

11장. 예외 처리와 템플릿

박 종 혁 교수
(서울과기대 컴퓨터공학과)

Tel: 970-6702
Email: jhpark1@seoultech.ac.kr

목차

1. 예외 처리
2. 템플릿

1. 예외 처리



예외 처리(Exception Handling)

- 예외란?
우리가 당연하다고 가정한 상황이 거짓이 되는 경우
 - 대표적 경우
 - 컴퓨터에 사용 가능한 메모리가 부족한 경우
 - 당연히 있을 것이라 생각한 파일이 없는 경우
 - 사용자가 잘못된 값을 입력하는 경우
- 예외 처리란?
이러한 상황이 발생한 경우에도 프로그램이 올바르게 동작할 수 있도록 처리하는 것
 - 예) 컴퓨터에 사용 가능한 메모리가 부족해서 동적 메모리 할당이 실패한 경우
 - > 예외 처리를 잘 하지 못한 프로그램은 비정상 종료할 수 있음
 - 반면, 예외 처리를 잘 한 프로그램은 사용자가 작업 중이던 정보를 잘 보관한 후에 정상적으로 종료할 수 있음

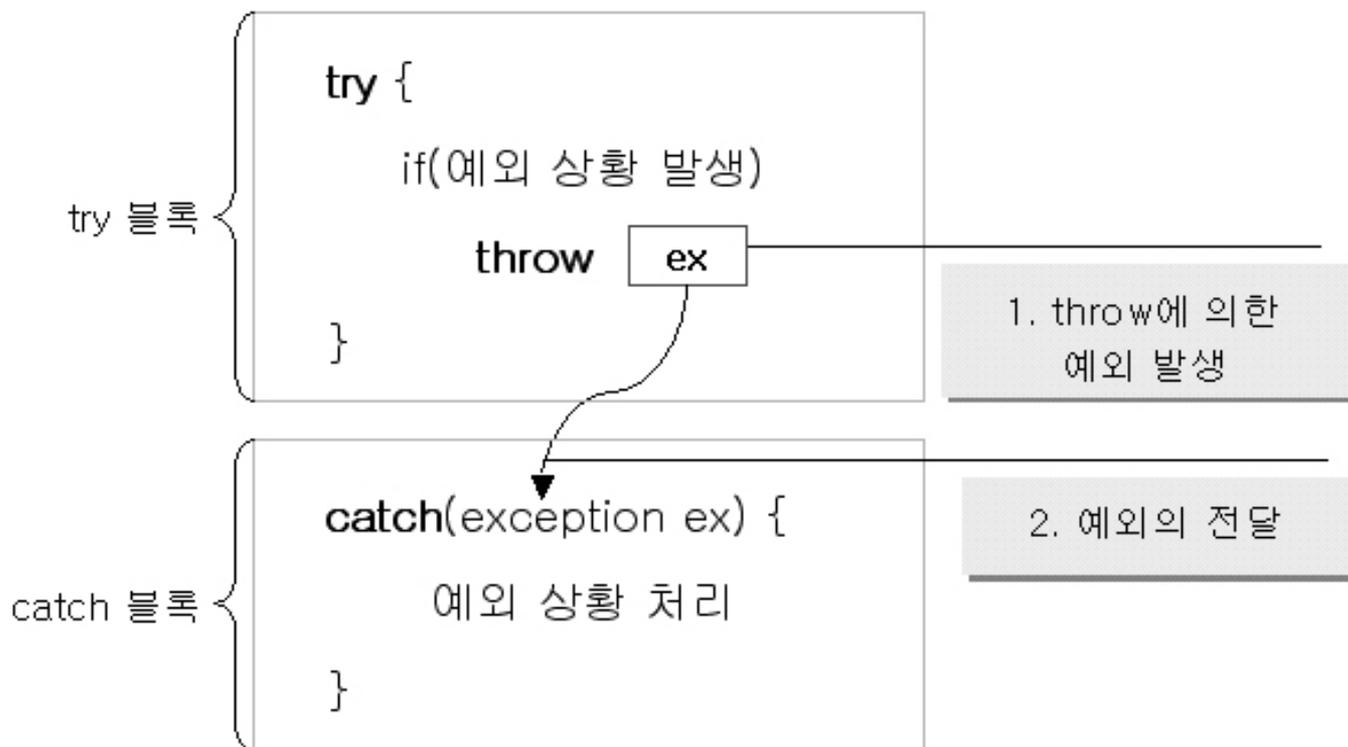
기존의 예외처리 방식

- 예외 처리
 - 일반적이지 않은 프로그램의 흐름의 처리
 - **에러가 아니다!**

```
int main(void)
{
    int a, b;
    cout<<"두개의 숫자 입력 : ";
    cin>>a>>b;

    cout<<"a/b의 몫 : "<<a/b<<endl;
    cout<<"a/b의 나머지 : "<<a%b<<endl;
    return 0;
}
```

```
int main(void)
{
    int a, b;
    cout<<"두개의 숫자 입력 : ";
    cin>>a>>b;
    if(b==0){
        cout<<"입력오류!"<<endl;
    }
    else {
        cout<<"a/b의 몫 : "<<a/b<<endl;
        cout<<"a/b의 나머지 : "<<a%b<<endl;
    }
    return 0;
}
```

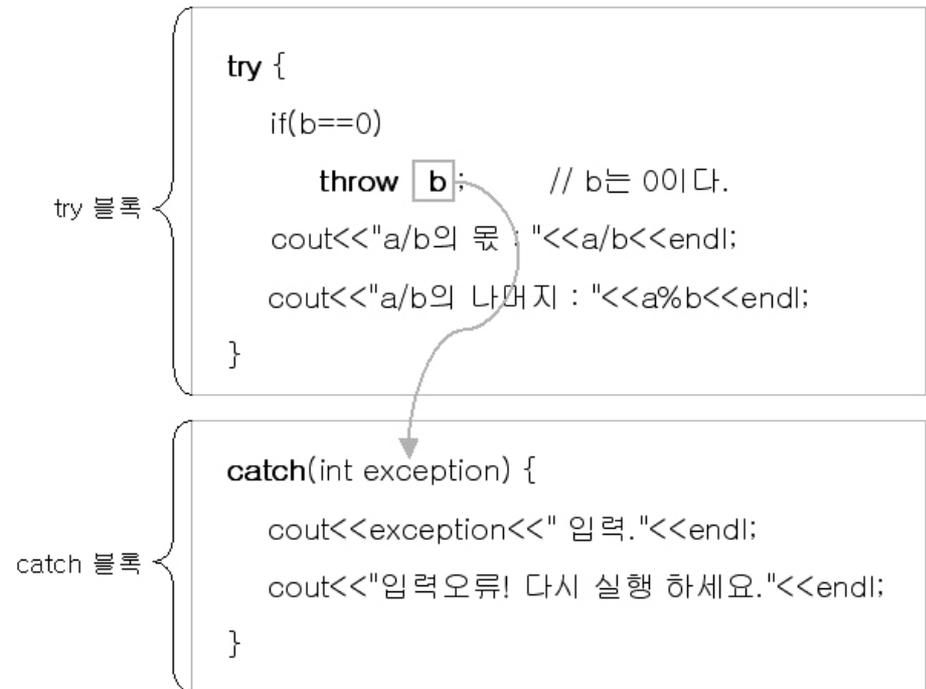


예제

```
int main(void)
{
    int a, b;
    cout<<"두개의 숫자 입력 : ";
    cin>>a>>b;

    try{
        if(b==0)
            throw b;
        cout<<"a/b의 몫 : "<<a/b<<endl;
        cout<<"a/b의 나머지 : "<<a%b<<endl;
    }

    catch(int exception){
        cout<<exception<<" 입력."<<endl;
        cout<<"입력오류! 다시 실행 하세요."<<endl;
    }
    return 0;
}
```

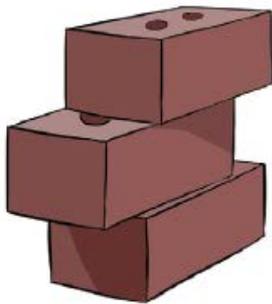


- 예외가 발생하면 try 블록의 나머지 부분 무시
- 예외 처리 후 catch 블록 이후부터 실행

Stack Unwinding (스택 풀기)

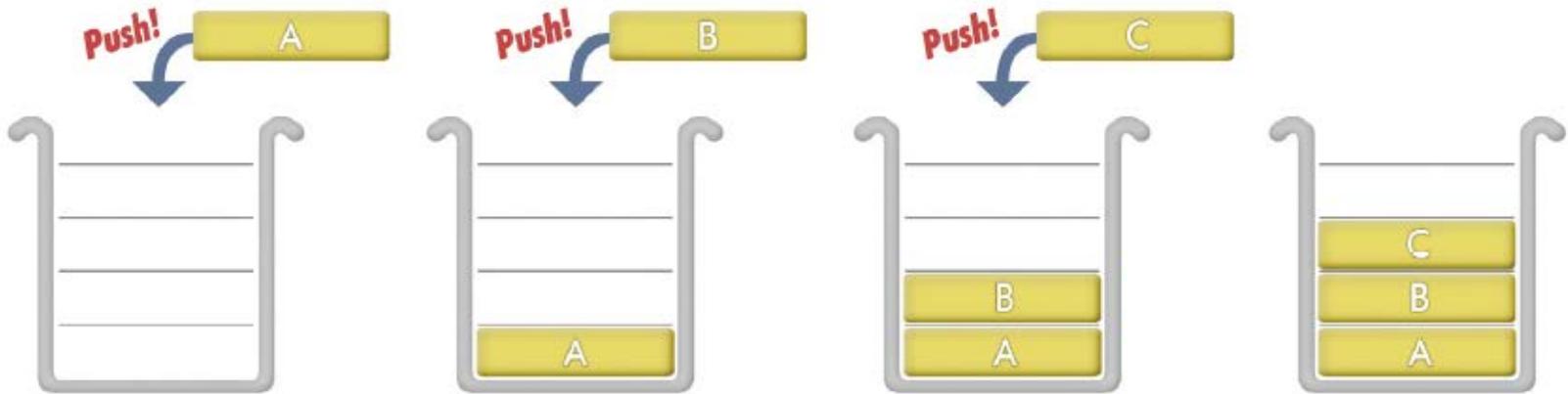
- Stack

- 가장 나중에 들어온 자료가 가장 먼저 나가게 되는 데이터 구조
- **LIFO(Last-In, First-Out): "후입선출형 구조"**
- **FILO(First-In, Last-Out):** 먼저 들어온 것이 나중에 나간다

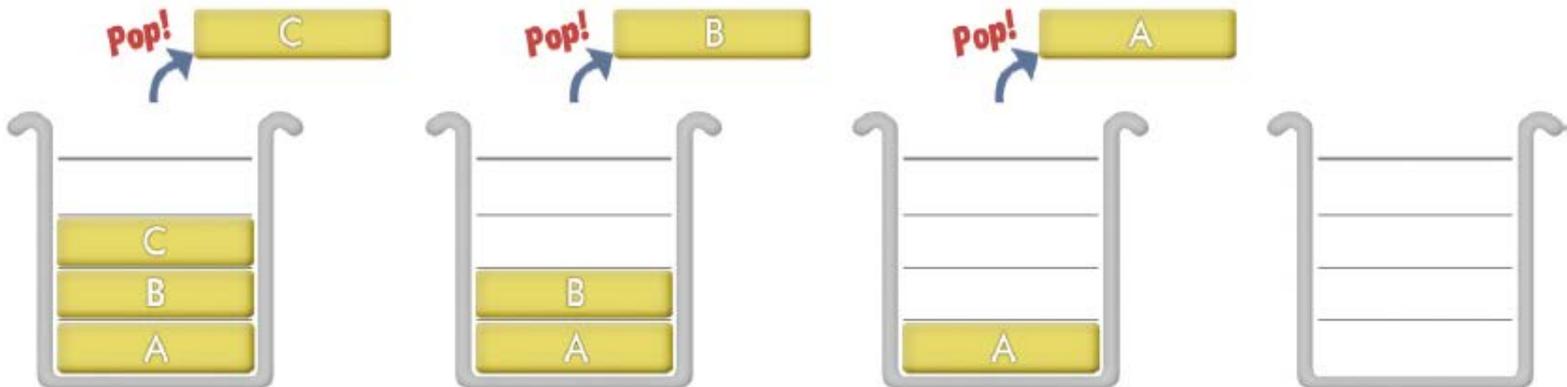


- Stack의 원리

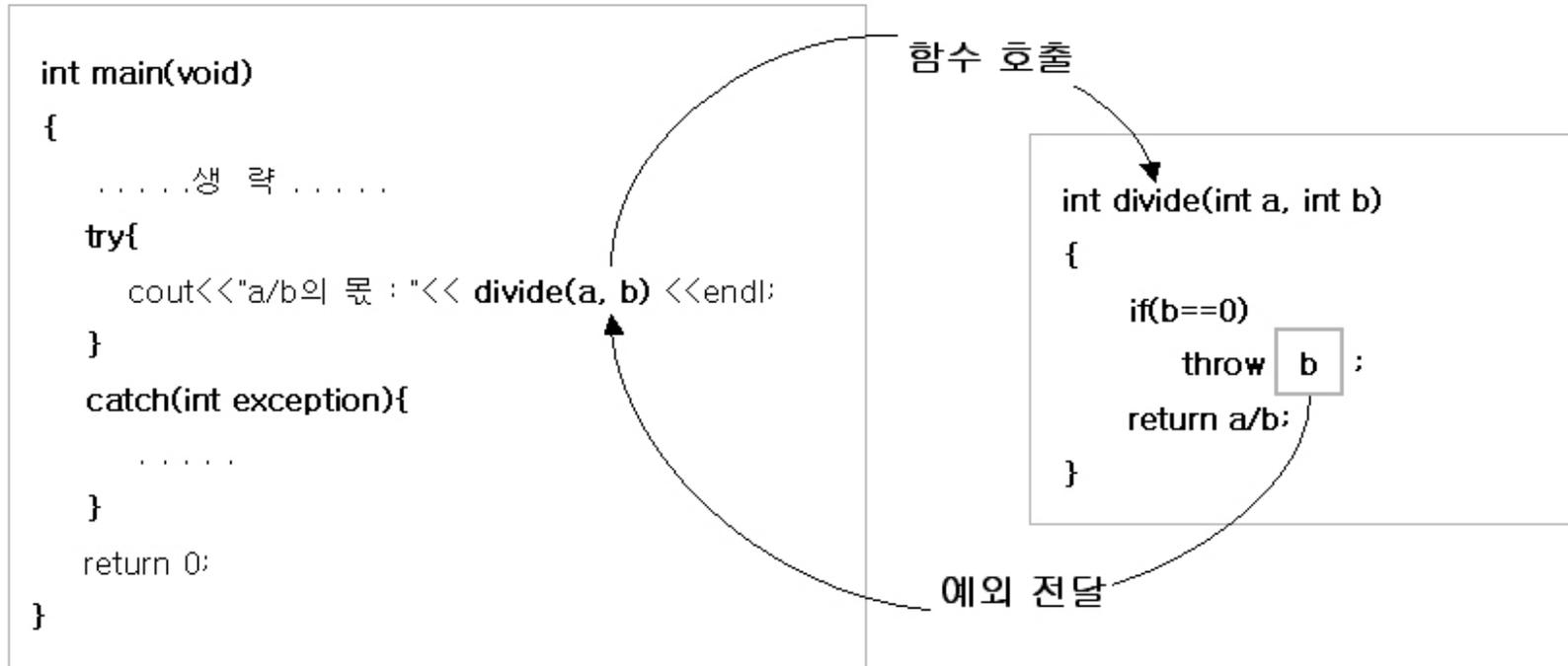
- Push: 스택에 새로운 자료를 추가하는 것



- Pop: 스택에 저장된 값을 다시 빼내어 내는 것



- Stack 풀기



```
int main(void)
```

```
{
```

```
    .....생략.....
```

```
    try{
```

```
        cout<<"a/b의 몫 : "<< divide(b, b) <<endl;
```

```
    }
```

```
    catch(int exception){
```

```
        .....
```

```
    }
```

```
    return 0;
```

```
}
```

```
int divide(int a, int b)
```

```
{
```

```
    if(b==0)
```

```
        throw b ;
```

```
    return a/b;
```

```
}
```

예외 전달

The diagram illustrates the flow of an exception between two functions. On the left, the `main` function contains a `try` block that calls `divide(b, b)`. The variable `b` is highlighted with a box. Below the `try` block is a `catch` block for `int exception`. On the right, the `divide` function checks if `b == 0`. If true, it throws the variable `b`, which is also highlighted with a box. A curved arrow labeled "예외 전달" (Exception Transfer) points from the `throw b` statement in the `divide` function to the `catch` block in the `main` function.

- Stack 풀기 예제

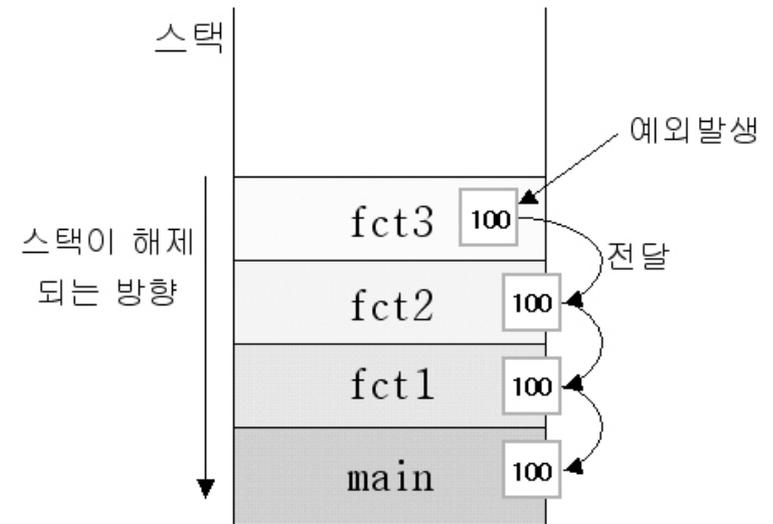
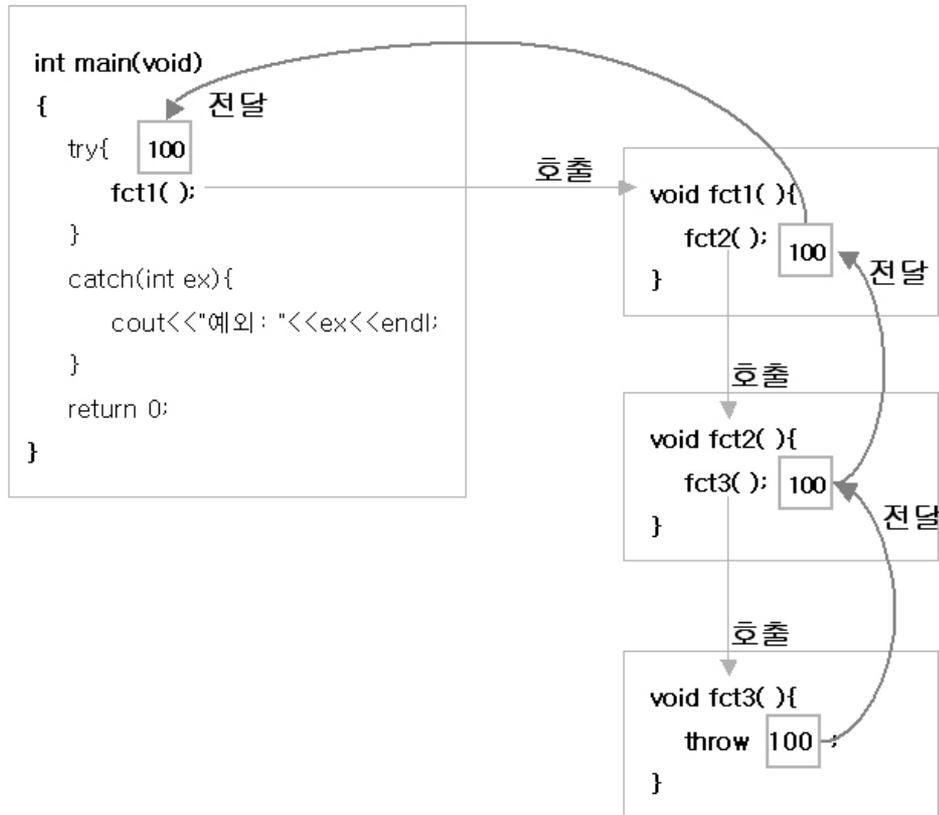
```
int divide(int a, int b); // a/b의 몫만 반환

int main(void)
{
    int a, b;

    cout<<"두개의 숫자 입력 : ";
    cin>>a>>b;

    try{
        cout<<"a/b의 몫 : "<<divide(a, b)<<endl;
    }
    catch(int exception){
        cout<<exception<<" 입력."<<endl;
        cout<<"입력오류! 다시 실행 하세요."<<endl;
    }
    return 0;
}
```

```
int divide(int a, int b)
{
    if(b==0)
        throw b;
    return a/b;
}
```



- 예외가 처리되지 않으면
 - `stdlib.h`에 선언되어 있는 `abort` 함수의 호출에 의해 프로그램 종료
- 전달되는 예외 명시
 - 그 이외의 예외가 전달되면 `abort` 함수의 호출

```
int fct(double d) throw (int, double, char *)  
{  
    .....  
}
```

- 하나의 try, 여러 개의 catch

```
int main(void)
{
    int num;

    cout<<"input number: ";
    cin>>num;

    try{
        if(num>0)
            throw 10; // int형 예외 전달.
        else
            throw 'm'; // char형 예외 전달.
    }
    catch(int exp){
        cout<<"int형 예외 발생"<<endl;
    }
    catch(char exp){
        cout<<"char형 예외 발생"<<endl;
    }
    return 0;
}
```

예외상황을 나타내는 클래스의 설계

- 예외 상황을 나타내는 클래스 & 객체
 - 예외 클래스, 예외 객체
 - 일반 클래스, 객체와 다르지 않다.
 - 예외 상황을 알려주기 위한 용도로 사용
- 예외는 클래스의 객체로 표현되는 것이 일반적

예외처리에 대한 나머지 문법 요소

- 모든 예외 처리 catch 블록

```
try{
    .....
}
catch(...) { // ... 선언은 모든 예외를 다 처리 하겠다는 선언
    .....
}
```

- 예외 다시 던지기

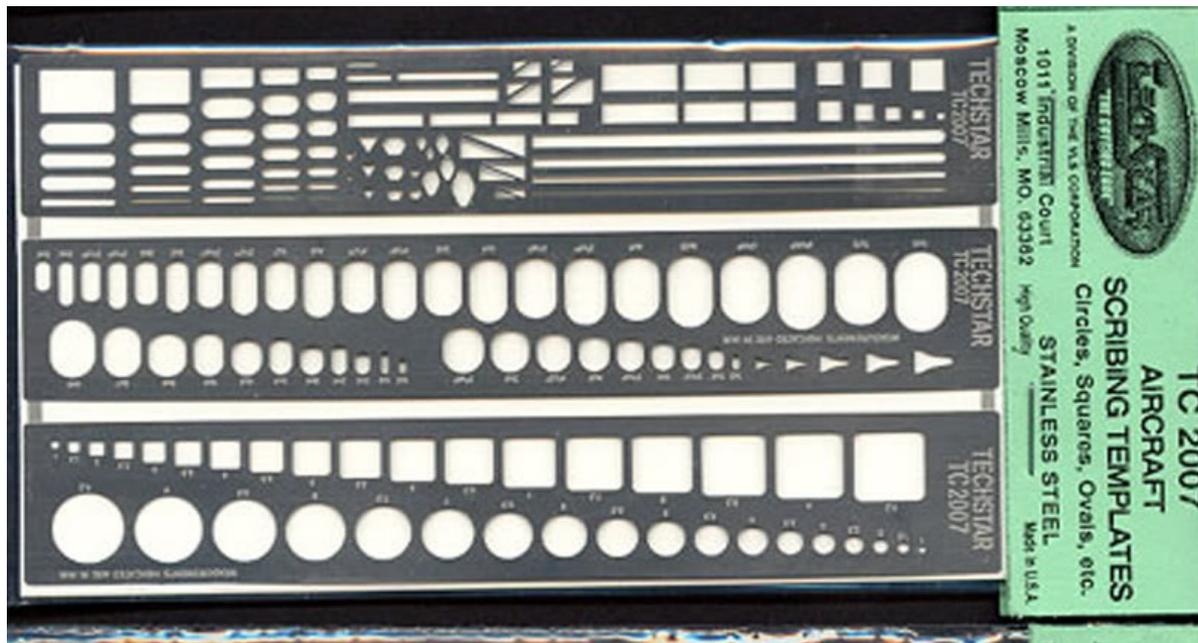
```
try{
    .....
}
catch(Exception& t) {
    .....
    throw;
}
```

2. 템플릿



1. 템플릿이란?

- 템플릿(template): 물건을 만들 때 사용되는 틀이나 모형을 의미
- 함수 템플릿(function template): 함수를 찍어내기 위한 형틀



함수 get_max()

```
int get_max(int x, int y)
{
    if( x > y ) return x;
    else return y;
}
```

만약 float 값중에서
최대값을 구하는 함수
가 필요하다면?



함수 get_max()

```
float get_max(float x, float y)
{
    if( x > y ) return x;
    else return y;
}
```

핵심적인 내용은 같
고 매개 변수의 타
입만 달라진다



일반화 프로그래밍

- 일반화 프로그래밍 (generic programming)
 - 일반적인 코드를 작성하고 이 코드를 정수나 문자열과 같은 다양한 타입의 객체에 대하여 재사용하는 프로그래밍 기법



int 버전으로 필요하시다구요.

템플릿 함수

```

____ get_max(____ x , ____ y)
{
  if( x > y) return x;
  else return y;
}
  
```



```

int get_max(int x , int y)
{
  if( x > y) return x;
  else return y;
}
  
```

get_max()

```
template<typename T>  
T get_max(T x, T y)  
{  
    if( x > y ) return x;  
    else return y;  
}
```

자료형이 변수처럼
표기되어 있음을
알 수 있다



템플릿 함수의 사용

`get_max(1, 3)` 으로 호출

```
int get_max(int x, int y)
{
    if(x > y) return x;
    else return y;
}
```

```
template <typename T>
T get_max(T x, T y)
{
    if(x > y) return x;
    else return y;
}
```

`get_max(1.8, 3.7)` 으로 호출

```
double get_max(double x, double y)
{
    if(x > y) return x;
    else return y;
}
```

예제

`get_max.cpp`

```
#include <iostream>
using namespace std;

template <typename T>
T get_max(T x, T y)
{
    if(x > y)    return x;
    else return y;
}

int main()
{
    // 아래의 문장은 정수 버전 get_max()를 호출한다.
    cout << get_max(1, 3) << endl;

    // 아래의 문장은 실수 버전 get_max()를 호출한다.
    cout << get_max(1.2, 3.9) << endl;

    return 0;
}
```

실행 결과

3

3.9

계속하려면 아무 키나 누르십시오 ...

템플릿 함수의 특수화

```
template <typename T>                // 함수 템플릿으로 정의
void print_array(T[] a, int n)
{
    for(int i=0;i<n; i++)
        cout << a[i] << " ";
    cout << endl;
}

template <>                            // 템플릿 특수화
void print_array(char[] a, int n)    // 매개 변수가 char인 경우에는 이 함수가
    호출된다.
{
    cout << a << endl;
}
```

함수 템플릿과 함수 중복

swap_values.cpp

```
#include <iostream>
using namespace std;
```

템플릿 함수

```
template <typename T>
void swap_values(T& x, T& y)
{
    T temp;
    temp = x;
    x = y;
    y = temp;
}
```

함수 중복

```
void swap_values(char* s1, char* s2)
{
    int len;

    len = (strlen(s1) >= strlen(s2)) ? strlen(s1) : strlen(s2);
    char* tmp = new char[len + 1];

    strcpy(tmp, s1);
    strcpy(s1, s2);
    strcpy(s2, tmp);
    delete[] tmp;
}
```

```

int main()
{
    int x=100, y=200;
    swap_values(x, y);           // x, y가 모두 int 타입- OK!
    cout << x << " " << y << endl;

    char s1[100]="This is a first string";
    char s2[100]="This is a second string";
    swap_values(s1, s2);       // s1, s2가 모두 배열 - 오버로딩 함수 호출
    cout << s1<< " " << s2<< endl;
    return 0;
}

```

실행 결과

200 100

This is a second string This is a first string

계속하려면 아무 키나 누르십시오 . . .

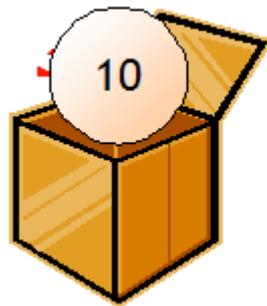
```
template<typename T1, typename T2>  
void copy(T1 a1[], T2 a2[], int n)  
{  
    for (int i = 0; i < n; ++i)  
        a1[i] = a2[i];  
}
```

클래스 템플릿

- 클래스 템플릿(class template): 클래스를 찍어내는 틀(template)

```
template <typename 타입이름, ...> class 클래스이름  
{  
  ...  
}
```

- 예제: 하나의 값을 저장하고 있는 박스



정수를 저장하는 상자

예제

```
class Box {  
    int data;  
public:  
    Box() { }  
    void set(int value) {  
        data = value;  
    }  
    int get() {  
        return data;  
    }  
};  
  
int main()  
{  
    Box box;  
    box.set(100);  
    cout << box.get() << endl;  
    return 0;  
}
```

실행 결과

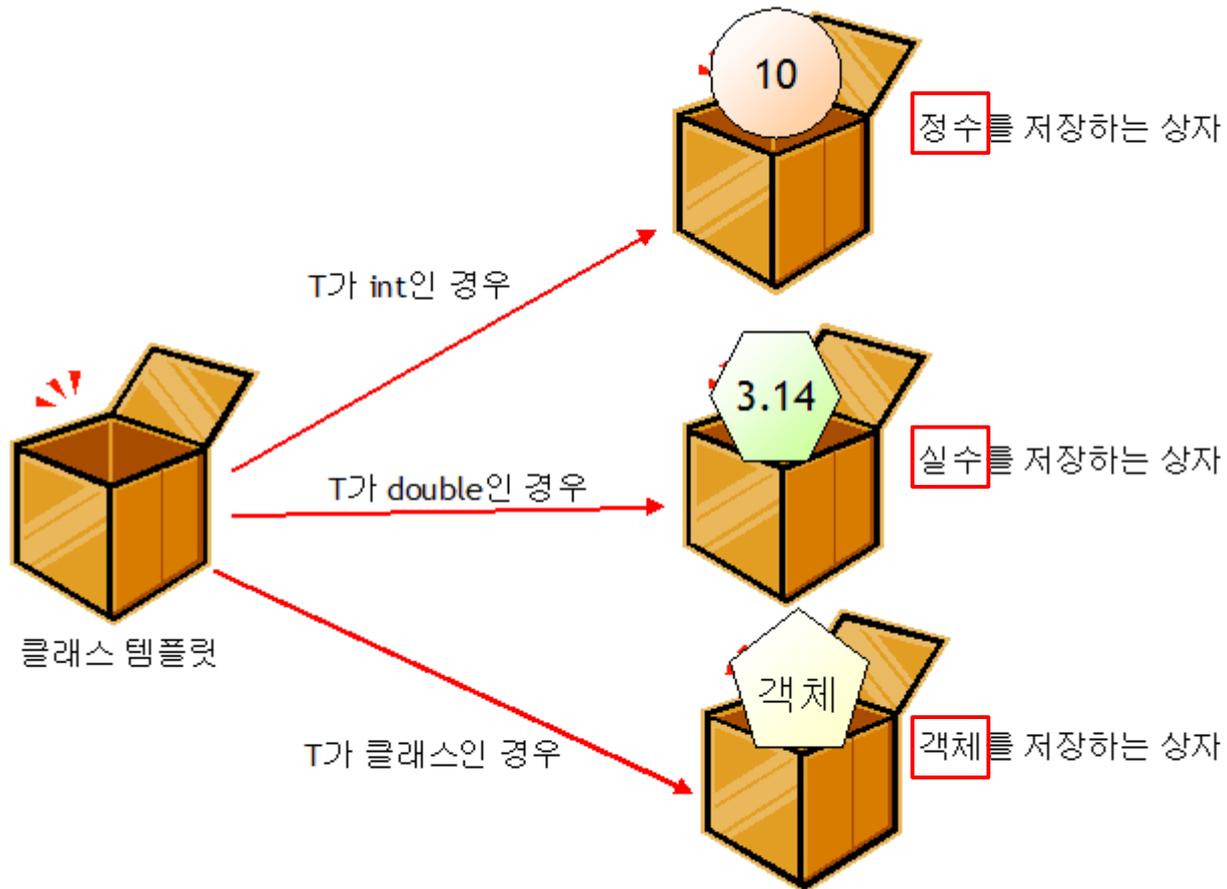
100

계속하려면 아무 키나 누르십시오 . . .

클래스 템플릿으로 만들어 보자.



클래스 템플릿 버전



클래스 템플릿 정의

```
template <typename T>
class 클래스이름
{
...// T를 어디서든지 사용할 수 있다.
}
```

예제

```
#include <iostream>
using namespace std;

template <typename T>
class Box {
    T data; // T는 타입(type)을 나타낸다.
public:
    Box() { }
    void set(T value) {
        data = value;
    }
    T get() {
        return data;
    }
};
```

클래스 템플릿



```
int main()
{
    Box<int> box;
    box.set(100);
    cout << box.get() <<endl;

    Box<double> box1;
    box1.set(3.141592);
    cout << box1.get() <<endl;

    return 0;
}
```

정수 버전 클래스

실수 버전 클래스

실행 결과

100

3.14159

계속하려면 아무 키나 누르십시오 . . .

```
template <typename T>
class Box {
    T data; // T는 타입(type)을 나타낸다.
public:
    Box();
    void set(T value);
    T get();
};
```

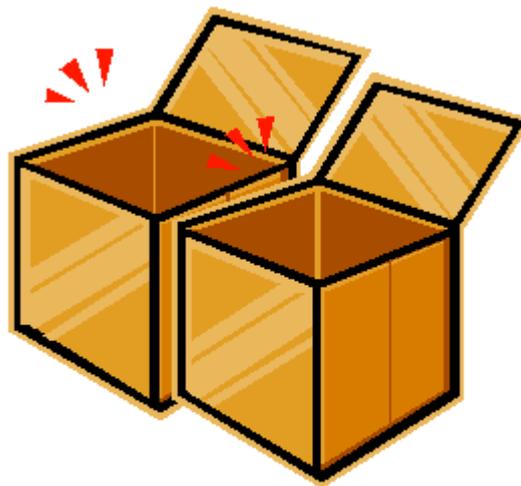
```
template <typename T>
Box<T>::Box() {
}
```

```
template <typename T>
void Box<T>::set(T value) {
    data = value;
}
```

```
template <typename T>
T Box<T>::get() {
    return data;
}
```

두개의 타입 매개 변수

- 두 개의 데이터를 저장하는 클래스 **Box2**



Box2 클래스 템플릿

예제

```
#include <iostream>
using namespace std;

template <typename T1, typename T2>
class Box2 {

    T1 first_data; // T1은 타입(type)을 나타낸다.
    T2 second_data; // T2는 타입(type)을 나타낸다.

public:
    Box2() {      }
    T1 get_first();
    T2 get_second();
    void set_first(T1 value) {
        first_data = value;
    }
    void set_second(T2 value) {
        second_data = value;
    }
};
```

두개의 타입 매개
변수를 가지는 클
래스 템플릿

예제

```
template <typename T1, typename T2>
T1 Box2<T1, T2>::get_first() {
    return first_data;
}
template <typename T1, typename T2>
T2 Box2<T1, T2>::get_second() {
    return second_data;
}
int main()
{
    Box2<int, double> b;
    b.set_first(10);
    b.set_second(3.14);
    cout << "(" << b.get_first() << ", " << b.get_second() << ")" << endl;
    return 0;
}
```

실행 결과

(10, 3.14)

계속하려면 아무 키나 누르십시오 . . .

추가 자료



예외 객체의 사용

- 객체를 예외로 던지면 다양한 정보를 함께 전달할 수 있다

```
class MyException
{
public:
    const void* sender;           // 예외를 던진 객체의 주소
    const char* description;     // 예외에 대한 설명
    int info;                    // 부가 정보

    MyException(const void* sender, const char* description, int info)
    {
        this->sender = sender;
        this->description = description;
        this->info = info;
    }
};
```

```
// 원소의 값을 바꾼다
void DynamicArray::SetAt(int index, int value)
{
    // 인덱스의 범위가 맞지 않으면 예외를 던진다
    if (index < 0 || index >= GetSize())
        throw MyException( this, "Out of Range!!!", index);

    arr[index] = value;
}
```

- 다형성을 사용해서 일관된 관리를 할 수 있다.

```
// 인덱스와 관련된 예외
class OutOfRangeException : public MyException
{
    ...
};

// 메모리와 관련된 예외
class MemoryException : public MyException
{
    ...
};
```

```
try
{
    // OutOfRangeException& 혹은 MemoryException& 타입의
    // 예외 객체를 던진다고 가정
}
catch(MyException& ex)
{
    // OutOfRangeException 과 MemoryException 모두
    // 여기서 잡을 수 있다.
    cout << "예외에 대한 설명= " << ex.description << "\n";
}
```

구조적 예외 처리의 규칙

- 예외는 함수를 여러 개 건너서도 전달할 수 있다

```
int main()
{
    try
    {
        A();
    }
    catch(int ex)
    {
        cout << "예외 = " << ex << "\n";
    }

    return 0;
}

void A()
{
    B();
}

void B()
{
    C();
}

void C()
{
    throw 337;
}
```

- 받은 예외를 다시 던질 수 있다

```
int main()
{
    try {
        A();
    }
    catch(char c) {
        cout << "main() 함수에서 잡은 예외 = " << c << "\n";
    }

    return 0;
}

void A()
{
    try {
        B();
    }
    catch(char c) {
        cout << "A() 함수에서 잡은 예외 = " << c << "\n";

        throw;
    }
}

void B()
{
    throw 'X';
}
```

구조적 예외 처리의 규칙

- try 블록 하나에 여러 개의 catch 블록이 이어질 수 있다

```
int main()
{
    try
    {
        A();
    }
    catch(MemoryException& ex)
    {
        cout << "MemoryException 타입으로 잡혔음\n";
    }
    catch(OutOfRangeException& ex)
    {
        cout << "OutOfRangeException 타입으로 잡혔음\n";
    }
    catch(...)
    {
        cout << "그 밖의 타입\n";
    }

    return 0;
}

void A()
{
    // throw 100;
    throw OutOfRangeException(NULL, 0);
}
```

구조적 예외 처리의 규칙

- 실행 결과

```

C:\> "d:\한빛\source\24_exceptionhandling\09\debug\09.exe"
OutOfRangeException 타입으로 잡혔음
Press any key to continue.
  
```

- Catch 블록이 여럿인 경우

```

int main()
{
    try
    {
        A();
    }
    catch(MemoryException& ex)
    {
        // 생략
    }
    catch(OutOfRangeException& ex)
    {
        // 생략
    }
    catch(...)
    {
        // 생략
    }

    return 0;
}
  
```

```

void A()
{
    throw OutOfRangeException(NULL, 0);
}
  
```

- ① `MemoryException& ex = OutOfRangeException(NULL, 0)`
위와 같은 가상의 코드는 합법적이지 못하다
그래서 이 catch 블록은 예외를 잡을 수 없다
- ② `OutOfRangeException& ex = OutOfRangeException(NULL, 0)`
위와 같은 가상의 코드가 합법적이다
그래서 이 catch 블록이 실행된다
- ③ 앞의 catch 블록이 실행되었기 때문에
이 catch 블록은 실행되지 않는다

구조적 예외 처리의 규칙

- 예외 객체는 레퍼런스로 받는 것이 좋다

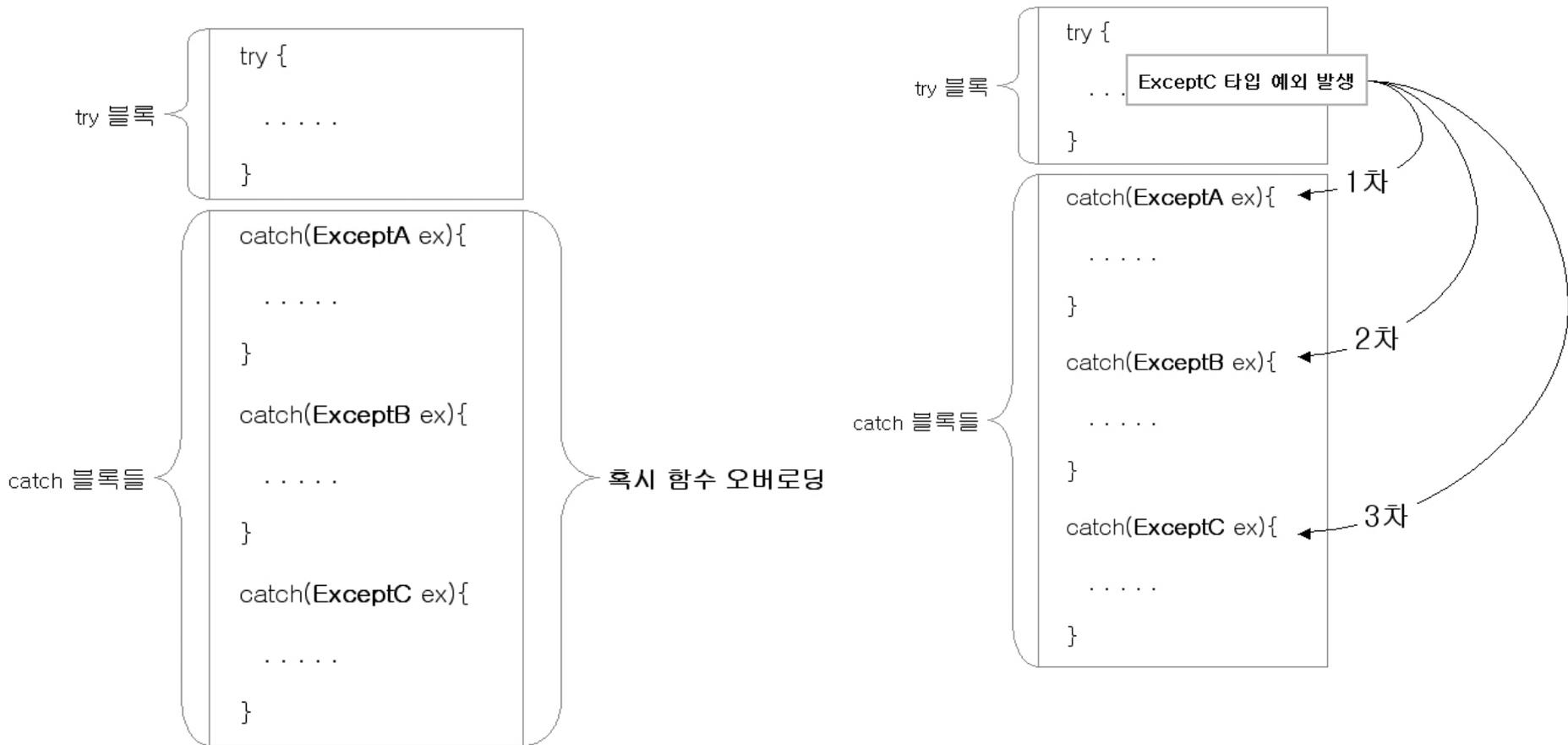
```
try
{
    MyException e( this, "객체", 0 );
    throw e;
}
catch( MyException& ex)
{
    cout << ex.description << "\n";
}
```

- 레퍼런스나 포인터가 아닌 객체의 타입으로 받는 경우에는 불필요한 복사가 발생하므로 비효율적이다
- 객체를 동적으로 할당해서 던지고 포인터 타입으로 받는 경우에 불필요한 복사가 발생하지는 않지만, 메모리 할당과 해제를 신경 써야 하므로 불편하다

==예외처리 추가 케이스 스터디 ==

1. 예외를 나타내는 클래스와 상속

- catch 블록에 예외가 전달되는 방식



2. new 연산자에 의해 전달되는 예외

- new 연산자가 메모리 공간을 할당을 실패 했을 때 발생시키는 예외

```
using std::bad_alloc;

int main(void)
{
    try{
        int i=0;
        while(1){
            cout<<i++<<"번째 할당"<<endl;
            double(*arr)[10000]=new double[10000][10000];
        }
    }
    catch(bad_alloc ex){
        ex.what();
        cout<<endl<<"END"<<endl;
    }

    return 0;
}
```

4. 리소스의 정리

- 리소스를 정리하기 전에 예외가 발생한 경우의 문제점 확인

```
try
{
    // 메모리를 할당한다.
    char* p = new char [100];

    // 여기까지 실행되었음을 출력한다.
    cout << "예외가 발생하기 전\n";

    // 예외를 던진다.
    throw "Exception!!!";

    // 이곳은 실행되지 않음을 출력한다.
    cout << "예외가 발생한 후\n";

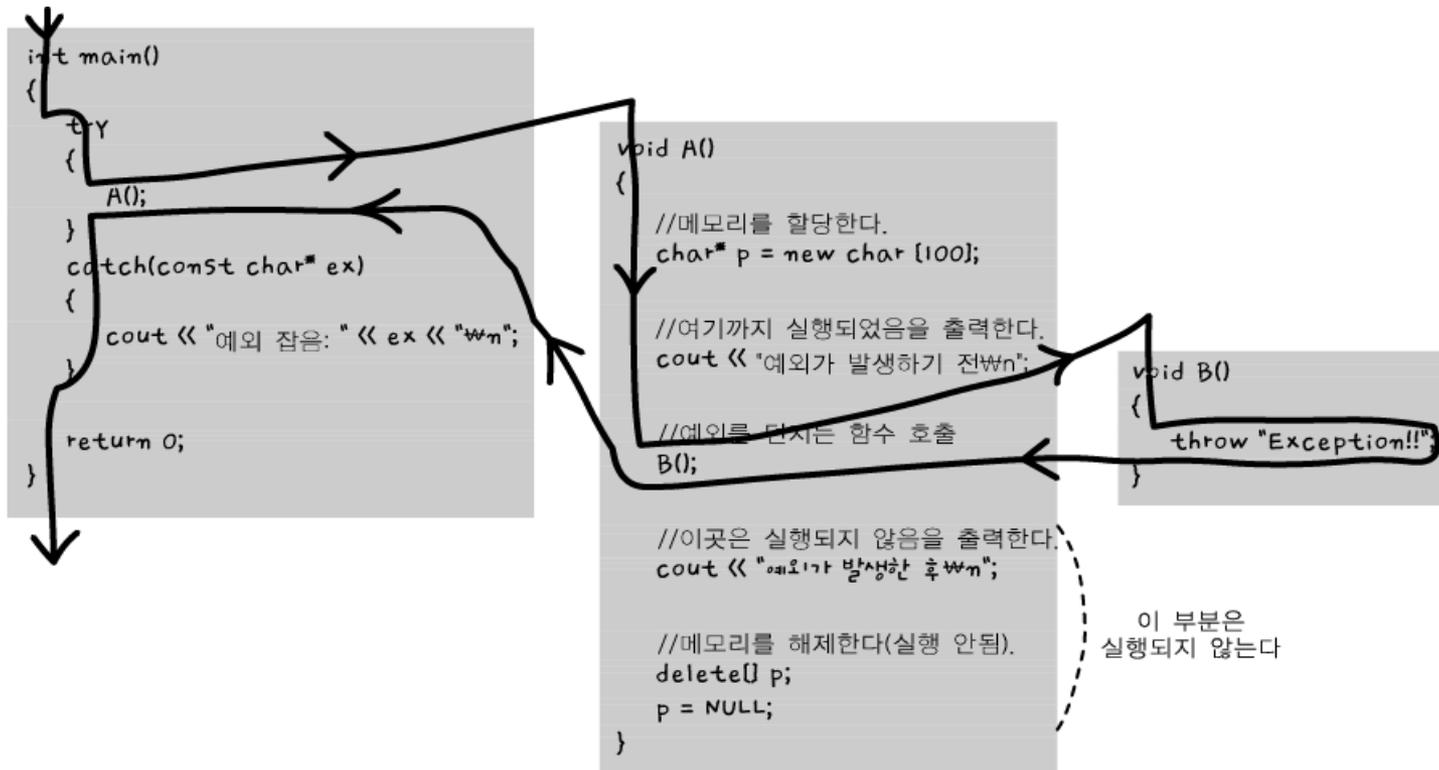
    // 메모리를 해제한다. (실행 안됨)
    delete[] p;
    p = NULL;
}
catch(const char* ex)
{
    cout << "예외 잡음 : " << ex << "\n";
}
```

- 실행 결과

```

C:\ "d:\한빛\source\24_exceptionhandling\14\debug\14.exe"
예외가 발생하기 전
예외 잡음 : Exception!!
Press any key to continue
  
```

- 실행의 흐름



5. 소멸자를 이용한 리소스의 정리

- 예외가 발생한 경우라도 객체의 소멸자는 반드시 호출되므로 소멸자를 사용해서 리소스 릭을 방지할 수 있다.

```
// 스마트 포인터 클래스
class SmartPointer
{
public:
    SmartPointer(char* p)
        : ptr(p)
    {
    }
    ~SmartPointer()
    {
        // 소멸자가 호출되는 것을 확인한다
        cout << "메모리가 해제된다!!\n";

        delete[] ptr;
    }

public:
    char * const ptr;
};
```

- 소멸자를 사용해서 리소스 릭을 방지하는 예

```
try
{
    // 메모리를 할당한다.
    char* p = new char [100];

    // 할당된 메모리의 주소를 스마트 포인터에 보관한다.
    SmartPointer sp(p)

    // 여기까지 실행되었음을 출력한다.
    cout << "예외가 발생하기 전\n";

    // 예외를 던진다.
    throw "Exception!!";

    // 이곳은 실행되지 않음을 출력한다.
    cout << "예외가 발생한 후\n";

    // 메모리를 해제해줄 필요가 없다.
    // delete[] p;
    // p = NULL;
}
catch(const char* ex)
{
    cout << "예외 잡음 : " << ex << "\n";
}
```

6. 생성자에서의 예외처리

- 생성자에서 예외가 발생한 경우에는 객체가 생성되지 않은 것으로 간주되므로 소멸자가 호출되지 않는다
- 그러므로, 생성자에서 예외가 발생한 경우에는 반드시 생성자 안에서 리소스를 정리해야 한다

```
DynamicArray::DynamicArray(int arraySize)
{
    try
    {
        // 동적으로 메모리를 할당한다.
        arr = new int [arraySize];

        // 배열의 길이 보관
        size = arraySize;

        // 여기서 고의로 예외를 발생시킨다.
        throw MemoryException( this, 0);
    }
    catch(...)
    {
        cout << "여기는 실행된다!!\n";

        delete[] arr;        // 리소스를 정리한다.

        throw;               // 예외는 그대로 던진다.
    }
}
```

7. 소멸자에서의 예외처리

- 소멸자에서 예외가 발생하는 경우에는 프로그램이 비정상 종료할 수 있으므로, 소멸자 밖으로 예외가 던져지지 않게 막아야 한다

```
DynamicArray::~DynamicArray()  
{  
    try  
    {  
        // 메모리를 해제한다.  
        delete[] arr;  
        arr = 0;  
    }  
    catch(...)  
    {  
    }  
}
```

auto_ptr

- C++에서 기본적으로 제공하는 스마트 포인터 클래스

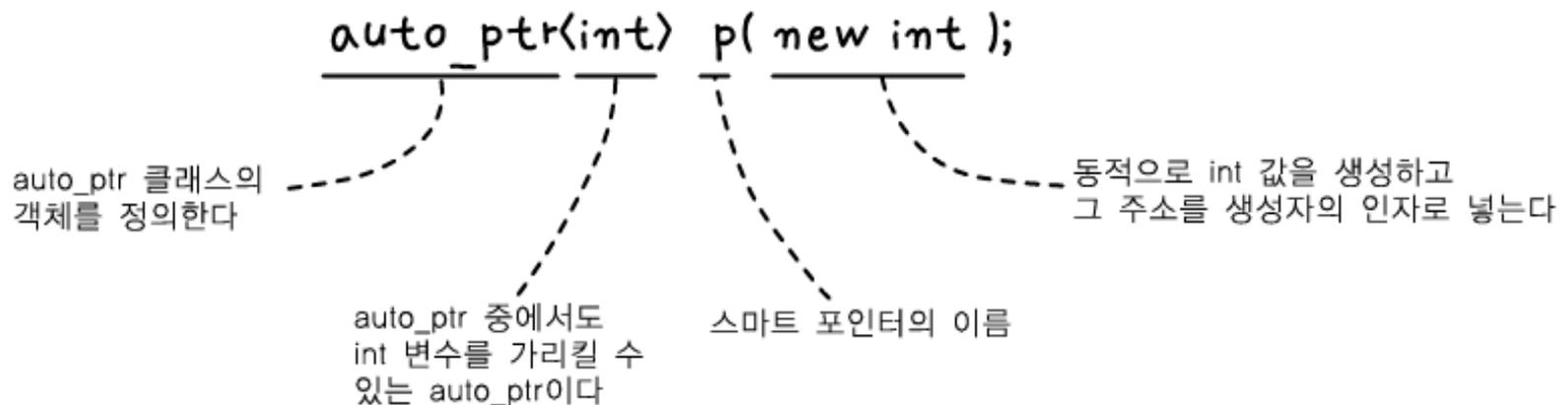
```
#include <memory>
using namespace std;

int main()
{
    // 스마트 포인터 생성
    auto_ptr<int> p( new int );

    // 스마트 포인터의 사용
    *p = 100;

    // 메모리를 따로 해제해 줄 필요가 없다

    return 0;
}
```



bad_alloc

- 동적 메모리 할당 실패시 던져지는 예외 클래스

```
#include <new>
#include <iostream>
using namespace std;

int main()
{
    try
    {
        // 많은 양의 메모리를 할당한다.
        char* p = new char [0xffffffff0];
    }
    catch(bad_alloc& ex)
    {
        cout << ex.what() << "\n";
    }
    return 0;
}
```

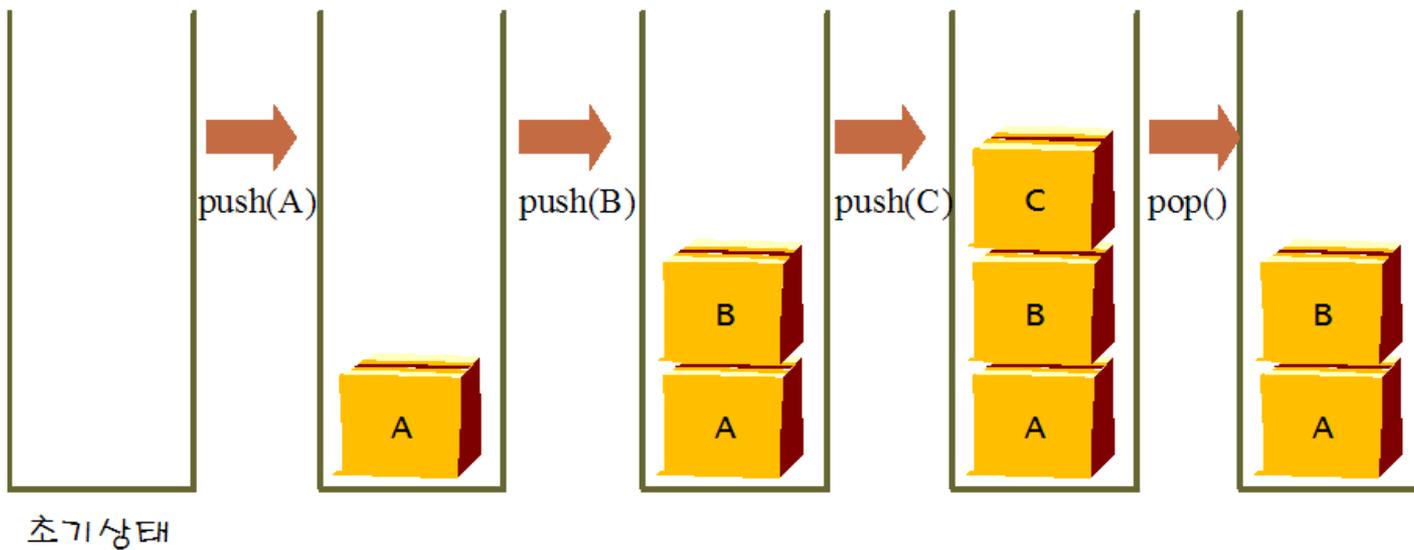
- 실행 결과



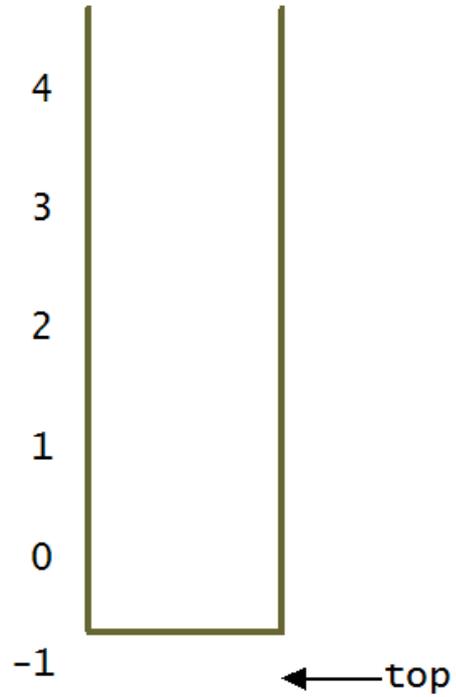
The screenshot shows a Windows command prompt window with the title bar text: "d:\한빛\source\W24_exceptionhandling\W20\debug\W20.exe". The window content displays the output of the program: "bad allocation" followed by "Press any key to continue." on a new line. The cursor is positioned at the end of the second line.

스택의 연산들

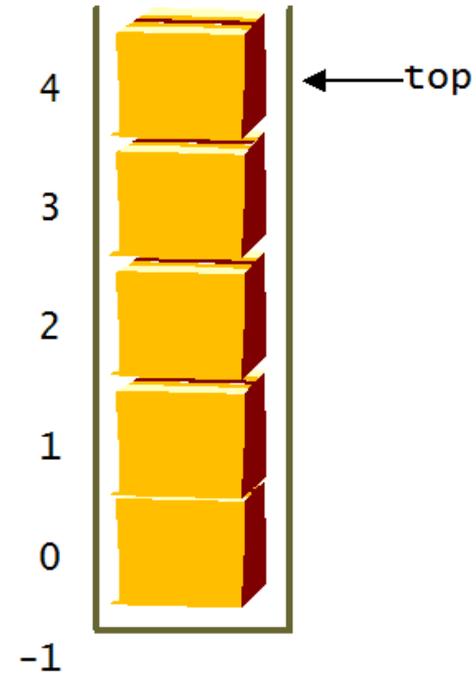
- `is_empty(s)` ::= 스택이 비어있는지를 검사한다
- `is_full(s)` ::= 스택이 가득 찼는가를 검사한다
- `push(s, e)` ::= 스택의 맨 위에 요소 `e`를 추가한다
- `pop(s)` ::= 스택의 맨 위에 있는 요소를 삭제한다



스택의 공백 상태와 포화 상태



(a) 공백상태



(b) 포화상태

isEmpty() , isFull()

isEmpty()

```
if top = -1  
  then return TRUE  
  else return FALSE
```

isFull()

```
if top = (MAX_STACK_SIZE-1)  
  then return TRUE  
  else return FALSE
```

push()

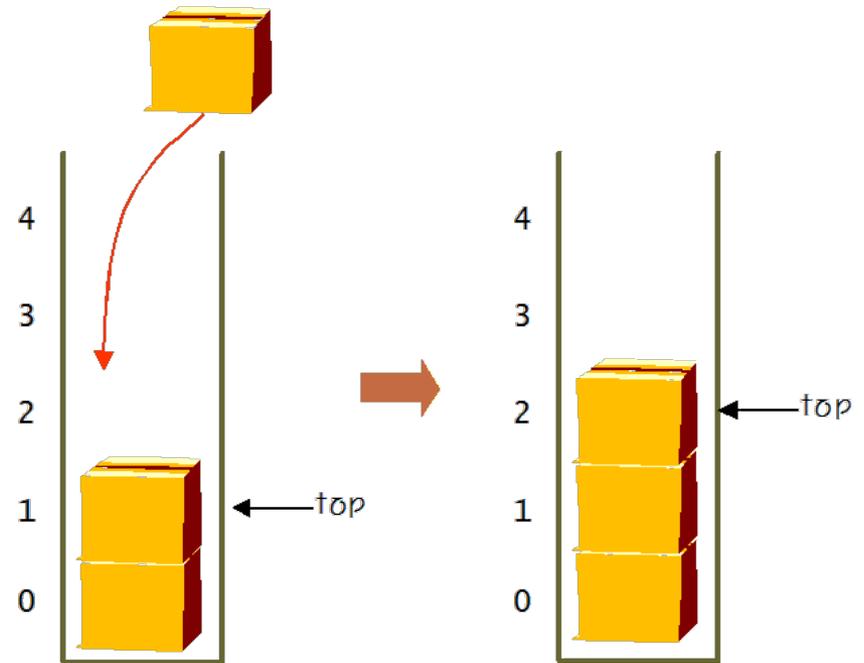
```
push(x)
```

```
if isFull()
```

```
  then error "overflow"
```

```
  else  $top \leftarrow top + 1$ 
```

```
       $stack[top] \leftarrow x$ 
```



pop()

```
pop(x)
```

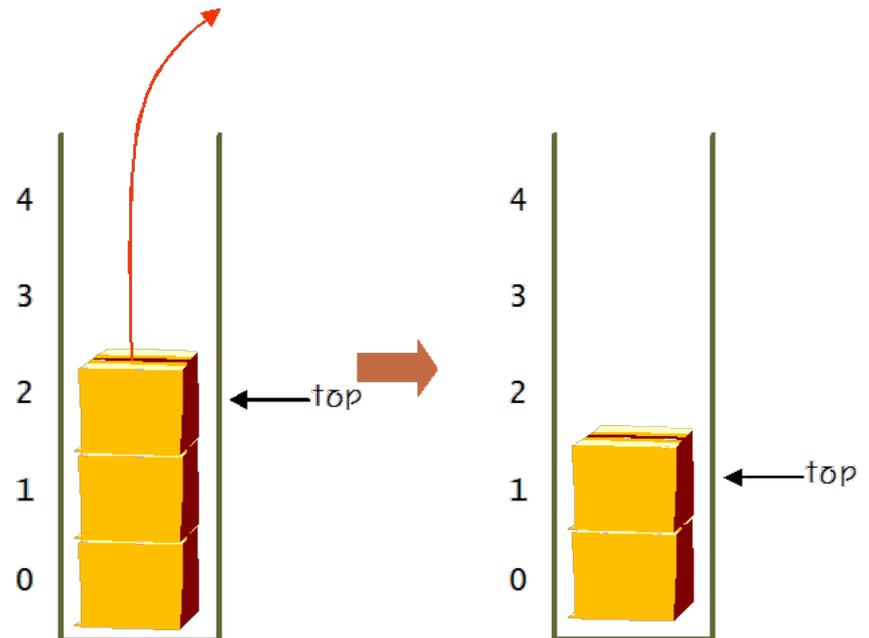
```
if isEmpty()
```

```
  then error "underflow"
```

```
  else  $e \leftarrow \text{stack}[\text{top}]$ 
```

```
       $\text{top} \leftarrow \text{top} - 1$ 
```

```
      return  $e$ 
```



스택의 구현



```
#include <iostream>
using namespace std;
// 예외 처리를 위한 클래스
class FullStack
{

// 예외 처리를 위한 클래스
class EmptyStack
{;
```



```
template <class T>
class Stack {
private:
    T* s;
    int size;
    int top;
public:
    Stack(int n = 100) : size(n), top(-1)
    {
        s = new T[size];
    }
    ~Stack() { delete []s; }
    void push(T v);
    T pop();
    bool isEmpty() const { return top == -1;}
    bool isFull() const { return top == size - 1;}
};
```

스택의 구현



```
template< typename T >
void Stack< T >::push( T v )
{
    if ( isFull() )
        throw FullStack();
    s[ ++top ] = v;
}

template< typename T >
T Stack< T >::pop()
{
    if ( isEmpty() )
        throw EmptyStack();
    return s[ top-- ];
}
```



```
int main()
{
    Stack<int> s; // 크기가 100인 정수형 스택
    s.push(100);
    s.push(200);
    s.push(300);
    s.push(400);
    cout << s.pop() << endl;
    return 0;
}
```



```
400
300
200
100
```

계속하려면 아무 키나 누르십시오 . . .

stack2.cpp

```
... // 앞의 스택 클래스 포함
int main()
{
    Stack<char> s; // 크기가 100인 문자형 스택
    string str = "madamimadam";

    for(int i=0;i<str.length(); i++)
        s.push(str[i]);

    for(int i=0;i<str.length(); i++) {
        if( s.pop() != str[i] ) {
            cout << "주어진 문자열은 회문이 아님" << endl;
            return 0;
        }
    }
    cout << "주어진 문자열은 회문임" << endl;
    return 0;
}
```

실행 결과

주어진 문자열은 회문임
계속하려면 아무 키나 누르십시오 . . .

참고문헌

- 뇌를 자극하는 C++ 프로그래밍, 이현창, 한빛미디어, 2011
- 열혈 C++ 프로그래밍(개정판), 윤성우, 오렌지미디어, 2012
- 객체지향 원리로 이해하는 ABSOLUTE C++ , 최영근 외 4명 , 교보문고, 2013
- C++ ESPRESSO, 천인국, 인피니티북스, 2011
- 명품 C++ Programming, 황기태 , 생능출판사, 2018
- 어서와 C++는 처음이지, 천인국, 인피니티북스, 2018



Q&A