템플릿과
STL(Standard Template Library)

템플릿과 STL

- 이번 강의에서는 템플릿과 STL에 대하여 학습합니다.

- 템플릿은 함수나 클래스 코드를 찍어내듯이 생산할 수 있도록 일반화(generic)시키는 도구입니다.
  - 코드는 같지만 자료형이 다른 함수를 자동으로 생성해주는 함수 템플릿
  - 데이터 멤버의 자료형만 다른 클래스를 생성하는 클래스 템플릿

- STL(Standard Template Library)은 템플릿으로 작성된 템플릿 클래스와 함수 라이브러리 입니다

학습 목차

- 일반화와 템플릿
- 템플릿 함수 만들기
- 템플릿 클래스 만들기
- STL 활용
- 람다식

학습 목표

- 템플릿 문법을 이해한다.
- 함수 템플릿과 클래스 템플릿을 이해하고 구현할 수 있다.
- 템플릿 구체화 과정을 이해한다.
- 템플릿을 활용한 응용 프로그램을 구현할 수 있다.
- STL 컨테이너를 이해하고 활용할 수 있다.

일반화와 템플릿

- 함수 중복의 약점 – 코드 중복

```
//myswap()는 매개변수만 다르고 나머지 코드는 동일, 동일한 코드 중복
void myswap(int& a, int& b) {
    int tmp;
    tmp = a;  a = b;   b = tmp;
}
void myswap(double & a, double & b) {
  double tmp;
   tmp = a;   a = b;   b = tmp;
}
int main() {
  int a=4, b=5;
  myswap(a, b); // myswap(int& a, int& b)  호출
  cout << a << '₩t' << b << endl;

  double c=0.3, d=12.5;
  myswap(c, d); // myswap(double& a, double& b) 호출
  cout << c << '₩t' << d << endl;
}
```

일반화와 템플릿

- 제네릭(generic) 또는 일반화
  - 함수나 클래스를 일반화시키고, 매개 변수 타입을 지정하여 틀에서 찍어 내듯이 함수나 클래스 코드를 생산하는 기법

- 템플릿
  - 함수나 클래스를 일반화하는 C++ 도구
  - template 키워드로 함수나 클래스 선언
    - 변수나 매개 변수의 타입만 다르고, 코드 부분이 동일한 함수를 일반화시킴
  - 제네릭 타입 : 일반화를 위한 데이터 타입

일반화와 템플릿

- 템플릿 선언

```
template <class T> 또는
template <typename T>  //표준 C++ 라이브러리들은 내부적으로 typename 사용

3 개의 제네릭 타입을 가진 템플릿 선언
template <typename T1, typename T2, typename T3>
```

템플릿을 선언하는 키워드

제네릭 타입을 선언하는 키워드

제네릭 타입 T 선언

```
template < typename T>
void myswap (T & a, T & b) {
  T tmp;
  tmp = a;
  a = b;
  b = tmp;
}
```

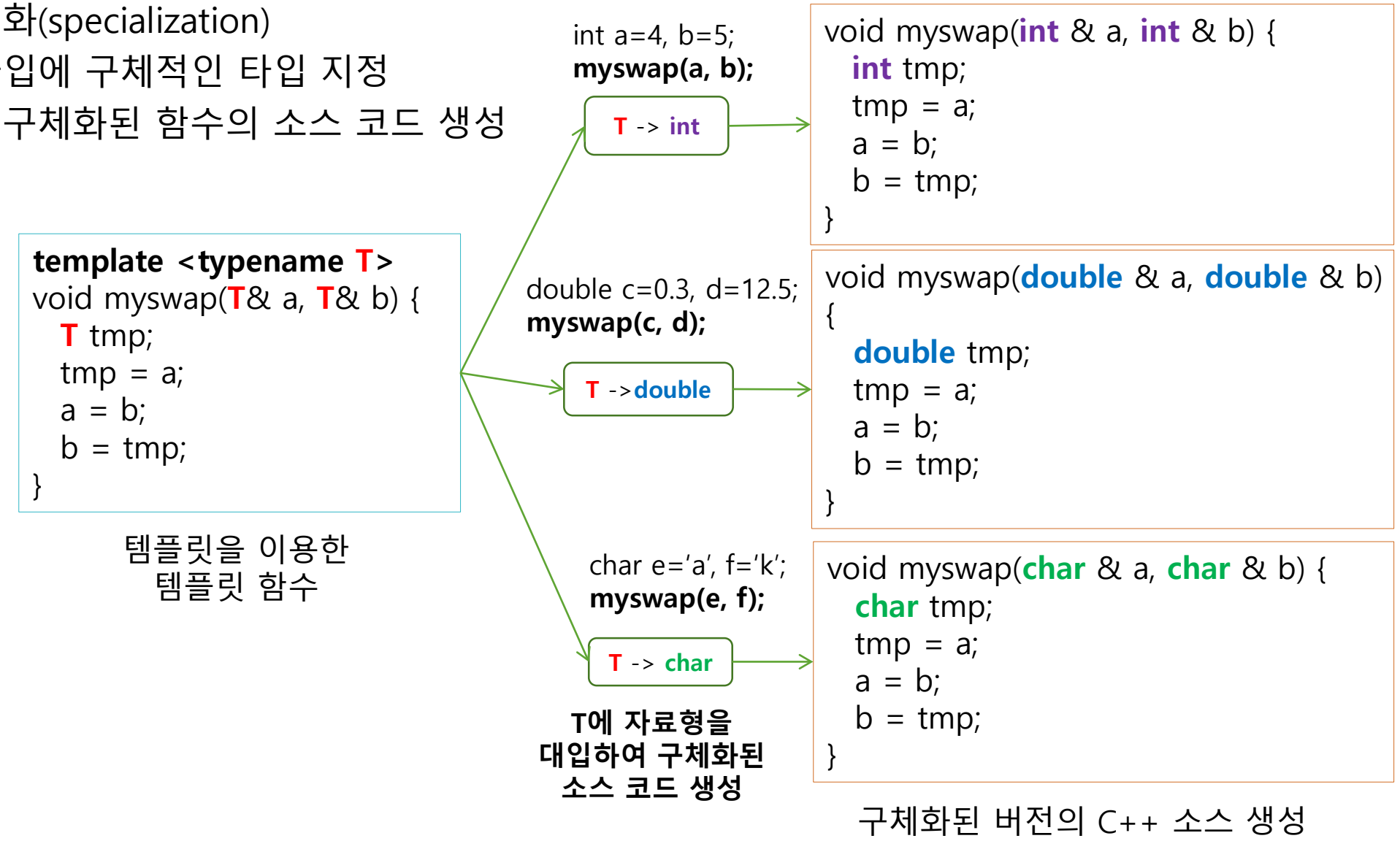
템플릿을 이용한 함수 myswap

```
template <class T> void myswap (T & a, T & b){
```

```
template <typename T> void myswap (T & a, T & b){
```

일반화와 템플릿

- 템플릿으로 부터의 구체화(specialization)
  - 템플릿의 제네릭 타입에 구체적인 타입 지정
  - 템플릿 함수로부터 구체화된 함수의 소스 코드 생성

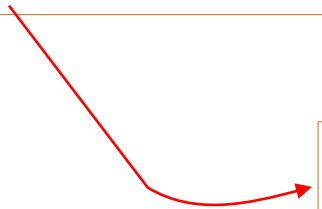


일반화와 템플릿

- 구체화 오류
  - 제네릭 타입에 구체적인 타입 지정 시 주의

```
//두 매개변수 a, b의 제네릭 타입 동일
template <typename T>
void myswap(T & a, T & b)
```

```
int s=4;
double t=5;
myswap( s, t );  //두 개의 타입이 서로 다름
```



컴파일 오류. 템플릿으로부터
myswap(int &, double &) 함수를 구체화할 수 없다.

일반화와 템플릿

- 템플릿 장점
  - 함수 코드의 재사용
    - 높은 소프트웨어의 생산성과 유용성

- 템플릿 단점
  - 포팅에 취약 : 컴파일러에 따라 지원하지 않을 수 있음
  - 컴파일 오류 메시지 빈약, 디버깅에 많은 어려움

- 제네릭 프로그래밍
  - generic programming
    - 일반화 프로그래밍이라고도 부름
    - 제네릭 함수나 제네릭 클래스를 활용하는 프로그래밍 기법
    - C++에서 STL(Standard Template Library) 제공
  - 보편화 추세
    - Java, C# 등 많은 언어에서 활용

템플릿 함수

- 데이터를 교환하는 함수 템플릿 myswap()

```
class Circle {
   int radius;
public:
   Circle(int radius=1) { this->radius = radius; }
   int getRadius() { return radius; }
};

template <typename T>
void myswap(T & a, T & b) {
     T tmp;
     tmp = a;
     a = b;
     b = tmp;
}
```

```
int main() {
   int a=4, b=5;
   myswap(a, b);
   cout << "a=" << a << ", " << "b=" << b << endl;

   double c=0.3, d=12.5;
   myswap(c, d);
   cout << "c=" << c << ", " << "d=" << d << endl;

   Circle donut(5), pizza(20);
   myswap(donut, pizza);
   cout << "donut반지름=" << donut.getRadius() << ", ";
   cout << "pizza반지름=" << pizza.getRadius()<< endl;
}
```

```
a=5, b=4
c=12.5, d=0.3
donut반지름=20, pizza반지름=5
```

템플릿 함수

- 명시적 자료형 결정

```
template <typename T>
T smaller (T first, T second) {
        if (first < second) {
                return first;
        }
        return second;
}
```

```
cout<<smaller(23, 67.2); //error, 인수는 동일한 자료형이어야 함

//명시적으로 자료형을 지정하여 해결
cout << smaller<double>(23, 67.2);  // 23이 double형으로 변환
```

- 특수화(Specialization)
  - c string에는 < 연산자 적용 불가.
    - smaller 템플릿 함수 사용할 수 없음
  - 템플릿 특수화를 사용하여 해결.
    - 특정 자료형으로 함수를 정의하여 활용.
    - 함수 앞에 template<> 사용.
    - 원본 템플릿 함수를 참조할 수 있어야 함.

템플릿 함수

- 특수화

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

template <typename T>
T smaller(const T &first, const T &second){
  if (first < second){
    return first;
  }
  return second;
}
//원본 템플릿을 반드시 참조할 수 있어야 한다 - 함수 템플릿 특수화
template <>
const char *smaller<const char *>(const char * const &first, const char *const &second){
  if (strcmp(first, second) < 0) {
    return first;
  }
  return second;
}
```

```
int main(){
  const char *s1 = "Hallym";
  const char *s2 = "Software";
  string str1 = "Hello";
  string str2 = "Hi";

  cout << "Smaller (Hello , Hi): " << smaller (str1, str2) << endl;
  cout << "Smaller (Hallym, Software)" << smaller(s1, s2) << endl;
  // 또는 smaller<const char *>(s1, s2)
  return 0;
}
```

템플릿 함수

- 함수 템플릿 변형
  - 자료형이 아닌 템플릿 매개변수
    - 함수 템플릿으로 자료형이 아닌 값을 정의할 수도 있음
    - 이렇게 값으로 정의해서 사용할 경우, 매개변수를 전달하는 것과 비슷한 역할
    - 자료형이 아니라 값을 정의하는 것이므로 자료형은 고정

```
#include <iostream>
using namespace std;
//함수 템플릿 변형 - 템플릿 매개변수
template <typename T, int size>
decltype(auto) add(T const(&data)[size]) {  //&data : T 타입의 배열에 대한 참조, T 타입의 원소 size개를 갖는다
    T sum = 0;
    for (int i = 0; i < size; i++) {
        sum += data[i];
    }
    return sum; //컴파일러가 함수의 리턴 타입을 자동으로 추론
}

int main() {
    int x[5] = { 1,2,3,4,5 };
    double d[6] = { 1.2, 2.3, 3.4, 4.5, 5.6, 6.7 };

    // 함수 템플릿을 호출할 때 컴파일러는 T의 구체적인 값 뿐만 아니라 size 값 추론
    cout << "sum of x[] = " << add(x) << endl;  //또는 add<int>(x);
    cout << "sum of d[] = " << add(d) << endl;
}
```

- **템플릿 함수 반환 타입**
  - **다음과 같이 반환 타입을 auto로 할 수 있음**
    auto add(T const(&data)[size])
  - **auto로 하면 레퍼런스와 const가 사라져 복사 연산 수행**
  - **decltype(auto)으로 하면 const와 레퍼런스 지시자 그대로 존재**

템플릿 함수 오버로딩

- 이름이 같지만 시그니처가 다른 여러 개의 함수
- 일반적으로 템플릿 자료형은 같지만 매개변수의 수가 다른 함수를 만들어낼 때 활용

```
template <typename T>
T smallest(const T& first, const T& second){
     if (first < second) {  return first; }
       return second;
}

template <typename T>
T smallest(const T& first, const T& second, const T& third){
    return smallest(smallest(first, second), third);
}

int main(){
   cout << "17, 12 에서 작은값 : ";       cout << smallest(17, 12) << endl;
   cout << "8.5, 4.1, 19.75 에서 작은값 : "; cout << smallest(8.5, 4.1, 19.75) << endl;
   return 0;
}
```

템플릿 함수 보다 중복 함수 우선

```
1    2    3    4    5
1.1  2.2  3.3  4.4  5.5  6.6
1    2    3    4    5
```

템플릿 함수와
중복된 print() 함수

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

template <typename T>
void print(T array [], int n=5) {
   for(int i=0; i<n; i++)
      cout << array[i] << '₩t';
   cout << endl;
}

void print(char array [], int n) { // char 배열을 출력하기 위한 함수 중복
   for(int i=0; i<n; i++)
      cout << (int)array[i] << '₩t'; // array[i]를 int 타입으로 변환하여 정수 출력
   cout << endl;
}

int main() {
   int x[] = {1,2,3,4,5};
   double d[] = { 1.1, 2.2, 3.3, 4.4, 5.5, 6.6 };
   print(x);
   print(d, 6);

   char c[5] = {1,2,3,4,5};
   print(c, 5); //print<char>(c, 5); 단, 제네릭 타입을 명시하면 템플릿 함수가 먼저 실행
}
```

중복된 print() 함수가
우선 바인딩

템플릿 print()
함수로부터 구체화

템플릿 클래스

- 멤버 변수 타입, 멤버 함수의 매개변수 또는 리턴 타입을 템플릿 매개변수로 받음
- 클래스 템플릿 선언과 구현 모두 템플릿 매개변수가 있어야 함
- 템플릿 클래스 사용 시 제네릭 타입에 적용할 구체적인 타입 지정 해야 함

```
template <typename T> //템플릿 클래스 선언
class Stack{
private:
    T* ptr;
    int capacity;
    int size;
public:
    Stack(int capacity);
    ~Stack();
    void push(const T& element);
    T pop();
};
```

```
template <typename T> //템플릿 클래스 구현
void Stack<T>::push(const T& element){
    if (size < capacity){
        ptr[size] = element;
        size++;
    }
    else{
        cout << "stack is full." << endl;
        return;
    }
}
```

```
//템플릿 클래스 구체화 & 활용
Stack<int> stack(10);  //구체적인 타입 지정
stack.push(5);
Stack<char> cstack(20);
cstack.push('a');
```

템플릿 클래스

```
//stack 템플릿 클래스 선언과 구현
template <typename T> //템플릿 클래스 선언
class Stack{
private:
   T* ptr;
   int capacity;
   int size;
public:
   Stack(int capacity);
   ~Stack();
   void push(const T& element);
   T pop();
};

template <typename T> //제네릭 클래스 구현
Stack<T> ::Stack(int cap): capacity(cap), size(0){
    ptr = new T[capacity];
}

template <typename T>
Stack <T> :: ~Stack() { delete[] ptr; }
```

```
template <typename T>
T Stack <T> ::pop(){
    if (size > 0){
        T temp = ptr[size - 1];
        size--;
        return temp;
    }
    else{
        cout << "stack is empty." << endl;
        return 0;
    }
}
```

```
int main(){
    Stack<int> stack(10);
    stack.push(5);
    stack.push(6);
    stack.push(7);
    stack.push(3);
    cout << stack.pop() << endl;
    cout << stack.pop();
    return 0;
}
```

템플릿 클래스

두 개의 제네릭 타입을 갖는 템플릿 클래스

```
// 두 개의 제네릭 타입 선언
template <typename T1, typename T2>
class GClass {
   T1 data1;
   T2 data2;
public:
    GClass(T1 a, T2 b);
     void set(T1 a, T2 b);
     void get(T1 &a, T2 &b);
};

template <typename T1, typename T2>
GClass<T1, T2>::GClass(T1 a, T2 b) : data1(a), data2(b) {}

template <typename T1, typename T2>
void GClass<T1, T2>::set(T1 a, T2 b) {  data1 = a; data2 = b; }

template <typename T1, typename T2>
void GClass<T1, T2>::get(T1 & a, T2 & b) {   a = data1; b = data2; }
```

```
int main() {
        int a;  double b;
        GClass<int, double> x(30, 3.5);
        x.get(a, b);
        cout << "a=" << a << '₩t' << "b=" << b << endl;
        x.set(2, 0.5);


        char c; float d;
        GClass<char, float> y('c', 3.4);
        y.get(c, d);
        cout << "c=" << c << '₩t' << "d=" << d << endl;

        y.set('m', 12.5);
        y.get(c, d);
        cout << "c=" << c << '₩t' << "d=" << d << endl;
}
```

템플릿 클래스

- 비 타입 매개변수 - 템플릿 매개변수에 변수 선언

```
template <typename T, int capacity=10> //템플릿 매개변수에 int 선언, default값도 가능
class Stack{
private:
  T *ptr;
  int size;
public:
   ..........
};

template <typename T, int capacity>
Stack<T, capacity>::Stack() {
   size=0;
   ptr = new T[capacity];
}

template <typename T, int capacity>
void Stack<T, capacity>::push(const T &element){ ..... }

template <typename T, int capacity>
T Stack<T, capacity>::pop() {  }
```

```
int main()
{
  Stack<int, 15> istack;
  Stack<double, 20> dstack;
  Stack<char> cstack;

  istack.push(5);
  istack.push(6);
  dstack.push(7.5);
  dstack.push(3.2);
  istack = dstack; //error, 동일한타입이 아님
  cout << istack.pop() << endl;
  cout << dstack.pop();
  return 0;
}
```

템플릿 클래스

- 템플릿 클래스와 static 멤버 변수

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

template<typename T>
class SimpleStatic{
  public:
  inline static T mem=0;
  static void AddMem(T num){
    mem += num;
  }
  static void ShowMem(){
    cout<<mem<<endl;
  }
};
//inline을 사용하지 않을 경우
//template<typename T>
//T SimpleStatic<T>::mem=0;

int main(){
  SimpleStatic<int>::AddMem(50);
  SimpleStatic<int>::AddMem(50);
  SimpleStatic<int>::ShowMem();
}
```

템플릿 클래스

- 클래스 템플릿 특수화
  - 특정한 타입에 대하여 템플릿을 다르게 구현할 수 있다

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

template<typename T> //원본 템플릿
class Simple{
  T mem;
  public:
   Simple(T value):mem(value){ }
   T getMem(){
    return mem;
  }
};
```

```
template<> //템플릿 특수화
class Simple<int>{
  int mem;
  public:
   Simple(int value):mem(value){ }
   int getMem(){
    return mem+mem;
  }
};

int main(){
  Simple<double> s1(45.3);   //원본 템플릿 사용
  Simple<int> s2(50);  //템플릿 특수화 사용
  cout<<"s1 : "<<s1.getMem()<<endl;
  cout<<"s2 : "<<s2.getMem()<<endl;
}
```

헤더파일과 소스파일의 구분


```
#ifndef _ _POINT_TEMPLATE_H_
#define _ _POINT_TEMPLATE_H_

template <typename T>
class Point
{
private:
    T xpos, ypos;
public:
    Point(T x=0, T y=0);
    void ShowPosition() const;
 };
#endif
```

헤더파일

```
#include <iostream>
#include "PointTemplate.h"
using namespace std;
int main(void)
{
    Point<int> pos1(3, 4);
    pos1.ShowPosition();
    Point<double> pos2(2.4, 3.6);
    pos2.ShowPosition();
    Point<char> pos3('P', 'F');
    pos3.ShowPosition();
    return 0;
}
```

소스파일 1

```
#include <iostream>
#include "PointTemplate.h"
using namespace std;

template <typename T>
Point<T>::Point(T x, T y) : xpos(x), ypos(y) {   }

template <typename T>
void Point<T>::ShowPosition() const
{
    cout<<'['<<xpos<<", "<<ypos<<']'<<endl;
}
```

소스파일 2

기준에 의해서 헤더파일과 소스파일을 잘 구분하였다.

그러나 컴파일 오류가 발생한다! 이유는?

헤더파일과 소스파일의 구분


```
#ifndef _ _POINT_TEMPLATE_H_
#define _ _POINT_TEMPLATE_H_

template <typename T>
class Point
{
private:
    T xpos, ypos;
public:
    Point(T x=0, T y=0);
    void ShowPosition() const;
 };
#endif
```

헤더파일

```
#include <iostream>
#include "PointTemplate.h"
using namespace std;
int main(void)
{
      Point<int> pos1(3, 4);
      pos1.ShowPosition();
      Point<double> pos2(2.4, 3.6);
      pos2.ShowPosition();
      Point<char> pos3('P', 'F');
      pos3.ShowPosition();
      return 0;
}
```

소스파일 1

위의 소스파일을 컴파일 할 때 Point<int>, Point<double>, Point<char> 템플릿 클래스가 만들어져야 한다. 따라서 Point 클래스 템플릿의 정의 부분에 대한 정보도 필요로 한다.

```
#include <iostream>
#include "PointTemplate.h"
#include "PointTemplate.cpp"
using namespace std;
int main(void)
{
     . . . .
     return 0;
}
```

해결책 1. 클래스 템플릿의 구현 부를 담고 있는 소스파일을 포함시킨다.

해결책 2. 헤더파일에 클래스 템플릿의 구현 부를 포함시킨다.

C++ 표준 템플릿 라이브러리, STL

- STL(Standard Template Library)
  - 표준 템플릿 라이브러리
    - C++ 표준 라이브러리 중 하나
  - 제네릭 클래스와 제네릭 함수 포함
- STL의 구성
  - 컨테이너 – 템플릿 클래스
    - 데이터를 담아두는 자료 구조를 표현한 클래스
    - 리스트, 큐, 스택, 맵, 셋, 벡터
  - iterator – 컨테이너 원소에 대한 포인터
    - 컨테이너의 원소들을 순회하면서 접근하기 위해 만들어진 컨테이너 원소에 대한 포인터
  - 알고리즘 – 템플릿 함수
    - 컨테이너 원소에 대한 복사, 검색, 삭제, 정렬 등의 기능을 구현한 템플릿 함수 - 컨테이너의 멤버 함수 아님

〈표 10-1〉 STL 컨테이너의 종류

컨테이너 클래스	설명	헤더 파일
vector	가변 크기의 배열을 일반화한 클래스	<vector>
deque	앞뒤 모두 입력 가능한 큐 클래스	<deque>
list	빠른 삽입/삭제 가능한 리스트 클래스	<list>
set	정렬된 순서로 값을 저장하는 집합 클래스. 값은 유일	<set>
map	(key, value) 쌍을 저장하는 맵 클래스	<map>
stack	스택을 일반화한 클래스	<stack>
queue	큐를 일반화한 클래스	<queue>

〈표 10-2〉 STL iterator의 종류

iterator의 종류	iterator에 ++ 연산 후 방향	read/write
iterator	다음 원소로 전진	read/write
const_iterator	다음 원소로 전진	read
reverse_iterator	지난 원소로 후진	read/write
const_reverse_iterator	지난 원소로 후진	read

〈표 10-3〉 STL 알고리즘 함수들

copy	merge	random	rotate
equal	min	remove	search
find	move	replace	sort
max	partition	reverse	swap

STL과 관련된 헤더 파일과 이름 공간

- 헤더파일
  - 컨테이너 클래스를 사용하기 위한 헤더 파일
    - 해당 클래스가 선언된 헤더 파일 include

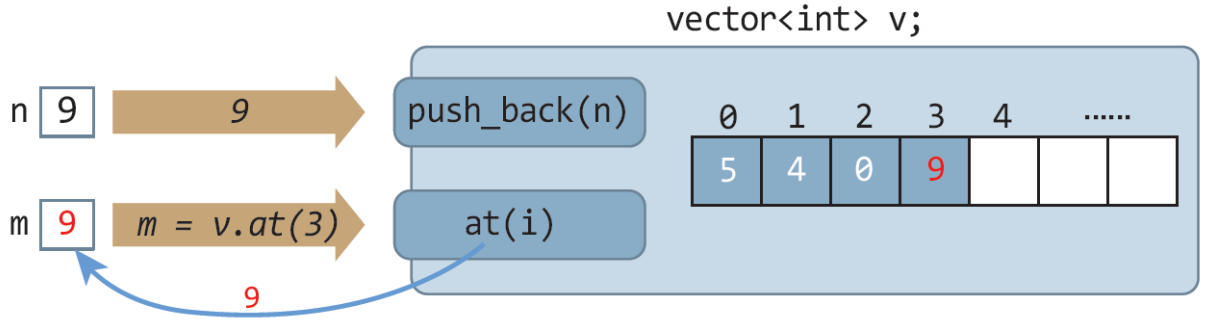
    예) vector 클래스를 사용하려면 #include <vector>

    list 클래스를 사용하려면 #include <list>
  - 알고리즘 함수를 사용하기 위한 헤더 파일
    - 알고리즘 함수에 상관 없이 #include <algorithm>

- 이름 공간
  - STL이 선언된 이름 공간은 std

vector 컨테이너

- 특징
  - 가변 길이 배열을 구현한 템플릿 클래스 – 내부 크기 조절
  - 연속된 메모리 공간에 원소 저장 – 순차 컨테이너
  - 원소의 저장, 삭제, 검색 등 다양한 멤버 함수 지원
  - 벡터에 저장된 원소는 인덱스로 접근 가능
    - 인덱스는 0부터 시작



vector 클래스의 주요 멤버와 연산자

멤버와 연산자 함수	설명
push_back(element)	벡터의 마지막에 element 추가
at(int index)	index 위치의 원소에 대한 참조 리턴
begin()	벡터의 첫 번째 원소에 대한 참조 리턴
end()	벡터의 끝(마지막 원소 다음)을 가리키는 참조 리턴
empty()	벡터가 비어 있으면 true 리턴
erase(iterator it)	벡터에서 it가 가리키는 원소 삭제. 삭제 후 자동으로 벡터 조절
insert(iterator it, element)	벡터 내 it 위치에 element 삽입
size()	벡터에 들어 있는 원소의 개수 리턴
operator[]()	지정된 원소에 대한 참조 리턴
operator=()	이 벡터를 다른 벡터에 치환(복사)

emplace_back()
복사나 이동 작업을 수행하지 않고
벡터의 마지막에 element 추가

vector 컨테이너 활용

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

int main(){
  //1) 벡터 생성
  vector<int> v;           // 정수만 저장하는 빈 벡터 생성
  vector<double> vd(10);   //실수를 10개 저장할 수 있는 빈 벡터 생성
  vector<char> vc(5, 'a'); //'a'로 초기화 되는 크기 5인 벡터 생성
  vector<int> intVector({1,2,3,4,5,7});  //initializer-list로 초기원소 지정
  vector<double> doubleVector = {2.3, 4.5, 6.5, 7.6, 8.7, 8.9}; //유니폼 초기화 사용

  //2) 벡터 원소 저장, emplace_back() 메소드는 복사나 이동 작업을 수행하지 않음
  v.emplace_back(10);  //v.push_back(10);  벡터에 정수 10 삽입
  v.emplace_back(20);  //v.push_back(20), 벡터에 정수 20 삽입
  v.emplace_back(30);  // v.push_back(30), 벡터에 정수 30 삽입

  //3) 벡터 원소 값 접근, at() 또는 []
  v[0] = 1;    // 벡터의 첫 번째 원소를 1로 변경
  v.at(2) = 5;  // 벡터의 3 번째 원소를 5로 변경
  int n = v[2]; //또는 n=v.at(2), 벡터 3번째 원소를 n에 저장

  cout << "벡터 용량 : " << v.capacity() << endl;
  cout << "벡터 원소 개수 : " << v.size() << endl;
```

```
  //4) 벡터에 저장 된 원소 출력
  for (auto i = 0; i < v.size(); i++)
    cout << v[i] << " ";
  cout << endl;

  //5) 벡터에 저장 된 원소 출력 – 범위기반 for
  for (auto &i : vc)
    cout << i << "  ";
  cout << endl;
}
```

vector 컨테이너 활용

```
class Person{
   char *name;
   int id;
   public:
   Person(int id, const char *name);
   Person(Person &&p) noexcept;
   ~Person();
};
int main(){
    vector<Person> vp;
    //push_back() & emplace_back() 비교
    cout << "=1==========" << endl;
    vp.push_back(Person(1, "hallym"));  //이동 생성자 호출
    cout << "=2==========" << endl;
    vp.emplace_back(2, "software");    //이동 생성자 호출 없음, 권장
}
```

vector 컨테이너 활용

```
#include <iostream>
#include <initializer_list>
#include <vector>
using namespace std;
class InitCon {
private:
    vector<double> dv;

public:
    //initializer_list 생성자 :
     InitCon(initializer_list<double> value) {
        for (auto data : value)
            dv.emplace_back(data);
    }

    void show() const{
        for (auto &data : dv)
            cout << data << "  ";
        cout << endl;
    }
};

int main() {
    InitCon ic = { 2.3, 4.5, 7.8, 11.2, 56.3, 6.7 }; //객체 생성
    ic.show();
}
```

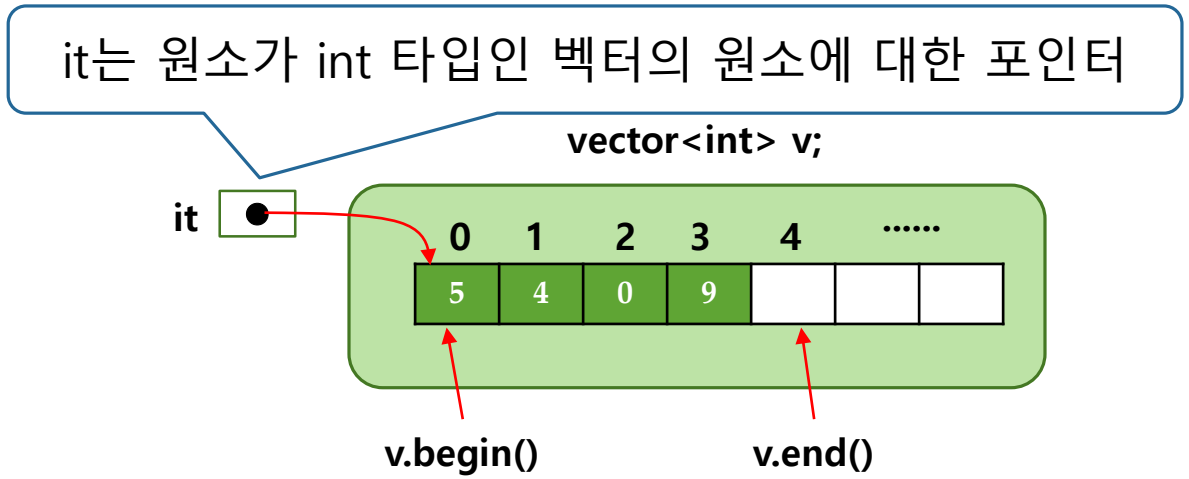
- initializer-list 생성자
  - initializer_list<T> 타입을 첫번째로 받고 다른 파라미터가 없거나
  - 디폴트 값을 가진 매개변수를 추가로 받는 생성자

iterator 사용

- iterator란?
  - 반복자라고도 부름
  - 컨테이너의 원소를 가리키는 포인터

- iterator 변수 선언
  - 구체적인 컨테이너를 지정하여 반복자 변수 생성

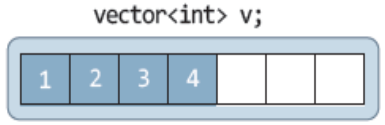
```
vector<int>::iterator it;
it = v.begin();
```



iterator 사용

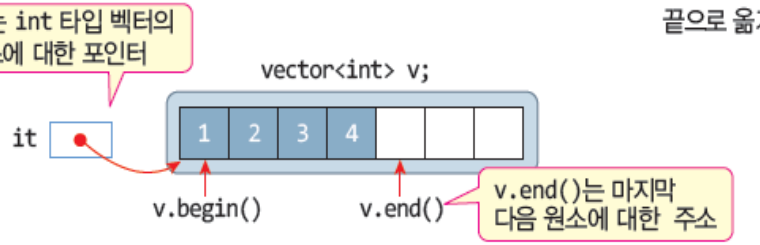
벡터 생성

```
vector<int> v;
for(int i=1; i<=4; i++)
    v.push_back(i);
```



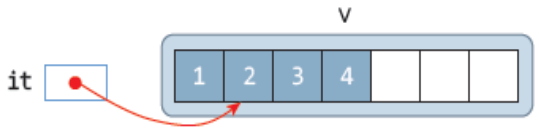
iterator 변수 선언 및 초기화

```
vector<int>::iterator it;
it = v.begin();
```



iterator 증가

```
it++;
```



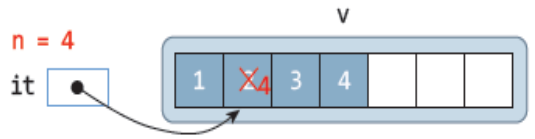
원소 읽기

```
int n = *it;
```

n = 2

원소 쓰기

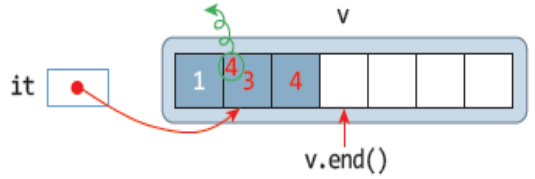
```
n = n*2;
*it = n;
```



원소 삭제

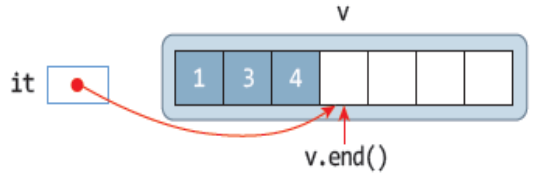
```
it = v.erase(it);
```

v.erase(it)는 it가 가리키는 원소를 삭제한 후 다음 원소에 대한 포인터 리턴



끝으로 옮기기

```
it = v.end();
```



iterator를 사용하여 vector 원소 접근 & 삭제

```
#include <vector>
int main() {
    vector<string> vs={"java", "c++", "software", "script"}; //문자열 벡터 생성
    vector<string>::iterator it;    //문자열 벡터 원소에 대한 포인터 it 선언

    //1) iterator를 사용하여 모든 원소 탐색
    cout << "--- 문자열 벡터 원소 출력 ---" << endl;
    for (it = vs.begin(); it != vs.end(); it++)
        cout << *it << endl;

    string str;
    cout << "--- 문자열 벡터 원소 제거 ---" << endl;
    cout << "제거할 문자열 >> ";
    getline(cin, str);
    for (it = vs.begin(); it != vs.end(); it++) {
        if (*it == str) {
            vs.erase(it); //2) 원소 제거
            break;
        }
    }
}
```

```
    cout << "--- 문자열 벡터 원소 삽입 ---" << endl;
    cout << "삽입 위치를 찾기 위한 문자열 >> ";
    getline(cin, str);
    for (it = vs.begin(); it != vs.end(); it++){
      if (*it == str){
        cout << "삽입 할 문자열 >> ";
        getline(cin, str);
        vs.insert(it, str);  //3) 벡터 내 it 앞에 원소 삽입
        break;
      }
    }
```

pair & tuple 템플릿 클래스

- pair 템플릿 클래스
  - <utility> 헤더 파일에 정의
  - 두 값을 그룹으로 묶는 클래스
  - pair에 담긴 값은 first, second public 데이터 멤버로 접근

- tuple 템플릿 클래스
  - 여러 개를 하나로 묶어서 저장
  - 각각의 타입도 따로 지정
  - <tuple>헤더 파일에 정의

pair & tuple 클래스 활용

```
#include <iostream>
#include <utility>
#include <map>
#include <string>

using namespace std;

int main(){
  //1) pair 활용
  pair<string, int> mypair1("hello",5);
  pair<string, int> mypair2;
  mypair2.first ="hello";  //멤버 변수를 사용하여 직접 값을 대입
  mypair2.second = 6;

  pair<string, int> mypair3=make_pair("hello", 7);
  auto mypair4 = pair("hello", 8);  //c++17, 템플릿 매개변수 추론

  if(mypair2 == mypair3){
    cout<<"true"<<endl;
  }
  else{
    cout<<"false"<<endl;
  }

  //2) tuple 활용
  tuple t1(16, "test", true);   //c++17, 템플릿 매개변수 추론

  auto [i, str, b]=t1;          //c++17 구조적 바인딩, tuple분리
  cout<<i<<"  "<<str<<"  "<<b<<endl;

  //get<> : tuple 원소 접근
  cout<<get<0>(t1)<<"   "<<get<1>(t1)<<"   "<<get<2>(t1)<<endl;

 //멤버 변수 value : tuple 원소 개수
  cout<<"Tuple size = "<<tuple_size<decltype(t1)>::value <<endl;
}
```

map 컨테이너

- ('키', '값')의 쌍을 원소로 저장하는 제네릭 컨테이너
  - 동일한 '키'를 가진 원소가 중복 저장되면 오류 발생
  - 요소들은 기본적으로 키를 기반으로 오름차순 정렬 – 정렬 연관 컨테이너
- '키'로 '값' 검색
- Map 클래스 주요 멤버

멤버와 연산자 함수	설명
insert(pair<> &element)	맵에 '키'와 '값'으로 구성된 pair 객체 element 삽입
at(key_type& key)	맵에서 '키' 값에 해당하는 '값' 리턴
begin()	맵의 첫 번째 원소에 대한 참조 리턴
end()	맵의 끝(마지막 원소 다음)을 가리키는 참조 리턴
empty()	맵이 비어 있으면 true 리턴
find(key_type& key)	맵에서 '키' 값에 해당하는 원소를 가리키는 iterator 리턴
erase(iterator it)	맵에서 it가 가리키는 원소 삭제
size()	맵에 들어 있는 원소의 개수 리턴
operator[key_type& key]()	맵에서 '키' 값에 해당하는 원소를 찾아 '값' 리턴
operator=()	맵 치환(복사)

map 컨테이너 활용(1/2)

```
#include <map>
int main(){
  //1) map 객체 생성
  map<string, int> std;                                          //비어 있는 map 객체 생성
  map<string, int> scores = {{"Mary", 88}, {"Lucie", 98}};  //유니폼 초기화 사용
  map<string, int>::iterator iter;                               //반복자 생성

  //2) map 원소 추가 하기
  scores.insert({"Mary", 88});        //initializer-list 사용
  scores["Robert"] = 77;              //[]연산자 : 지정한 키가 존재하면 기존 값을 새로운 값으로 대체, 없으면 추가
  scores.try_emplace("Dog", 90); //c++ 17 추가, 지정한 키가 존재하면 아무 동작도 하지 않음
  scores.emplace("Bird", 99);       //복사나 이동 작업을 수행하지 않음
  scores.insert(make_pair("John", 52)); //insert() 메소드 사용 시 키가 이미 존재하는지 검사할 수 있음

  //3) map 원소 추가 결과 확인
  if (auto result = scores.insert({"Cat", 89}); result.second){  //c++17 if문 이니셜라이저
  //if(auto [iter, success] = scores.insert({"Cat", 89}); success) -> c++17 구조적 바인딩 적용
    cout << "Insert succeeded!!!" << endl;
  }
  else{
    cout << "Insert failed!!" << endl;
  }
```

map 컨테이너 활용(2/2)

```
//4) map 원소 접근
 cout << "학생 이름과 성적" << endl;
 for (iter = scores.begin(); iter != scores.end(); iter++){
   cout << setw(10) << left << iter->first << " ";
   cout << setw(4) << iter->second << endl;
 }

for (const auto &[key, value] : scores){ //C++ 17 구조적 바인딩 & 범위 기반 for 사용
   cout << setw(10) << key << " " << setw(4) << value << endl;
}
for (const auto &value : scores){ //범위 기반 for
   cout << setw(10) << value.first << " "<< setw(4) << value.second << endl;
 }

//5) 특정 원소 검색
 auto it= scores.find("Dog");  //키 값에 해당하는 원소를 가리키는 itreator 리턴
 if(it != end(scores)){
  cout<<"Dog = " <<it->second<<endl;
 }
 else{
   cout<<"error"<<endl;
 }
}
```

알고리즘

- 반복자를 사용하여 연산을 처리
- 모든 컨테이너에 적용할 수 있는 전역 함수

```
#include <iostream>
#include <vector>
#include <algorithm> //for_each() 알고리즘 함수 사용
using namespace std;

void print(int n) {
    cout << n << " ";
}

int main() {
    vector<int> v = { 1, 2, 3, 4, 5 };

    //1) for_each() 함수는 벡터 v의 첫번째 원소부터 끝까지 검색하면서
    //각 원소에 대해 print(int n) 호출, 매개 변수 n에 각 원소 값 전달
    for_each(v.begin(), v.end(), print);

    //람다식을 사용하여 벡터의 모든 원소 출력
    for_each(v.begin(), v.end(), [](int n) { cout << n << " "; });
}
```

알고리즘 활용

```
arr = 5 7 9 11 13
원본 벡터17 10 13 10 15 11
오름차순으로 정렬된 벡터10 10 11 13 15 17
역순으로 벡터 원소 출력17 15 13 11 10 10
2 회전 후 벡터 원소 출력13 11 10 10 17 15
임의 순서로 정렬 된 벡터 원소 출력17 11 10 10 13 15
원소 값 10의 개수: 2
짝수 값을 갖는 원소 개수: 2
Found 15 in vector? true
```

```
#include <vector>
#include <algorithm>

void print(int value){ cout << value << " "; }
bool isEven(int value){ return (value % 2 == 0); }

int main(){
    vector <int> vec;
    int arr[5] = { 5, 7, 9, 11, 13 };
    vec.push_back(17);   vec.push_back(10);
    vec.push_back(13);   vec.push_back(10);
    vec.push_back(15);   vec.push_back(11);

    cout << "arr = ";
    for_each(arr, arr + 5, print);

    cout << "₩n원본 벡터" << endl;
    for_each(vec.begin(), vec.end(), print);

    cout << "₩n오름차순으로 정렬된 벡터";
    sort(vec.begin(), vec.end());
    for_each(vec.begin(), vec.end(), print);
```

알고리즘 활용

```
    cout << "₩n역순으로 벡터 원소 출력 ";
    reverse(vec.begin(), vec.end());
    for_each(vec.begin(), vec.end(), print);

    cout << "₩n2 회전 후 벡터 원소 출력 ";
    rotate(vec.begin(), vec.begin()+2, vec.end());
    for_each(vec.begin(), vec.end(), print);

    cout << "₩n임의 순서로 정렬 된 벡터 원소 출력 ";
    random_shuffle(vec.begin(), vec.end());
    for_each(vec.begin(), vec.end(), print);

    cout << "₩n원소 값 10의 개수: ";
    cout << count(vec.begin(), vec.end(), 10);

    cout << "₩n짝수 값을 갖는 원소 개수: ";
    cout << count_if(vec.begin(), vec.end(), isEven);

    cout << "₩nFound 15 in vector? " << boolalpha;
    cout << binary_search(vec.begin(), vec.end(), 15) << endl;  //이진 탐색

    return 0;
}
```

```
arr = 5 7 9 11 13
원본 벡터17 10 13 10 15 11
오름차순으로 정렬된 벡터10 10 11 13 15 17
역순으로 벡터 원소 출력17 15 13 11 10 10
2 회전 후 벡터 원소 출력13 11 10 10 17 15
임의 순서로 정렬 된 벡터 원소 출력17 11 10 10 13 15
원소 값 10의 개수: 2
짝수 값을 갖는 원소 개수: 2
Found 15 in vector? true
```

람다

- 람다 대수와 람다식
  - 람다 대수에서 람다식은 수학 함수를 단순하게 표현하는 기법

x,y를 더하는 수학 함수 f

```
f(x, y) = x + y
```

함수 f의 람다식

```
(x, y) -> x + y
```

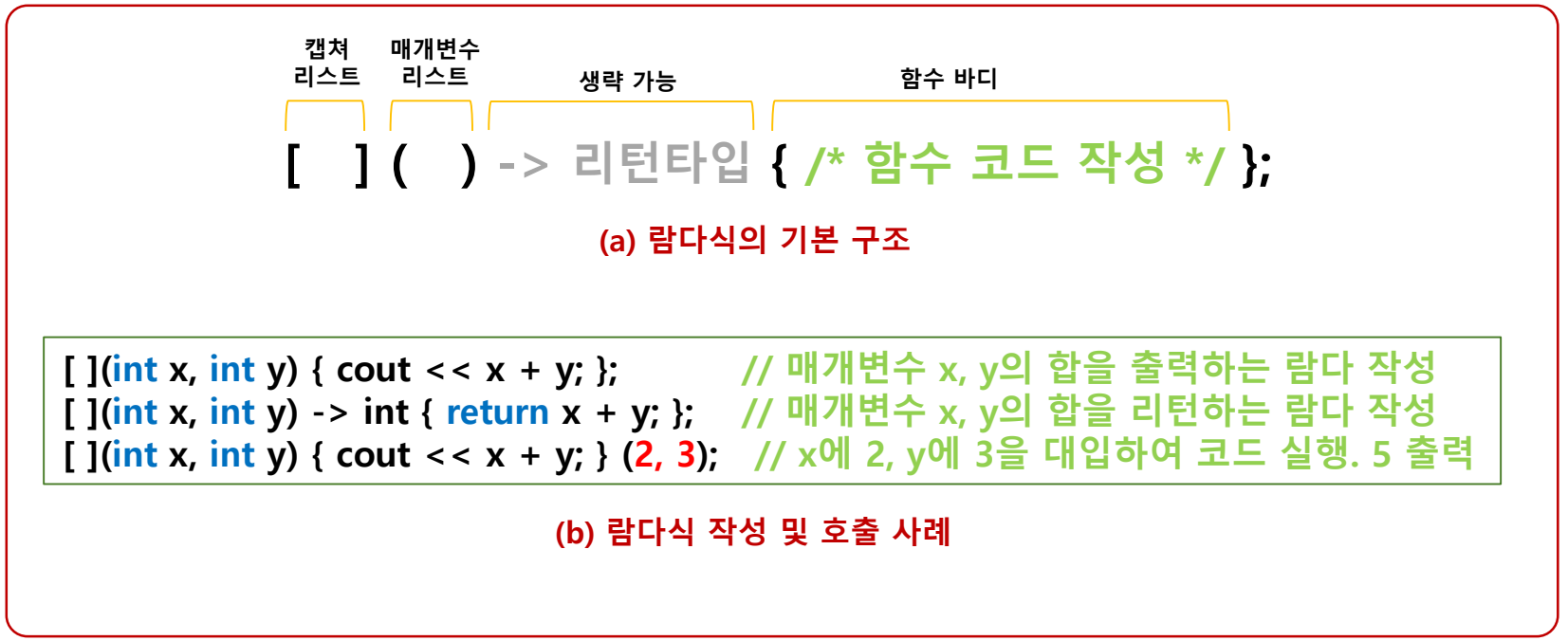
람다식 f 계산

```
((x, y) -> x + y)(2, 3)
= 2 + 3
= 5
```

- C++ 람다
  - 익명의 함수 만드는 기능으로 C++11에서 도입
    - 람다식, 람다 함수로도 불림
    - C#, Java, 파이선, 자바스크립트 등 많은 언어들이 도입하고 있음

C++에서 람다식 선언

- C++의 람다식의 구성
  - 4개의 부분으로 구성
    - 캡쳐 리스트 : 람다식에서 사용하고자 하는 함수 바깥의 변수 목록
    - 매개변수 리스트 : 보통 함수의 매개변수 리스트와 동일
    - 리턴 타입
    - 함수 바디 : 람다식의 함수 코드



간단한 람다식 만들기

예제1) 매개변수 x, y의 합을 출력하는 람다식 만들기

매개변수 x, y의 합을 출력하는 람다식

```
[](int x, int y) { cout << x + y; }; // x, y의 합을 출력하는 람다식
```

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

int main() {
  // 람다 함수 선언과 동시에 호출(x=2, y=3 전달)
  [](int x, int y) { cout << "합은 " << x + y; } (2, 3); // 5 출력
}
```

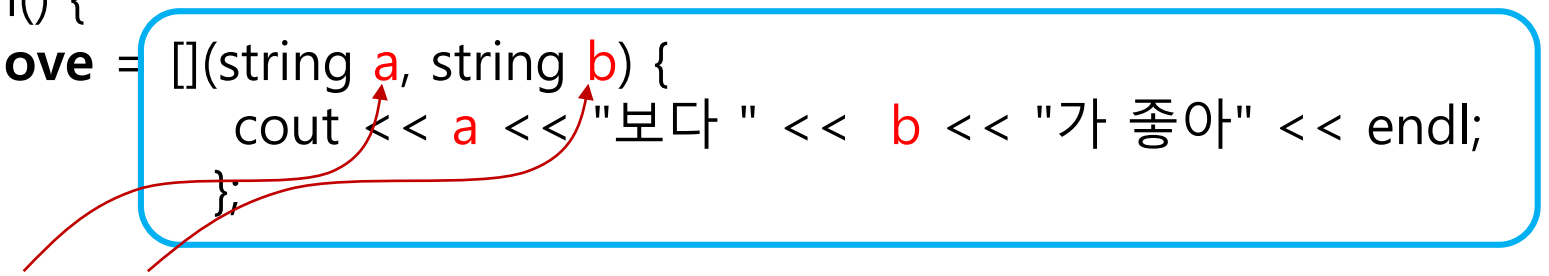
auto로 람다식 저장 및 호출

예제 2) auto로 람다식 다루기

auto를 이용하여 변수 love에 람다식을 저장하고, love를 이용하여 람다식 호출

```
int main() {
  auto love = [](string a, string b) {
        cout << a << "보다 " <<  b << "가 좋아" << endl;
      };

  love("돈", "너");       // 람다식 호출
  love("냉면", "만두"); // 람다식 호출
}
```



* auto를 이용하여 람다식을 변수에 저장하는 사례
* 람다식의 형식은 컴파일러만 알기 때문에, 개발자가 람다식을 저장하는 변수의 타입을 선언할 수 없음!

캡쳐 리스트와 리턴 타입을 가지는 람다식

예제 3) 반지름이 r인 원의 면적으로 리턴하는 람다식 만들기

지역 변수 pi의 값을 받고, 매개변수 r을 이용하여 반지름 값을 전달 받아, 원의 면적을 계산하여 리턴하는 람다식을 작성하고, 람다식을 호출하는 코드를 프로그램을 작성하라.

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

int main() {
  double pi = 3.14; // 지역 변수

  auto calc = [pi](int r) -> double { return pi*r*r; };

  cout << "면적은 " << calc(3); // 람다식 호출. 28.26출력
}
```

* 캡쳐 리스트와 리턴타입을 가지는 람다식 연습

캡쳐 리스트에 참조를 활용하는 람다식

예제 4) 캡쳐 리스트에 참조 활용. 합을 외부에 저장하는 람다식 만들기

지역 변수 sum에 대한 참조를 캡쳐 리스트를 통해 받고, 합한 결과를 지역변수 sum에 저장한다.

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

int main() {
  int sum = 0; // 지역 변수

  // 합 5를 지역변수 sum에 저장
  [&sum](int x, int y) { sum = x + y; } (2, 3);
  cout << "합은 " << sum;
}
```

지역변수sum에 대한 참조

* 캡쳐 리스트를 통해 지역 변수의 참조를 받아 지역 변수를 접근하는 연습

학습 정리 (1)

- 템플릿 함수
  - template <typename T> void func (T & a, T & b);
  - 함수 템플릿 특수화 : template <> //반드시 원본 템플릿을 참조할 수 있어야 함.
  - 템플릿 함수 오버로딩 : 이름이 같지만 시그니처가 다른 여러 개의 함수 작성 가능.
  - 템플릿 함수 보다 중복 함수 우선

- 템플릿 클래스
  - template <typename T> class Stack{ ... }
  - template <typename T1, typename T2> class Stack{ ... }
  - 클래스 템플릿 특수화 template <>class Stack <int> { ... }
  - template <typename T, int capacity=10> //템플릿 매개변수에 default값도 가능
  - 템플릿 클래스와 static 멤버 변수또는함수 : 클래스이름<자료형타입>::멤버변수또는함수호출; //SimpleStatic<int>::AddMem(50);

- STL(Standard Template Library)
  - pair, tuple, vector, map, set, stack, queue, deque
  - iterator 사용 : vector<int>::iterator it; it = v.begin(); //it과 *it

학습 정리 (2)

- algorithm
  - include <algorithm>
  - for_each(v.begin(), v.end(), print);
  - sort(), reverse(), rotate(), random_shuffle(), count(), count_if(), binary_search()

- 람다
  - [캡쳐리스트](매개변수리스트) -> 리턴타입 { 함수코드 }
  - [ ](int x, int y) -> int { return x + y; }; //매개변수 x, y의 합을 리턴하는 람다 작성
  - [ ](int x, int y) { cout << x + y; } (2, 3); //x에 2, y에 3을 대입하여 코드 실행. 5를 출력
  - auto love = [](string a) { cout << a << endl }; love("냉면"); };
  - auto calc = [pi](int r) -> double { return pi*r*r; }; calc(3);
  - [&sum](int x, int y) { sum = x + y; } (2, 3);

Q & A

- "템플릿과 STL 알고리즘"에 대한 학습이 모두 끝났습니다.

- 새로운 내용이 많았습니다. 모든 내용을 이해 하셨나요?
- 아직 이해가 안되는 내용이 있다면 다시 한번 복습하시기 바랍니다.
- 질문은 한림 SmartLEAD 쪽지 또는 e-mail 또는 전화상담을 이용하시기 바랍니다.

- cpp_11_템플릿과STL_ex.pdf 에 확인 학습 문제들을 담았습니다.
- 이론 학습을 완료한 후 확인 학습 문제들로 학습 내용을 점검 하시기 바랍니다.

- 퀴즈와 과제가 출제되었습니다. 마감시간에 늦지 않도록 주의해 주세요.

- 수고하셨습니다.^^