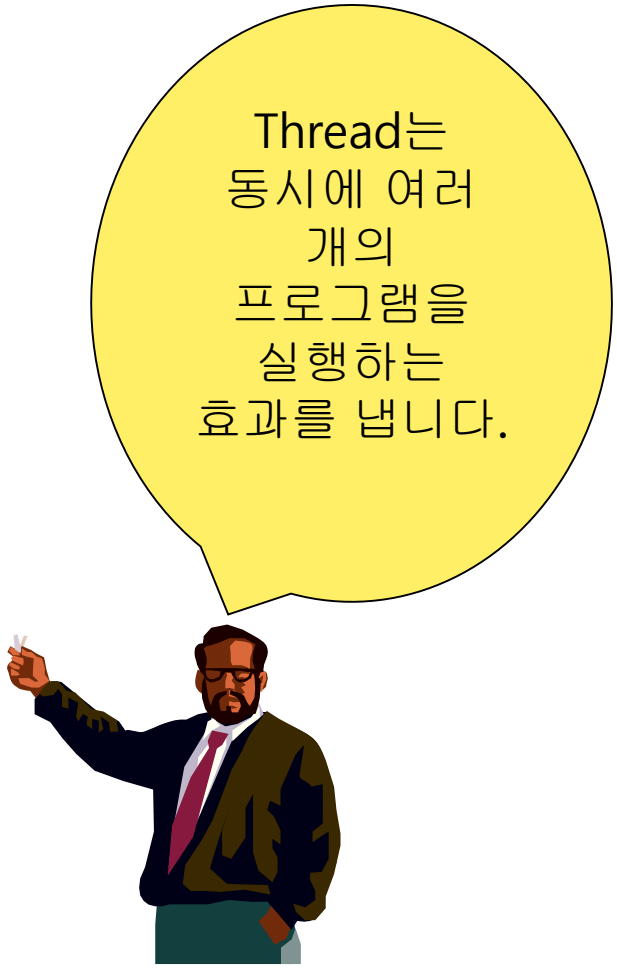
Power Java

제23장 스레드 (Thread)

이번 장에서 학습할 내용

- Thread의 개요
- Thread의 생성과 실행
- Thread 상태
- Thread의 스케줄링
- Thread간의 조정



Thread란?

- **Muli-tasking은** 여러 개의 애플리케이션을 동시에 실행해서 컴퓨터 시스템의 성능을 높이기 위한 기법

그림23-1. 병철 처리의 예

Thread란?

- 다중 threading(multi-threading)은 하나의 프로그램이 동시에 여러 가지 작업을 할 수 있도록 하는 것
- 각각의 작업은 thread라고 불린다.

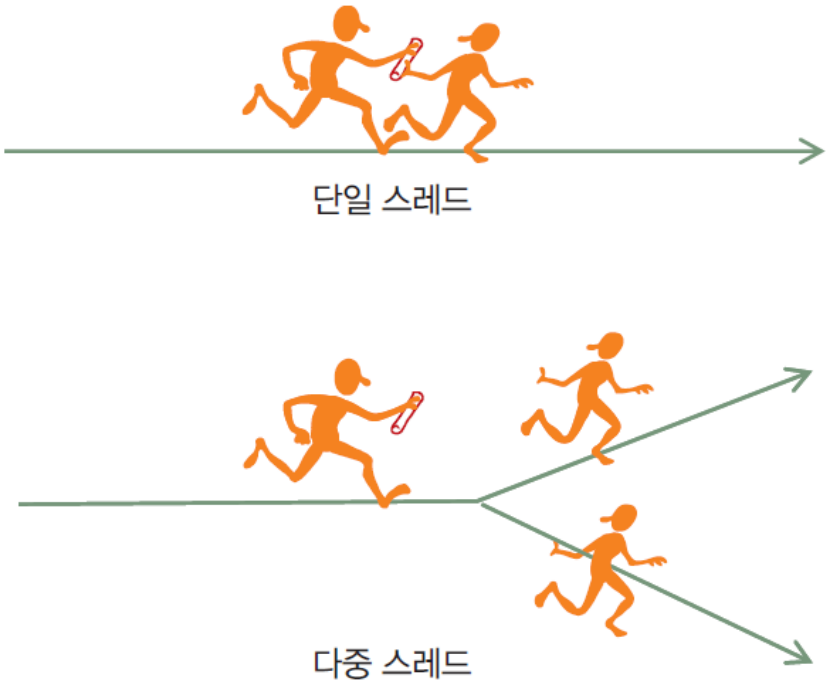


그림23-2. 다중 Thread의 개념

Process와 Thread

- Process: 자신만의 데이터를 가진다.
- Thread: 동일한 데이터를 공유한다.

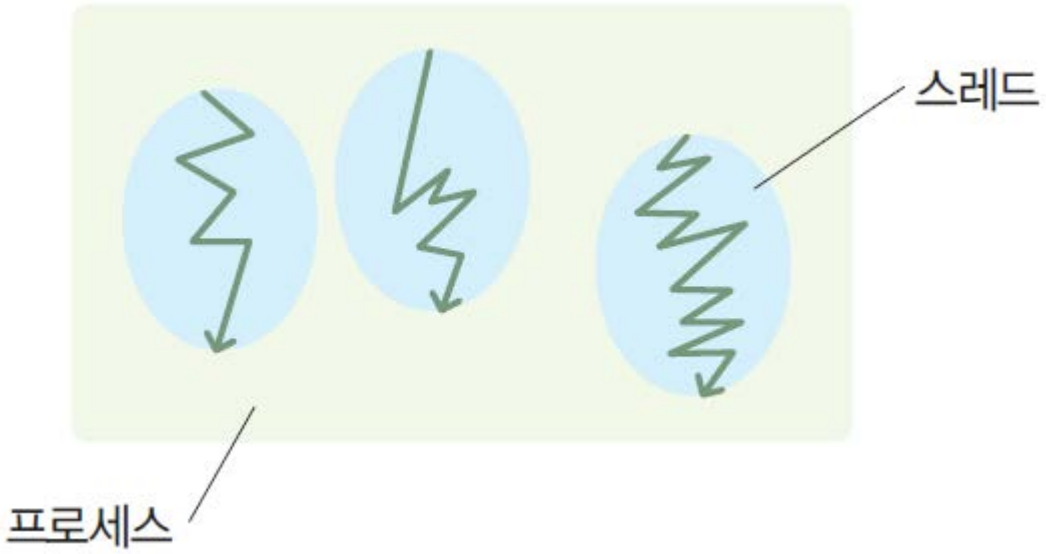


그림23-3. Thread는 하나의 Process 안에 존재한다.

Thread를 사용하는 이유

- 웹 브라우저에서 웹 페이지를 보면서 동시에 파일을 download할 수 있도록 한다.
- 워드 프로세서에서 문서를 편집하면서 동시에 인쇄한다.
- 게임 프로그램에서는 응답성을 높이기 위하여 많은 thread를 사용한다.
- GUI에서는 마우스와 키보드 입력을 다른 thread를 생성하여 처리한다.

중간 점검 문제

중간점검

1. 스레드와 프로세스의 결정적인 차이점은 무엇인가?
2. 스레드를 사용해야만 하는 프로그램을 생각하여 보자.
3. 멀티 스레딩에서 발생할 수 있는 문제에는 어떤 것들이 있을까? 추측하여 보라.

Thread 생성과 실행

- Thread는 Thread class가 담당한다.

```
Thread t = new Thread();     // 스레드 객체를 생성한다.
t.start();                   // 스레드를 시작한다.
```

- Thread의 작업은 Thread class의 run() method 안에 기술한다.

Thread 생성과 실행

Thread 생성 방법

- Thread class를 상속하는 방법
  - Thread class를 상속받은 후에 run() method를 재정의한다.
- Runnable interface를 구현하는 방법
  - run() method를 가지고 있는 class를 작성하고 ,이 class의 객체를 Thread class의 생성자를 호출할 때 전달한다.

Thread Class를 상속하기

- Thread를 상속받아서 class를 작성한다.
- run() method를 재정의한다.

```
class MyThread extends Thread {
    public void run() {
        ...                    <---------- 여기에 수행하여야 하는 작업을 적어준다.
    }
}
```

- Thread 객체를 생성한다.

```
Thread t = new MyThread();
```

- start()를 호출해서 thread를 시작한다.

```
t.start();
```

Thread Class를 상속하기

MyThreadTest.java

```
01  class MyThread extends Thread {
02      public void run() {
03          for (int i = 10; i >= 0; i--)
04              System.out.print(i + " ");
05      }
06  }
07
08  public class MyThreadTest {
09      public static void main(String args[]) {
10          Thread t = new MyThread();
11          t.start();
12      }
13  }
```

MyThread 클래스는 Thread를 상속받는다. Thread 클래스는 java.lang 패키지에 들어 있어서 따로 import할 필요가 없다. MyThread 클래스는 하나의 메소드 run()만을 가지고 있는데 run()은 이 스레드가 시작되면 자바 런타임 시스템에 의하여 호출된다. 스레드가 실행하는 모든 작업은 이 run() 메소드 안에 있어야 한다. 현재는 단순히 10부터 0까지를 화면에 출력한다.

스레드를 실행시키려면 Thread에서 파생된 클래스 MyThread의 인스턴스를 생성한 후 start()를 호출한다. Thread 타입의 변수 t가 선언되고 MyThread의 객체가 생성하였다. 객체가 생성되었다고 스레드가 바로 시작되는 것은 아니다. start() 메소드를 호출해야만 스레드가 실행된다.

실행결과

```
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0
```

Runnable Interface를 구현하는 방법

- Runnable interface를 구현한 class를 작성한다.
- run() method를 재정의한다.

```
class MyRunnable implements Runnable {
   public void run() {
      ...
   }
}
```

- Thread 객체를 생성하고 이때 MyRunnable 객체를 인수로 전달한다.

```
Thread t = new Thread(new MyRunnable());
```

- start()를 호출해서 thread를 시작한다.

```
t.start();
```

Runnable Interface를 구현하는 방법

MyRunnableTest.java

```
01  class MyRunnable implements Runnable {
02      public void run() {
03          for (int i = 10; i >= 0; i--)
04              System.out.print(i + " ");
05      }
06  }
07
08  public class MyRunnableTest {
09      public static void main(String args[]) {
10          Thread t = new Thread(new MyRunnable());
11          t.start();
12      }
13  }
```

Runnable을 구현하는 클래스를 작성한다. run() 메소드를 재정의하여 작업에 필요한 코드를 넣는다.

Thread 클래스의 인스턴스를 생성하고, Runnable 객체를 Thread 생성자의 매개변수로 넘긴다. Thread 객체의 start() 메소드를 호출하여야 한다.

실행결과

```
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0
```

예제

Q&A

Q: 그렇다면 스레드를 생성하기 위해서는 어떤 방법을 사용하는 것이 좋은가?

A: Runnable 인터페이스를 사용하는 편이 더 일반적이다. Runnable 객체는 Thread가 아닌 다른 클래스를 상속받을 수 있다. Thread 클래스에서 상속받으면 다른 클래스를 상속받을 수 없다. 따라서 인터페이스 방법은 유연할 뿐아니라 고수준의 스레드 관리 API도 사용할 수 있는 장점이 있다.

예제#1

TestThread.java

```
01  class MyRunnable implements Runnable {
02      String myName;
03      public MyRunnable(String name) {     myName = name;     }
04      public void run() {
05          for (int i = 10; i >= 0; i--)
06              System.out.print(myName + i + " ");
07      }
08  }
09  public class TestThread {
10      public static void main(String[] args) {
11          Thread t1 = new Thread(new MyRunnable("A"));
12          Thread t2 = new Thread(new MyRunnable("B"));
13          t1.start();
14          t2.start();
15      }
16  }
```

스레드를 구분하기 위하여 이름을 설정한다.

이름이 "A"와 "B"인 스레드 2개를 생성하고 시작한다.

실행결과

```
A10 B10 A9 B9 B8 A8 B7 B6 A7 B5 A6 B4 A5 B3 A4 A3 A2 B2 A1 B1 A0 B0
```

2개의 스레드가 실행되면서 스레드의 출력이 섞이는 것을 알 수 있다.

예제#2 – CountDownTest

```
public class CountDownTest extends JFrame {
    private JLabel label;

    class MyThread extends Thread {
        public void run() {
            for (int i = 10; i >= 0; i--) {
                try {
                    Thread.sleep(1000);
                } catch (InterruptedException e) {
                    e.printStackTrace();
                }
                label.setText(i + "");
            }
        }
    }

    public CountDownTest() {
        setTitle("카운트다운");
        setSize(300, 200);
        setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);

        label = new JLabel("Start");
        label.setFont(new Font("Serif", Font.BOLD, 100));
        add(label);
        (new MyThread()).start();
        setVisible(true);
    }

    public static void main(String[] args) {
        CountDownTest t = new CountDownTest();
    }
}
```

Thread를 내부 class로 만들면 field에 접근하기가 쉽다.

sleep 도중에 예외가 발생할 수 있다.

매 1초마다 label의 text를 변경한다.

Thread를 시작한다.

실행결과

예제#3 – CarGame

```
public class CarGame extends JFrame {
    private JLabel label1;
    private JLabel label2;
    private JLabel label3;
    int x1 = 100, x2= 100, x3 = 100;

    class MyThread extends Thread {
        public void run() {
            for (int i = 0; i < 120; i++) {
                try {
                    Thread.sleep(100);
                } catch (InterruptedException e) {
                    e.printStackTrace();
                }
                x1 += (int) (Math.random() * 10);
                label1.setBounds(x1, 0, 100, 100);
                x2 += (int) (Math.random() * 10);
                label2.setBounds(x2, 50, 100, 100);
                x3 += (int) (Math.random() * 10);
                label3.setBounds(x3, 100, 100, 100);
            }
        }
    }
```

Label 하나가 자동차 한 대를 나타낸다.

자동차의 x 좌표

0.1초에 한 번씩 자동차의 위치를 변경한다. 난수를 발생해서 그 값만큼 자동차의 x 좌표를 변경한다.

예제#3 – CarGame *cont.*

```
    public CarGame() {
        setTitle("CarRace");
        setSize(600, 200);

        setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
        setLayout(null);  <---------- 절대 위치를 사용하기 위해서 배치 관리자를 삭제
        label1 = new JLabel();
        label1.setIcon(new ImageIcon("car1.gif"));
        label2 = new JLabel();
        label2.setIcon(new ImageIcon("car2.gif"));   <--------- Image label을 만든다.
        label3 = new JLabel();
        label3.setIcon(new ImageIcon("car3.gif"));
        add(label1);
        add(label2);
        add(label3);
        label1.setBounds(100, 0, 100, 100);
        label2.setBounds(100, 50, 100, 100);
        label3.setBounds(100, 100, 100, 100);   <---------- 출발선에 정렬시킨다.
        (new MyThread()).start();
        setVisible(true);
    }

    public static void main(String[] args) {
        CarGame t = new CarGame();
    }
}
```

실행결과

중간 점검

중간점검

1. 스레딩을 담당하는 클래스의 이름은?
2. Thread를 상속받는 방법의 문제점은 무엇인가?

Thread Class

메소드	설명
Thread()	매개 변수가 없는 기본 생성자
Thread(String name)	이름이 name인 Thread 객체를 생성한다.
Thread(Runnable target, String name)	Runnable을 구현하는 객체로부터 스레드를 생성한다.
static int activeCount()	현재 활동 중인 스레드의 개수를 반환한다.
String getName()	스레드의 이름을 반환
int getPriority()	스레드의 우선순위를 반환
void interrupt()	현재의 스레드를 중단한다.
boolean isInterrupted()	현재의 스레드가 중단될 수 있는지를 검사
void setPriority(int priority)	스레드의 우선순위를 지정한다.
void setName(String name)	스레드의 이름을 지정한다.
static void sleep(int milliseconds)	현재의 스레드를 지정된 시간만큼 재운다.
void run()	스레드가 시작될 때 이 메소드가 호출된다. 스레드가 하여야하는 작업을 이 메소드 안에 위치시킨다.
void start()	스레드를 시작한다.
static void yield()	현재 스레드를 다른 스레드에 양보하게 만든다.

예제: sleep()

SleepTest.java

```
01  public class SleepTest {
02     public static void main(String args[]) throws InterruptedException {
03        String messages[] = { "Pride will have a fall.",
04        "Power is dangerous unless you have humility.",
05        "Office changes manners.",
06        "Empty vessels make the most sound." };
07
08        for (int i = 0; i < messages.length; i++) {
09           Thread.sleep(1000);
10           System.out.println(messages[i]);
11        }
12     }
13  }
```

sleep()가 다른 메소드에 의하여 중단되면 발생하는 예외, 여기서 처리하지 않고 상위 메소드로 전달한다. 사실 여기서는 다른 메소드가 sleep()을 방해할 일이 없다.

1000밀리 초 동안 실행을 중지한다.

실행결과

```
Pride will have a fall.
Power is dangerous unless you have humility.
Office changes manners.
Empty vessels make the most sound.
```

Interrupt

- Interrupt는 하나의 thread가 실행하고 있는 작업을 중지하도록 하는 메커니즘이다.

```
for (int i = 0; i < messages.length; i++) {
    try {
        Thread.sleep(1000);
    } catch (InterruptedException e) {
        // 인터럽트를 받은 것이다. 단순히 리턴한다.
        return;
    }
    System.out.println(messages[i]);
}
```

<---------- 인터럽트 처리는 여기에서 해준다.

- 그런데 만약 thread가 실행 중에 한번도 sleep()을 호출하지 않는다면 InterruptedException를 받지 못한다.

```
if (Thread.interrupted()) {
    // 인터럽트를 받은 것이다. 단순히 리턴한다.
    return;
}
```

join() Method

- join() method는 하나의 thread가 다른 thread의 종료를 기다리게 하는 method이다.

```
t.join();
```

예제 - ThreadControl

```
public class ThreadControl {
    static void print(String message) {
        String threadName = Thread.currentThread().getName();
        System.out.format("%s: %s%n", threadName, message);
    }
    private static class MessageLoop implements Runnable {
        public void run() {
            String messages[] = { "Pride will have a fall.",
                    "Power is dangerous unless you have humility.",
                    "Office changes manners.",
                    "Empty vessels make the most sound." };
            try {
                for (int i = 0; i < messages.length; i++) {
                    print(messages[i]);
                    Thread.sleep(2000);
                }
            } catch (InterruptedException e) {
                print("아직 끝나지 않았어요!");
            }
        }
    }
```

Thread 이름과 parameter로 받은 message를 출력한다.

Interrupt 되면 메시지를 출력한다.

예제 *cont.*

```
    public static void main(String args[]) throws InterruptedException {
        int tries = 0;

        print("추가적인 스레드를 시작합니다.");
        Thread t = new Thread(new MessageLoop());
        t.start();
        print("추가적인 스레드가 끝나기를 기다립니다.");
        while (t.isAlive()) {
            print("아직 기다립니다.");
            t.join(1000);                ←---------------- Thread t가 종료하기를 1초 동안 기다린다.
            tries++;
            if (tries > 2) {
                print("참을 수 없네요!");
                t.interrupt();           ←---------------- Thread t를 강제로 중단시킨다.
                t.join();                ←---------------- Thread t가 종료하기를 기다린다.
            }
        }
        print("메인 스레드 종료!");
    }
}
```

실행결과
main: 추가적인 스레드를 시작합니다.
main: 추가적인 스레드가 끝나기를 기다립니다.
main: 아직 기다립니다.
Thread-0: Pride will have a fall.
main: 아직 기다립니다.
main: 아직 기다립니다.
Thread-0: Power is dangerous un1ess you have humi1ity.
main: 침을 수 없네요!
Thread-0: 아직 끝나지 않았어요!
main: 메인 스레드 종료!

Thread의 상태

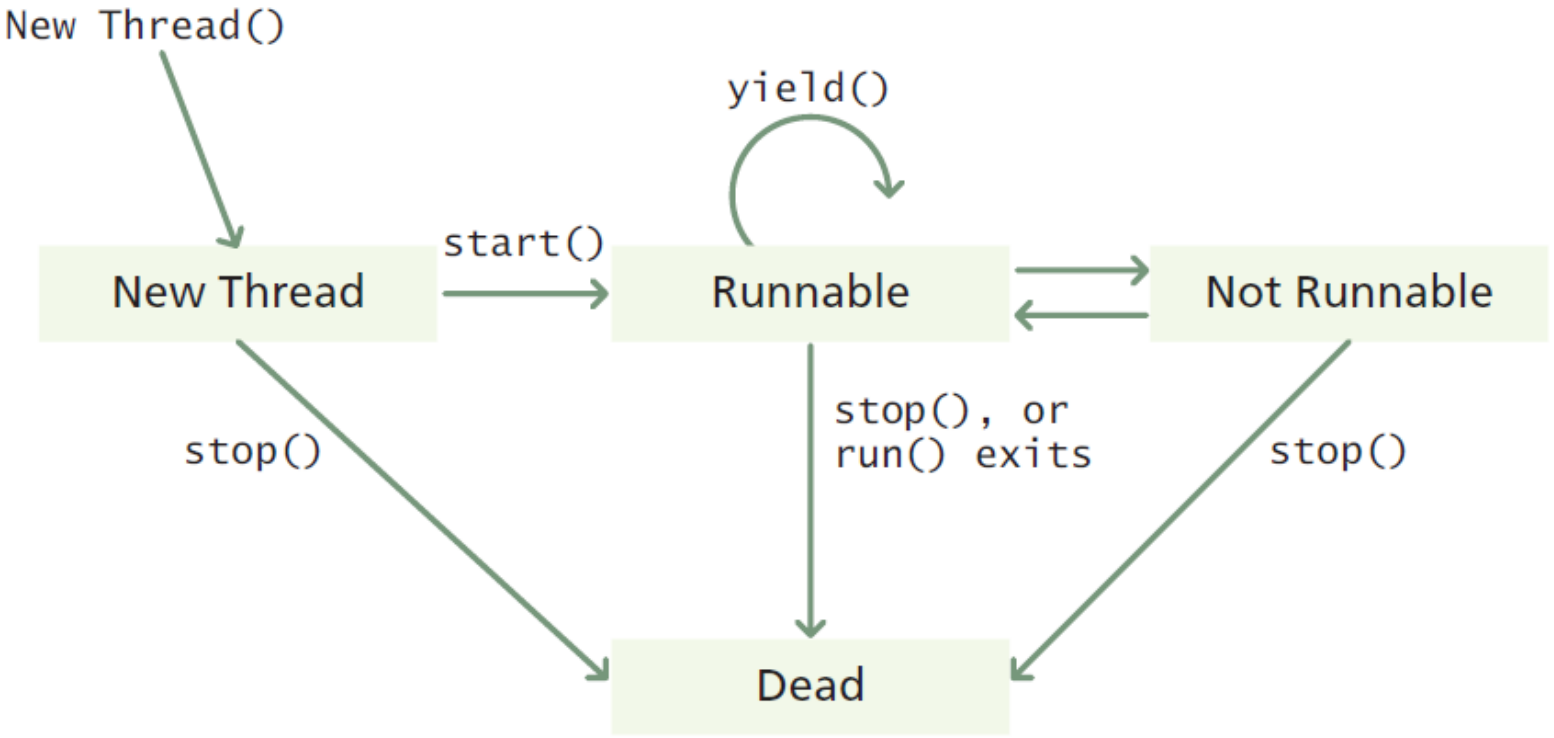


그림23-4. Thread의 상태

중간 점검

중간점검

1. setPrioroty()와 getPriority()의 역할은?
2. sleep() 메소드는 어떤 경우에 사용되는가?
3. 어떤 스레드가 가장 우선적으로 실행되는가?
4. Thread의 run() 메소드의 역할은?
5. Thread의 start(), stop() 메소드의 역할은?
6. 어떤 일이 발생하면 스레드가 실행 중지 상태로 가는가?

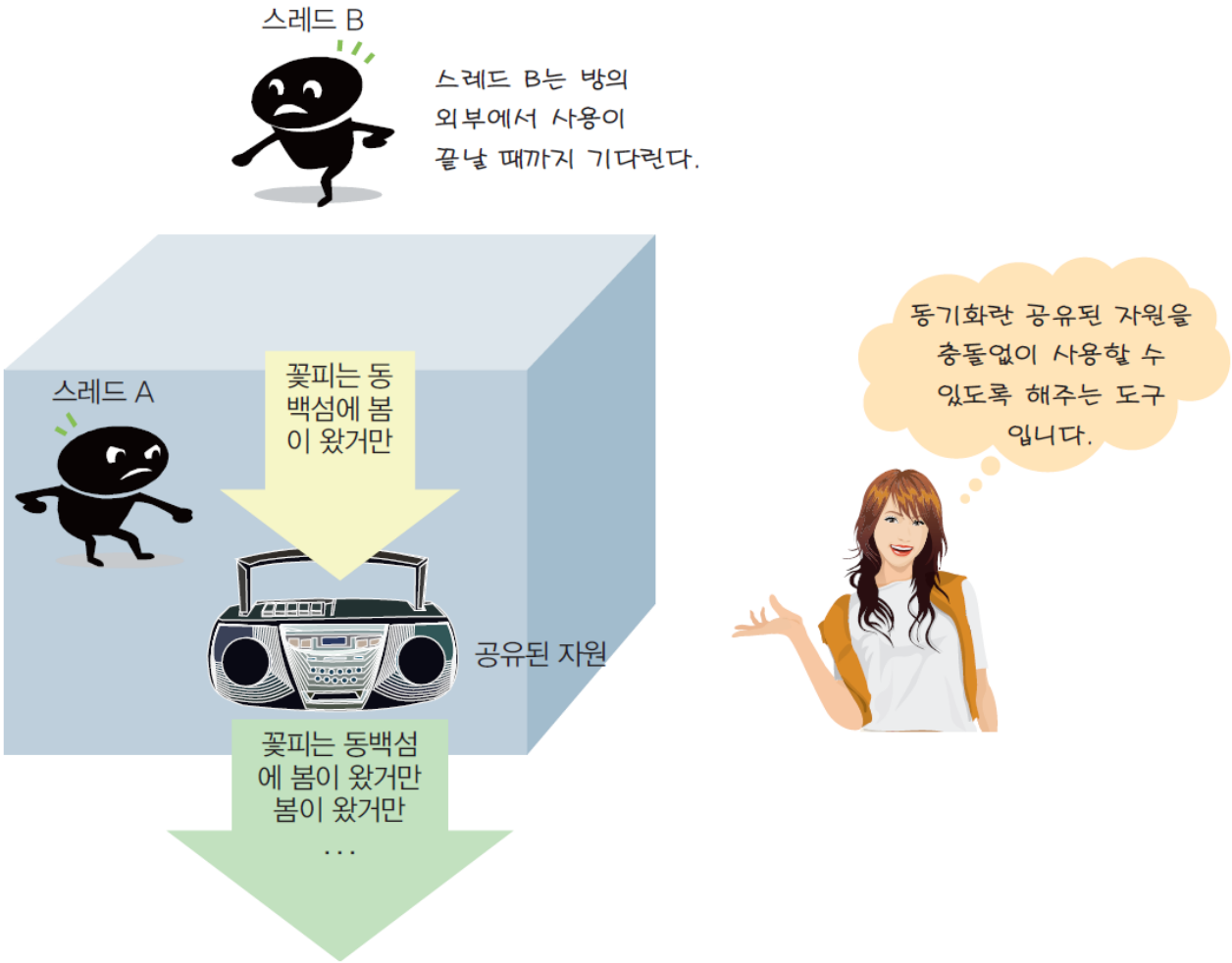
동기화

- 동기화(synchronization): 한 번에 하나의 thread 만이 공유 데이터를 접근할 수 있도록 제어하는 것이 필요

공유 데이터 문제
- Thread 간섭
- Memory 일치 오류

동기화 기법

- 동기화란 쉽게 설명하면 공유된 자원 중에서 동시에 사용하면 안 되는 자원을 보호하는 도구이다.



Thread 간섭

- **Thread 간섭(thread interference)**이란 서로 다른 thread에서 실행되는 두 개의 연산이 동일한 데이터에 적용되면서 서로 겹치는 것을 의미
- (예) Counter

```
class Counter {
    private int value = 0;
    public void increment() {    value++;  }
    public void decrement() {    value--;  }
    public void printCounter() {System.out.println(value);   }
}
```

- 하나의 Counter 객체를 두 개의 thread가 공유하면서 카운터 값을 변경한다고 가정하자.

❶ 변수 value의 현재값을 가져온다.
❷ 현재값을 1만큼 증가시킨다.
❸ 증가된 값을 다시 변수 value에 저장한다.

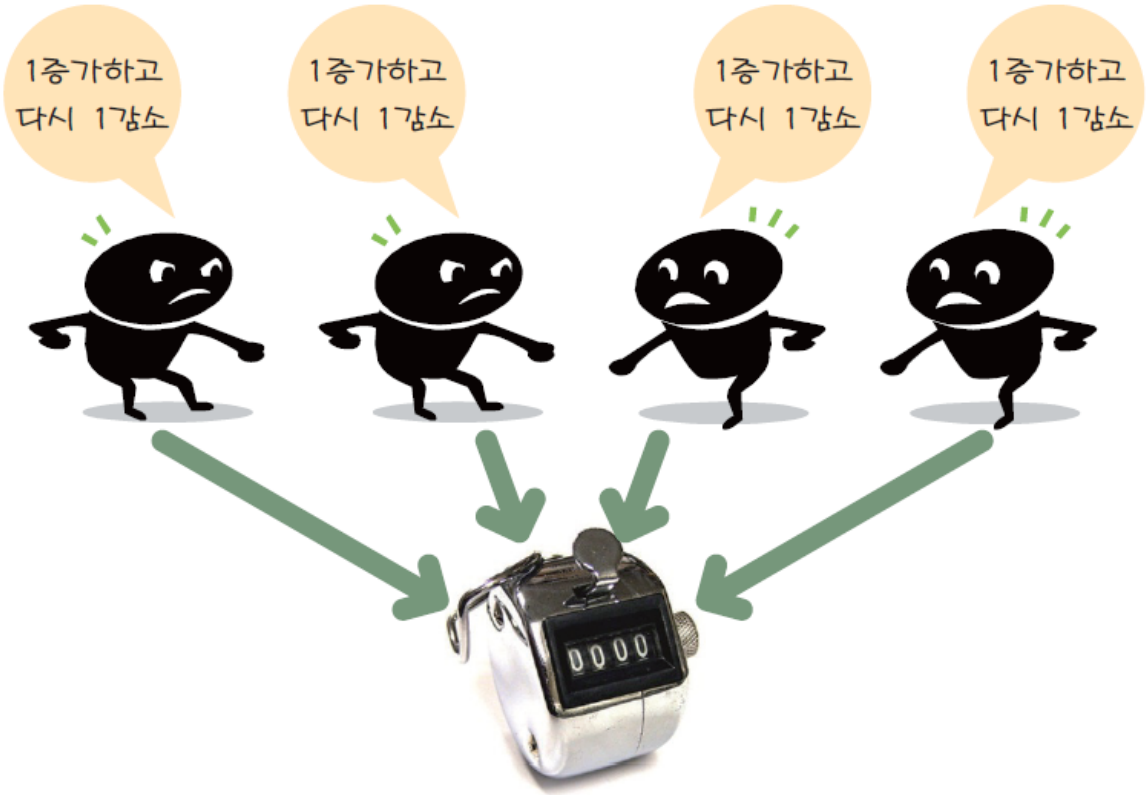
Thread 간섭

- 만약 thread A가 `increment()`를 호출하고 동시에 thread B가 `decrement()`를 호출하였다고 가정하자.

```
❶ 스레드 A: 변수 value의 현재값을 가져온다.
❷ 스레드 B: 변수 value의 현재값을 가져온다.
❸ 스레드 A: 가져온 값을 1증가한다. 증가된 값은 1이 된다.
❹ 스레드 B: 가져온 값은 1감소한다. 감소된 값은 -1이 된다.
❺ 스레드 A: value에 값을 저장한다. value는 1이 된다.
❻ 스레드 B: value에 값을 저장한다. value는 -1이 된다.
```

문제 발생

- 다음과 같은 상황을 가정하자.
- 4개의 thread가 하나의 counter를 증가했다가 다시 감소한다.



예제 - CounterTest

```
class Counter {
    private int value = 0;
    public void increment() { value++; }
    public void decrement() { value--; }
    public void printCounter() { System.out.println(value); }
}

class MyThread extends Thread {
    Counter sharedCounter;
    public MyThread(Counter c) { this.sharedCounter = c; }

    public void run() {
        int i = 0;
        while (i < 20000) {
            sharedCounter.increment();
            sharedCounter.decrement();
            if (i % 40 == 0) sharedCounter.printCounter();
            try { sleep((int) (Math.random() * 2));
            } catch (InterruptedException e) {  }
            i++;
        }
    }
}
```

◀-------- Counter class 정의

◀----- 공유된 Counter 객체를 point한다.

◀---------- 증가했다가 감소시키기 때문에 Counter의 값은 변화가 없어야 한다.

◀----- 가끔 Counter의 값을 출력해 본다.

◀----- Thread를 잠시 중지한다.

예제 *cont.*

```
public class CounterTest {
    public static void main(String[] args) {
        Counter c = new Counter();
        new MyThread(c).start();
        new MyThread(c).start();
        new MyThread(c).start();
        new MyThread(c).start();
    }
}
```

공유된 Counter 객체를 생성한다.

확실하게 잘못된 결과가 나타나도록 thread를 많이 생성하여 실행한다.

실행결과

```
...
-7
-7
-7
-8
-7
-7
...
```

실행결과는 컴퓨터와 상황에 따라서 상당히 달라진다. 스레드 간섭이 없다면 모두 0이 출력되어야 한다.

메모리 불일치 오류

- 메모리 불일치 오류는 서로 다른 thread가 동일한 데이터의 값을 서로 다르게 볼 때, 발생한다.

```
int  counter = 0;
```

- Thread A가 counter를 다음과 같이 증가하였다.

```
counter++;
```

- 잠시 후에 thread B가 counter의 값을 출력한다.

```
System.out.println(counter);
```

- 출력되는 값은 1 또는 0이 될 수 있다.

동기화된 Method

- 동기화된 method를 만들기 위해서는 synchronized 키워드를 method 선언에 붙이면 된다.
- synchronized 키워드가 붙어 있으면 하나의 thread가 공유 method를 실행하는 동안에 다른 thread는 공유 method를 실행할 수 없다.

공유 데이터를 조작하는 메소드 앞에 synchronized를 붙인다.

```
class Counter {
    private int value = 0;
    public synchronized void increment() {   value++; }
    public synchronized void deccrement() {   value--;}
    public synchronized void printCounter() {   System.out.println(value);   }
}
```

실행결과

```
0
0
0
0
0
1
0
0
...
```

가끔 1이 나오지만 다시 0이 출력된다. 1이 가끔 나오는 이유는 하나의 스레드가 출력하기 직전에 다른 스레드가 1로 증가시켰기 때문이다. 즉 증가된 값이 출력되는 것이다. 다시 0으로 감소된다.

중간점검

참고사항

중요한 예외는 final 필드이다. final 변수는 객체가 생성된 뒤에는 변경이 불가능하다. 따라서 동기화되지 않은 메소드를 사용해서도 안전하게 읽거나 쓸 수 있다.

중간점검

1. 동기화 문제는 근본적으로 왜 발생하는가?
2. 동기화 문제를 해결하는 키워드는 무엇인가?

Thread 간의 조정

- 두 개의 thread가 데이터를 주고 받는 경우에 발생

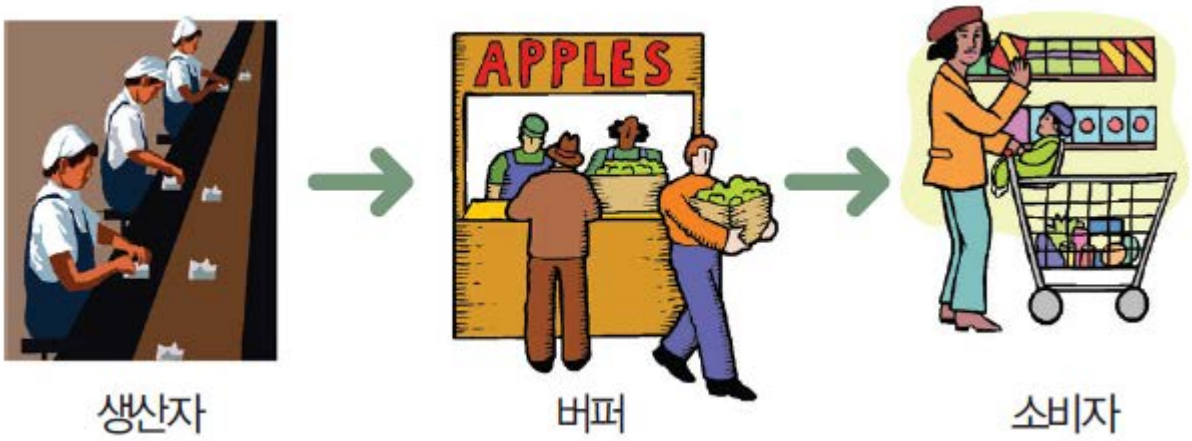


그림23-7. 생산자와 소비자 문제

Thread 간의 조정

- polling

```
public void badMethod() {
    // CPU 시간을 엄청나게 낭비한다.
    // 절대 해서는 안 된다!
    while(!condition) {   }
    System.out.println("조건이 만족되었습니다!");
}
```

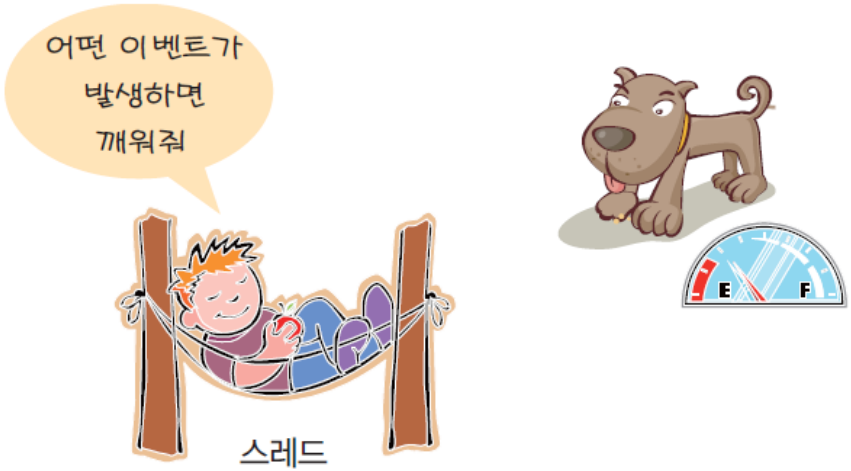
- Event-driven

```
public synchronized goodMethod() {
   while(!condition) {
      try {
         wait();
      } catch (InterruptedException e) { }
   }
   System.out.println("조건이 만족되었습니다!");
}
```

이벤트가 발생할 때까지 러던하지 않는다.
이벤트가 발생하면 깨어나서 다시 조건을 체크한다.

Thread 간의 조정 방법

좋지 못한 방법(polling)



좋은 방법(wait & motify)

Thread 간의 조정 방법

- wait()가 호출되면 thread는 가지고 있던 lock을 해제하고 실행을 일시 중지한다.

```
public synchronized notifyCondition() {
    condition = true;
    notifyAll();
}
```

wait()와 notify()

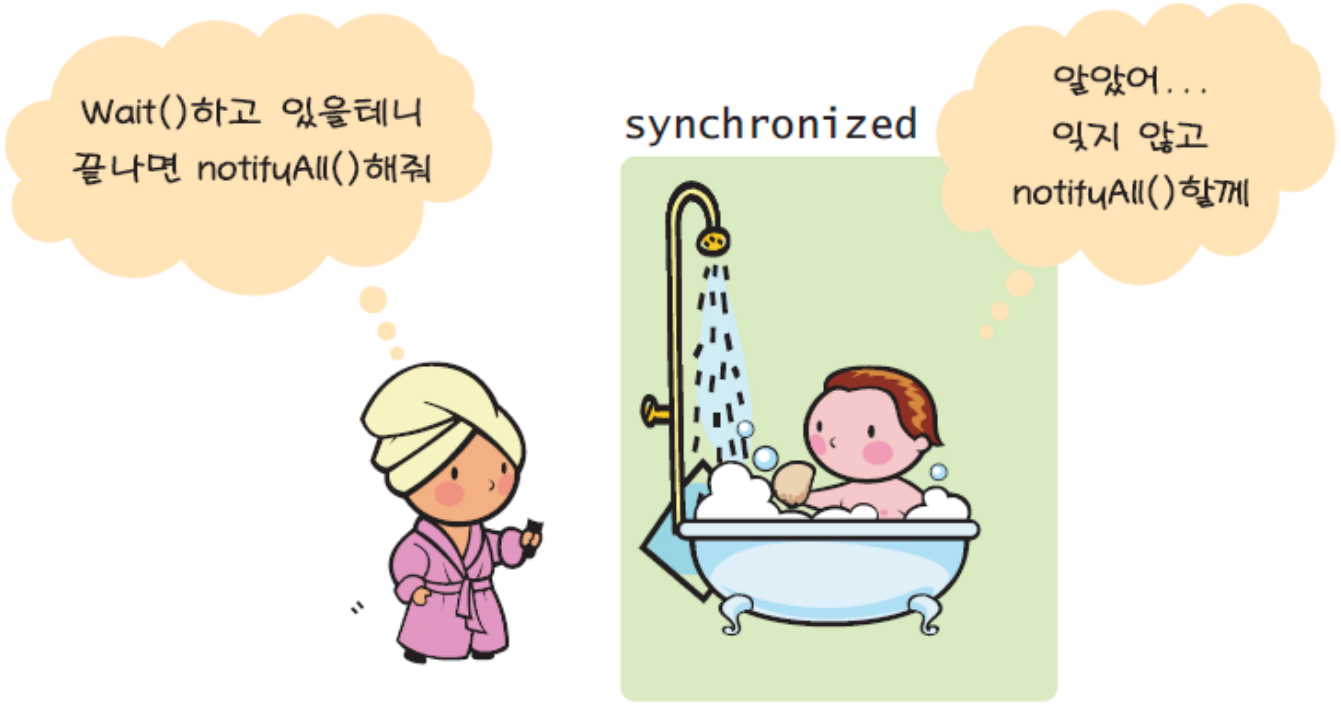


그림23-8. wait() notify()

생산자/소비자 문제

- 생산자는 데이터를 생산하고 소비자는 데이터를 가지고 어떤 작업을 한다.
- 생산자-소비자 문제에서 중요한 것은 생산자가 생산하기 전에 소비자가 물건을 가져가면 안 된다.
- 반대로 이전 물건을 소비하기 전에 생산하면 안 된다.

☞ 동기화된 method를 사용하여 두 개의 thread가 동시에 버퍼 객체에 접근하는 것을 막는다. 동기화된 method는 `synchronized` 키워드를 method 앞에 붙여서 만든다.

☞ 케익을 생산하고 가져가는 동작을 일치시키기 위하여 두 개의 thread를 동기화할 수 있는 어떤 방법이 필요하다. Thread 간의 동작을 일치하기 위하여 사용하는 method들이 `wait()`와 `notify()`이다. 이들 method를 이용하여 생산이 되었음을 소비자에게 명시적으로 알리고 또 한 소비가 되었음을 명시적으로 생산자에게 알릴 수 있다.

생산자/소비자 문제에 적용

- 먼저 케익을 임시적으로 보관하는 Buffer class를 작성한다.

```
class Buffer {
    private int data;  <---------- 생산자로부터 소비자로 전해지는 data
    private boolean empty = true;  <------ 소비자가 기다리고 있으면 true,
                                           생산자가 기다리고 있으면 false

    public synchronized int get() {
        while (empty) {
            try {
                wait();
            } catch (InterruptedException e) {
            }
        }
        empty = true;  <--- Buffer의 상태를 바꾼다.
        notifyAll();  <--- 생산자를 깨운다.
        return data;
    }
```

케익이 생산될 때까지 기다린다.

```
    public synchronized void put(int data) {
        while (!empty) {
            try {
                wait();
            } catch (InterruptedException e) {
            }
        }
        empty = false;  <--- Buffer의 상태를 바꾼다.
        this.data = data;
        notifyAll();  <--- 소비자를 깨운다.
    }
}
```

Buffer가 빌 때까지 기다린다.

생산자/소비자 문제에 적용

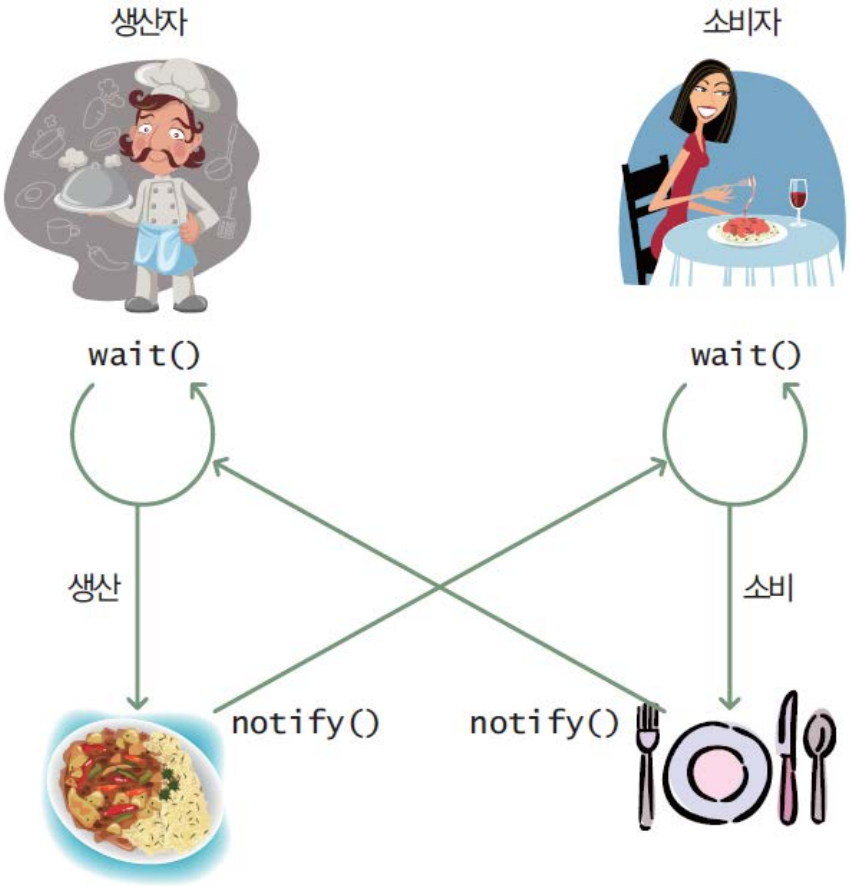


그림23-9. 생산자와 소비자 문제

예제 – Producer

```
class Producer implements Runnable {
    private Buffer buffer;  ◄---------- 공유 buffer 객체를 point하는 변수

    public Producer(Buffer buffer) {
        this.buffer = buffer;
    }

    public void run() {
        for (int i = 0; i < 10; i++) {
            buffer.put(i);  ◄---------- buffer에 케익을 가져다 놓는다.
            System.out.println("생산자: " + i + "번 케익을 생산하였습니다.");
            try {
                Thread.sleep((int) (Math.random() * 100));
            } catch (InterruptedException e) {
            }
        }
    }
}
```

예제 – Consumer

```
class Consumer implements Runnable {
    private Buffer buffer;  ◄---------- 공유 buffer 객체를 point하는 변수

    public Consumer(Buffer drop) {
        this.buffer = drop;
    }

    public void run() {
        for (int i = 0; i < 10; i++) {
            buffer.get();   ◄---------- Buffer에서 케익을 가져온다.
            System.out.println("소비자:  " + data + "번 케익을 소비하였습니다.");
            try {
                Thread.sleep((int) (Math.random() * 100));
            } catch (InterruptedException e) {
            }
        }
    }
}
```

예제 – main Thread

```
public class ProducerConsumerTest {
    public static void main(String[] args) {
        Buffer buffer = new Buffer();
        (new Thread(new Producer(buffer))).start();
        (new Thread(new Consumer(buffer))).start();
    }
}
```

실행결과

```
생산자: 0번 케익을 생산하였습니다.
소비자: 0번 케익을 소비하였습니다.
생산자: 1번 케익을 생산하였습니다.
소비자: 1번 케익을 소비하였습니다.
...
생산자: 9번 케익을 생산하였습니다.
소비자: 9번 케익을 소비하였습니다.
```

예제 – without wait()/notifyall()

```
class Buffer {
    private int data;

    public synchronized int get() {
        return data;
    }

    public synchronized void put(intdata) {
        this.data = data;
    }
}
```

실행결과

```
생산자: 0번케익을생산하였습니다.
소비자: 0번케익을소비하였습니다.
소비자: 0번케익을소비하였습니다.
소비자: 0번케익을소비하였습니다.
생산자: 1번케익을생산하였습니다.
소비자: 1번케익을소비하였습니다.
```

똑같은 케익을 3번이나 가져간다.

중간 점검

중간점검

1. wait()와 notifyAll() 메소드는 왜 필요한가?
2. wait()는 어떤 역할을 하는가?
3. notifyAll()는 어떤 역할을 하는가?

Q & A