

— 자료 구조(Data Structure)

- 자료들이 저장되고 사용되는 방식
- 즉, 정해진 방식에 따라 자료를 저장하고, 자료간 관계를 저장하고,
이를 효과적으로 사용할 수 있는 방법을 정함
- 저장 방식과 사용법이 다양함
 - 자료를 순서대로 저장
 - 키(Key)와 값(Value)으로 저장
 - 계층형으로 저장
- 특히 자료가 많을 때 관리 용이함
- C#에서는 자료 구조를 지원하는 다양한 클래스 제공함
- C#에서 자료 구조 클래스들은 모두 메모리가 허용하는 한 저장할 수 있는 자료의 개수에 제한을 두지 않음

자료 구조

자료구조	설명	명칭	관련 c# 클래스
순서에 따른 구조	<ul style="list-style-type: none"> • 자료를 순서에 따라 연결하는 구조 • 인덱스 (Index)로 자료를 읽을 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> • 배열 (Array) • 리스트 (List) 	배열, ArrayList, Stack, Queue, List<T>, LinkedList<T>, Stack<T>, Queue<T>
키에 따라 읽는 구조	<ul style="list-style-type: none"> • 고유 Key에 대응하는 자료가 연동되는 구조 • 키가 서로 중복되지 않아야 함 • 키를 인덱스로 삼아 자료 읽기 	<ul style="list-style-type: none"> • 맵 (Map) • 딕셔너리 (Dictionary) 	Hashtable, SortedList, NameValueCollection Dictionary<T,V>, SortedList<T, V>, KeyValuePair<T, V>
집합구조	<ul style="list-style-type: none"> • 자료를 순서 없어 저장 • 동일한 자료는 한 개만 존재하고, 중복 허용 않음 • 수학의 집합과 유사함 	<ul style="list-style-type: none"> • 집합 (Set) 	HashSet<T>, SortedSet<T>
계층에 따라	<ul style="list-style-type: none"> • 자료가 하위자료를 가지는 계층적 구조 	<ul style="list-style-type: none"> • 트리 (Tree) 	

자료구조의 필요성

— 자료 구조(Data Structure)의 필요성

- 자료 구조를 이용하면 관련 있는 자료들을 동일한 변수 이름으로 체계적으로 저장하고 사용할 수 있음
- 배열을 이용해서 같은 변수 이름으로 여러 개의 자료를 저장하고 인덱스를 이용해서 각 자료에 접근 가능
 - 여러 개의 변수 대신 배열과 반복문을 이용하면 코드를 줄일 수 있음

```
int x0 = 1;  
int x1 = 2;  
int x2 = 3;  
int x3 = 4;  
int x4 = 5;
```



```
int[] x = new int[5];  
  
for (int i = 0; i < 5; i++) {  
    x[i] = i + 1;  
}
```

— 또 다른 예

- 공중파 TV 시청 프로그램을 작성한다고 가정

방송국	채널 번호
"SBS"	6
"KBS2"	7
"KBS1"	9
"EBS1"	10
"MBC"	11

- 변수로 관리

```
int SBS = 6;  
int KBS2 = 7;  
int KBS1 = 9;  
int EBS1 = 10;  
int MBC = 11;
```

자료구조의 필요성

- 🔔 방송국 이름과 채널 번호를 나타내는 변수를 프로그래머가 연관시켜야 함
- 🔔 방송국 중 한 개를 이름과 채널 번호로 출력

```
Console.WriteLine("television networks: {0}, channel number: {1}", "SBS", SBS);
```

- 🔔 전체 출력

```
Console.WriteLine("television networks: {0}, channel number: {1}", "SBS", SBS);  
Console.WriteLine("television networks: {0}, channel number: {1}", "KBS2", KBS2);  
...  
Console.WriteLine("television networks: {0}, channel number: {1}", "MBC", MBC);
```

자료구조의 필요성

- 🔔 차라리 표를 프로그램에 저장해 놓고, 방송국의 이름을 이용해서 채널 번호를 찾을 수 있도록 구현
- 🔔 방송국 이름을 인덱스처럼 사용할 수 있는 배열

```
// 자료구조에 방송국 이름과 채널 번호를 연관시켜 저장
```

```
channels["SBS"] = 6;
```

```
// 방송국 이름을 이용해서 채널 번호를 찾아내서 화면에 출력
```

```
Console.WriteLine("television networks: {0}, channel number: {1}", "SBS", channels["SBS"]);
```

자료구조의 필요성

— 자료 구조를 이용할 때의 장점

- 서로 자료가 연관되어 있을 때, 동일한 변수 이름 사용
 - ➔ 변수를 여러 개 사용할 때보다 가독성이 높고 코드 이해의 용이성
- 자료 항목 각각에 동일한 연산 또는 비슷한 연산을 처리하는 경우 반복문을 사용해서 코드를 줄이기 쉬움

- 컬렉션 (**Collections**)은 객체를 쉽게 다룰 수 있도록 여러가지 클래스와 인터페이스를 미리 정의한 자료 구조
 - 자료 구조란 데이터를 다루는 방식을 정의한 것
 - 프로그래머가 일일이 자료 구조를 만드는 불편함 감소
 - 컬렉션으로 `ArrayList`, `SortedList`, `Hashtable`, `Stack`, `Queue`, `NameValueCollection` 등이 있음

— 컬렉션 특징

- 데이터를 보관할 수 있으며 수정, 삭제, 삽입, 검색 등의 기능
- 컬렉션은 클래스마다 구현되어지는 알고리즘이 다를 뿐 같은 부류임
 - `LinkedList`, `HashSet`, `Stack`, `Queue`
- 동적으로 메모리 확장 가능

C#Collections

— .NET 은 다양한 컬렉션을 제공

- System.Collections 클래스
- System.Collections.Generic 클래스
- System.Collections.Concurrent 클래스



Object 객체 컬렉션 클래스

클래스	설명
ArrayList	필요에 따라 크기가 동적으로 증가하는 개체 배열
Hashtable	키의 해시코드에 따라 구성된 키/값 쌍의 컬렉션
Queue	FIFO 방식의 개체 컬렉션
Stack	LIFO 방식의 개체 컬렉션
SortedList	키에 따라 정렬된 키/값 쌍의 컬렉션



제네릭 컬렉션 클래스

클래스	설명
Dictionary <TKey, TValue>	키에 따라 구성된 키/값 쌍의 컬렉션
HashSet<T>	값 집합
LinkedList<T >	이중 연결 목록
List<T>	순서가 있어서 인덱스로 액세스할 수 있는 개체 목록
Queue<T>	FIFO 방식의 개체 컬렉션
SortedList <TKey, TValue>	연관된 IComparer<T> 구현을 기반으로 키에 따라 정렬된 키/ 값 쌍의 컬렉션
Stack<T>	LIFO 방식의 개체 컬렉션

System.Collections. Concurrent



.NET 4.0 이후 소개된 스레드에 안전한 컬렉션 클래스

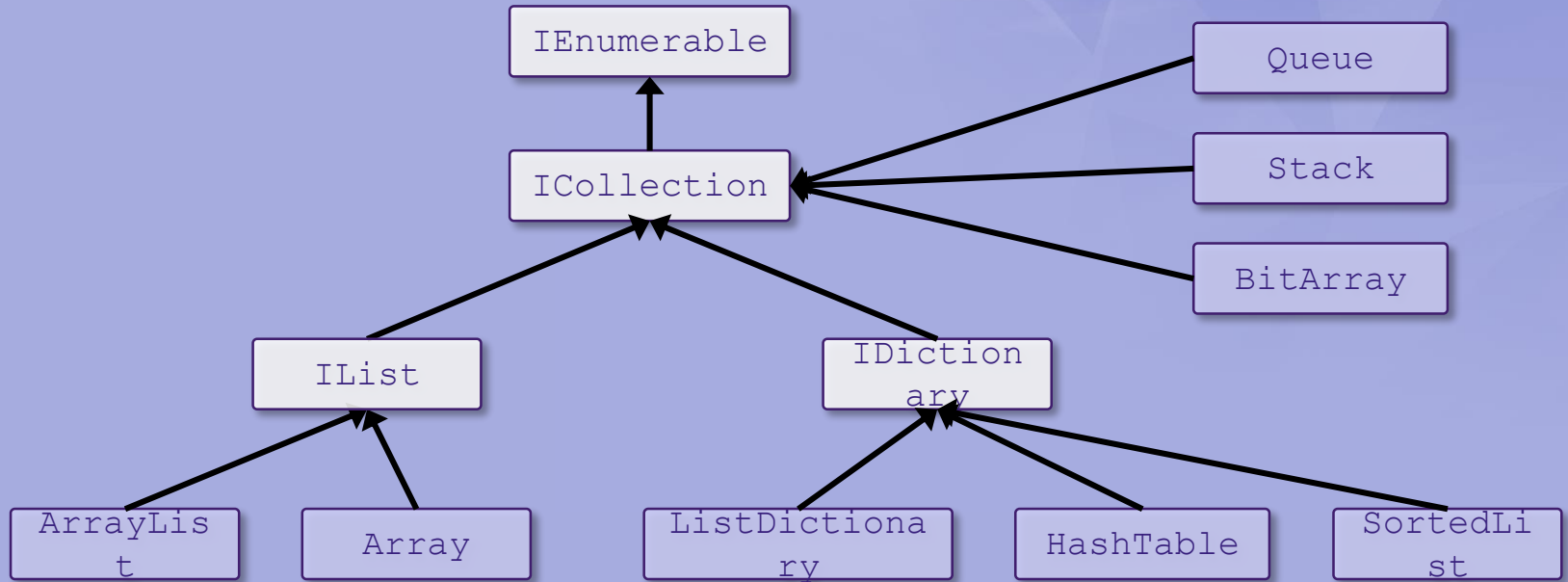
클래스	설명
BlockingCollection<T>	IProducerConsumerCollection<T>를 구현하는 스레드로부터 안전한 컬렉션
ConcurrentBag<T>	스레드로부터 안전한 정렬되지 않은 개체 컬렉션
ConcurrentDictionary<TKey, TValue>	여러 스레드에서 동시에 액세스할 수 있는 키/값 쌍의 컬렉션
ConcurrentQueue<T>	스레드로부터 안전한 FIFO 방식의 개체 컬렉션
ConcurrentStack<T>	스레드로부터 안전한 LIFO 방식의 개체 컬렉션

— **System.Collections**의 클래스와 인터페이스

- ArrayList
- Hashtable
- SortedList
- Stack, Queue
- BitArray
- NameValueCollection
- IEnumerable, IEnumerator
- ICollection
- IList
- IDictionary, IDictionaryEnumerator
- ICloneable
- ISerializable

Collections

— System.Collections의 클래스와 인터페이스



- **SortedList**는 **Hashtable**과 **ArrayList**의 혼합형
 - 내부의 데이터는 키 (Key)와 값 (Value)로 이루어져 있으며 키를 기준으로 정렬되고 키와 인덱스로 접근가능
 - 내부적으로 정렬된 컬렉션을 유지하고 있는 특징을 가짐

```
public class SortedList: IDictionary, ICollection, IEnumerable, ICloneable
```

— SortedList 특징

- 키의 목록 또는 값의 목록만 반환하는 메소드 제공
- 내부적으로 두 개의 배열, 즉 키에 대한 배열과 값에 대한 배열을 유지하여 요소를 목록에 저장
- SortedList는 각 요소에 대해 키, 값 또는 인덱스의 세가지 방법으로 접근
- 요소가 삽입되면, 지정된 키가 이미 존재하는 검사 (중복키 허용 안함)

— SortedList 메소드

- Add() - 키와 값으로 데이터를 삽입
- Clear() - 모든 요소를 제거
- Contains() - 특정 키가 들어 있는지 여부를 확인
- ContainsKey(), ContainsValue() - 특정 키/값이 들어있는지 여부 확인
- GetByIndex(), GetKey() - 지정한 인덱스에서 값/키를 가져옴
- GetKeyList() - 키 리스트를 가져옴
- Remove(), RemoveAt() - 지정한 키/인덱스로 요소를 제거
- GetEnumerator() - IDictionaryEnumerator를 반환

— Queue는 **FIFO(First-In, First-Out)** 컬렉션

- FIFO - 먼저 들어간 데이터가 제일 먼저 나오는 메모리 구조를 클래스화

```
public class Queue: ICollection, IEnumerable, ICloneable
```

— Queue 메소드

- Enqueue () 메소드는 큐의 첫 위치에 요소를 삽입
- Dequeue () 메소드는 큐의 마지막 위치의 요소를 반환하고 삭제 (반환되는 데이터형은 object형)
- Peek () 메소드는 마지막 위치의 요소를 제거하지 않고 반환 (반환되는 데이터형은 object형)

Queue 예시

```
Queue queue = new Queue(new object[] {10, 20, 30});
queue.Enqueue(1); // 가장 마지막에 추가
queue.Enqueue("abc"); // 가장 마지막에 추가
queue.Enqueue(3.4); // 가장 마지막에 추가

foreach(object obj in queue)
    Console.WriteLine(obj);
Console.WriteLine();

while (queue.Count > 0) {
    Console.WriteLine("Dequeue: {0} Count: {1}",
        queue.Dequeue(), queue.Count);
}
```

10

20

30

1

abc

3.4

Dequeue: 10 Count: 5

Dequeue: 20 Count: 4

Dequeue: 30 Count: 3

Dequeue: 1 Count: 2

Dequeue: abc Count:

1

Dequeue: 3.4 Count:

0

— Stack는 LIFO(Last-In, First-Out) 컬렉션

- LIFO - 제일 마지막에 들어간 데이터가 제일 먼저 나오는 메모리 구조를 클래스화

```
public class Stack: ICollection, IEnumerable, ICloneable
```

— Stack 메소드

- Push () 메소드는 스택의 맨 위에 요소를 삽입
- Pop () 메소드는 스택의 맨 위에 있는 요소를 삭제하고 데이터 반환 (반환되는 데이터형은 object형)
- Peek () 메소드는 스택의 맨 위에 있는 요소를 제거하지 않고 반환 (반환되는 데이터형은 object형)

Stack 예시

```
Stack stack = new Stack(new object[] {10, 20, 30});
stack.Push(1); // 가장 마지막에 추가
stack.Push("abc"); // 가장 마지막에 추가
stack.Push(3.4); // 가장 마지막에 추가

foreach(object obj in stack)
    Console.WriteLine(obj);
Console.WriteLine();
while (stack.Count > 0) {

    Console.WriteLine("Pop: {0} Count: {1}",
                      stack.Pop(), stack.Count);
}
```

```
3.4
abc
1
30
20
10
```

```
Pop: 3.4 Count: 5
Pop: abc Count: 4
Pop: 1 Count: 3
Pop: 30 Count: 2
Pop: 20 Count: 1
Pop: 10 Count: 0
0
```

— ArrayList는 IList를 구현한 대표적인 클래스

- ArrayList는 데이터를 삽입했을 때 순서대로 삽입되며 중간삽입이나 제거 또한 가능

```
public class ArrayList: IList, ICollection, IEnumerable, ICloneable
```

— ArrayList 메소드

- Add(), AddRange() 메소드는 데이터/데이터 리스트 삽입
- Insert() 메소드는 중간에 데이터 삽입
- Remove(), RemoveAt(), RemoveRange() 메소드는 해당 요소 제거 또는 인덱스로 요소 제거 또는 범위만큼 요소 제거
- Sort() 메소드는 요소 정렬
- GetEnumerator() 메소드는 IEnumerator를 반환

ArrayList 예시

```
ArrayList list = new ArrayList();  
list.Add(10); // 가장 마지막에 추가  
list.Add(20); // 가장 마지막에 추가  
list.Add(30); // 가장 마지막에 추가  
foreach(object obj in list)  
    Console.WriteLine(obj);  
Console.WriteLine();  
  
list.RemoveAt(1); // 1번 인덱스의 요소를 제거  
foreach(object obj in list)  
    Console.WriteLine(obj);  
  
Console.WriteLine();  
list.Insert(1, 25); // 1번 인덱스에 새 요소를 추가  
foreach(object obj in list)  
    Console.WriteLine(obj);  
Console.WriteLine();
```

10

20

30

10

30

10

25

30

Hashtable Class

- **Hashtable**은 **IDictionary**를 구현한 대표적인 클래스
 - 내부의 데이터는 키 (Key)와 값 (Value)을 이용

```
public class Hashtable: IDictionary, ICollection, IEnumerable,  
                        ISerializable, IDeserializationCallback, ICloneable
```

— Hashtable 메소드

- Add() 메소드는 (키, 변수)로 된 데이터 삽입
- Clear() 메소드는 모든 요소 제거
- Remove() 메소드는 키를 확인하여 요소 삭제
- ContainsKey(), ContainsValue() 메소드는 특정 키/값을 포함하는지 확인
- CopyTo() 메소드는 해시테이블에 있는 원소를 1차원 배열로 복사
- Keys, Values 속성은 ICollection으로 반환
- GetEnumerator() 메소드는 IDictionaryEnumerator 를 반환

Hashtable 예시

```
Hashtable ht = new Hashtable();
ht.Add(1, "Dooly");
ht.Add(3, "Heedong");
ht.Add(2, "Gildong");
ht[4] = "Tochi";
if (!ht.ContainsKey(5))
    ht.Add(5, "Douner");
foreach(DictionaryEntry de in ht)
    Console.WriteLine("Key={0} Value={1}", de.Key, de.Value.ToString());

Console.WriteLine("After remove Dooly");
ht.Remove(1); // Key=1인 Dooly 삭제
foreach(DictionaryEntry de in ht)
    Console.WriteLine("Key={0} Value={1}", de.Key, de.Value.ToString());
Console.WriteLine();
```

```
Key=5 Value=Douner
Key=4 Value=Tochi
Key=3 Value=Heedong
Key=2 Value=Gildong
Key=1 Value=Dooly
After remove Dooly
Key=5 Value=Douner
Key=4 Value=Tochi
Key=3 Value=Heedong
Key=2 Value=Gildong
```

Collections Interface

— **IEnumerable** 인터페이스

- `GetEnumerator()` - `IEnumerator` 개체를 반환

— **IEnumerator** 인터페이스

- 내부에서 `IEnumerable`을 사용하여 데이터 검색 기능 제공
- `Current` 속성 - 컬렉션에서 현재 객체에 대한 참조를 반환
- `MoveNext()` - 다음 요소로 이동
- `Reset()` - `Current` 포인터를 컬렉션의 처음 앞으로 설정

— **ICollection** 인터페이스

- `Count` 속성 - 컬렉션의 객체 수를 반환
- `IsSynchronized` 속성 - 다중 스레드된 액세스를 위해 컬렉션에 대한 액세스를 동기화한 경우 `true` 반환
- `SyncRoot` 속성 - 하나 이상의 코드 문장이 동시에 한 스레드에만 실행되는 것을 확실하게 하기 위해 잠그거나 해제
- `CopyTo()` - 지정한 배열 위치부터 컬렉션 요소를 배열로 복사

— IList 인터페이스

- ICollection 인터페이스에서 파생된 것으로 IEnumerable과 ICollection 기능을 모두 포함
- IsFixedSize 속성 - 리스트가 고정 길이 리스트인지 확인
- IsReadOnly 속성 - 리스트가 읽기전용인지 확인
- 인덱서 속성 - 인덱스 값으로 데이터를 얻거나 추가
- Add() - 리스트 끝에 데이터를 추가
- Clear() - 리스트 내의 모든 데이터를 제거
- Contains() - 어떤 데이터가 리스트 내에 존재하는지 여부 확인
- IndexOf() - 리스트 내의 특정 데이터의 위치를 반환
- Insert() - 리스트 내의 특정 위치에 데이터를 삽입
- Remove() - 매개변수로 입력된 객체를 리스트 내에서 제거
- RemoveAt() - 지정한 인덱스의 데이터를 제거

— IDictionary 인터페이스

- 순서에 의존하는 IList와 달리 키와 값으로 대응시켜 데이터를 추출
- IsFixedSize 속성 - 컬렉션의 크기가 정해져 있는지 검사
- IsReadOnly 속성 - 컬렉션이 읽기전용인지 확인
- Keys 속성 - 컬렉션 내의 모든 키를 나열
- Values 속성 - 컬렉션 내의 모든 값을 나열
- Add() - 키와 값을 전달하여 데이터를 컬렉션에 추가
- Clear() - 컬렉션의 모든 데이터를 제거
- Contains() - 특정 키가 데이터와 연관되어 있는지 검사
- GetEnumerator() - IDictionaryEnumerator 반환
- Remove() - 삭제할 값의 키를 전달하여 데이터를 컬렉션에서 제거

— **IDictionaryEnumerator** 인터페이스

- DictionaryEntry 속성 - 열거 요소 내의 키와 값을 가져옴
- Key 속성 - 열거 요소 내의 키를 가져옴
- Value 속성 - 열거 요소 내의 값을 가져옴

- **C# Collections** 클래스(**ArrayList, Hashtable, Queue, Stack**)에 데이터 입출력이 있으면 그때마다 자동으로 **boxing**과 **unboxing**이 계속해서 발생
 - Collections 클래스(`ArrayList, Hashtable, Queue, Stack`)는 전부 `object` 타입으로 저장하기 때문에 데이터에 접근할 때마다 본래 타입으로의 형식변화가 일어나기 때문임
 - 데이터가 많아질 수록 컴퓨터 성능에 상당한 부하가 발생
 - 성능 상의 이슈가 문제가 된다면, Collections 클래스보다 `Generic Collections`을 사용해야 함

- 제네릭 컬렉션은 제네릭(**Generics**) 기법으로 구현됨
- 제네릭
 - 특정 타입만 다루지 않고, 여러 종류의 타입으로 변신할 수 있도록 클래스나 메소드를 일반화시키는 기법
 - ✓ `<T>`, `<K>`, `<V>` : 타입 매개 변수 요소 타입을 일반화한 타입
 - 제네릭 클래스 사례
 - ✓ 제네릭 리스트 : `List<T>`
 - ✓ `T`에 특정 타입으로 구체화
 - ✓ 정수만 다루는 리스트 : `List<int>`
 - ✓ 문자열만 다루는 리스트 : `List<string>`
 - ✓ `Person`만 다루는 리스트 : `List<Person>`

- 제네릭은 다양한 자료형에 적용될 수 있는 일반화된 타입 매개 변수로 클래스나 메소드를 작성하는 기법
 - C++의 템플릿 (template) 과 동일

Generics

```
class Stack<T> {  
    ...  
    void Push(T element) { ... }  
    T Pop() { ... }  
    ...  
}
```

제네릭 스택

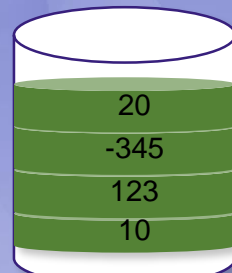
Stack<int>

Stack<string>

특정타입으로
구체화

```
...  
void Push(int element) { ... }  
int Pop() { ... }  
...
```

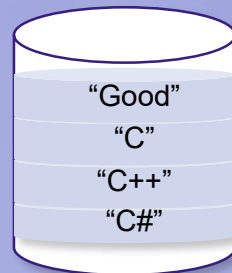
정수 스택



정수만 저장

```
...  
void Push(string element) { ... }  
string Pop() { ... }  
...
```

문자열 스택



문자열만 저장



제네릭은 사용할 자료형을 매개변수로 전달받음

```
public class IntStack {  
    int[] items;  
    int count;  
    public void Push(int item) { ... }  
    public int Pop() { ... }  
}
```

```
public class StringStack {  
    string[] items;  
    int count;  
    public void Push(string item) { ... }  
    public string Pop() { ... }  
}
```

```
public class Stack<T> {  
    T[] items;  
    int count;  
    public void Push(T item) { ... }  
    public T Pop() { ... }  
}  
....  
Stack<int> ystack = new Stack<int>();  
ystack.Push(3);  
int x = ystack.Pop();  
Stack<string> sstack = new Stack<string>();  
sstack.Push("C#");  
string s = sstack.Pop();
```

— 제네릭 클래스

- 클래스나 인터페이스 선언부에 일반화된 타입 추가

```
public class MyClass<T> {  
    T val;  
    void Set(T a) {  
        val = a;  
    }  
    T Get() {  
        return val;  
    }  
}
```

val의
타입은 T

제네릭 클래스
MyClass 선언,
타입 매개 변수 T

T 타입의 값
a를 val에
지정

T 타입의
값 val 리턴

제네릭 객체 생성

- 구체화(Specialization)

— 구체화

- 제네릭 타입의 클래스에 구체적인 타입을 대입하여 객체 생성
- 컴파일러에 의해 이루어짐

```
// 제네릭 타입 T에 string 지정
MyClass<string> s = new MyClass<string>();
s.Set("hello");
Console.WriteLine(s.Get()); // "hello" 출력

// 제네릭 타입 T에 int 지정
MyClass<int> n = new MyClass<int>();
n.Set(5);
Console.WriteLine(n.Get()); // 숫자 5 출력
```


제네릭 개체 생성

- 구체화(Specialization)

— 구체화

- 구체화된 `MyClass<string>`의 소스 코드

```
public class MyClass<T> {  
    T val;  
    void Set(T a) { val = a; }  
    T Get() { return val; }  
}
```



```
public class MyClass<string> {  
    string val; // 변수 val의 타입은 string  
    void Set(string a) {  
        val = a; // string 타입의 값 a를 val에 지정  
    }  
    string Get() {  
        return val; // string 타입의 값 val을 리턴  
    }  
}
```

T가 string으로
구체화

제네릭 타입 제약

- 제네릭타입을 선언할 때, 인자 타입을 지정 가능함
 - Value Type인지 Reference Type인지 또는 어떤 특정 Base 클래스로부터 파생된 타입인지 또는 어떤 인터페이스를 구현한 타입인지 등
 - **where T : 제약조건**

제네릭 타입 제약



예시

```
// T는 Value Type  
class MyClass<T> where T : struct
```

```
// T는 Reference Type  
class MyClass<T> where T : class
```

```
// T는 default constructor가 있어야 함  
class MyClass<T> where T : new()
```



예시

```
// T는 MyBaseClass의 파생클래스이어야 함  
class MyClass<T> where T : MyBaseClass
```

```
// T는 IComparable 인터페이스를 가져야 함  
class MyClass<T> where T : IComparable
```

```
// 복수 타입 파라미터 제약  
class MyClass<T, V> where T : struct  
                   where V: class
```

```
// 여러 개 제약  
class PersonManager<T> where T : Person, IComparable<T>, new()
```

제네릭 불변성/가변성

- C# 3.0까지 제네릭은 불변성 (**Invariance**)만 지원
 - 불변성 (Invariance)는 동일 타입만 사용
- C# 4.0부터 제네릭은 불변성 (**invariance**)와 가변성 (**variance**)를 모두 지원
 - 가변성 (variance)이란 암묵적인 레퍼런스 변환 (implicit reference conversion)을 가능하게 하는 기능
 - 가변성은 공변성 (covariance)와 반공변성 (contravariance)로 나뉨
 - 공변성 (covariance)은 하위타입에서 상위타입으로 레퍼런스를

```
IEnumerable<Derived> d = new List<Derived>();  
IEnumerable<Base> b = d;
```

제네릭 불변성/가변성

- C# 4.0부터 제네릭은 불변성 (**invariance**)와 가변성 (**variance**)를 모두 지원
 - 반공변성 (contravariance)는 반대로 상위타입에서 하위타입으로 레퍼런스를 변환할 수 있는 것

```
Action<Base> b = t => { Console.WriteLine(t.GetType().Name); }  
Action<Derived> d = b;
```

제네릭 불변성/가변성

성질	설명	예시
불변성 (Invariance)	<ul style="list-style-type: none"> 동일 타입만 사용가능 상/하위 타입으로 레퍼런스 변환 불가 	<pre>interface IDepositor<T> { void Store(T t); } interface IRetriever<T> { IEnumerable<T> Retrieve(); } class Storage<T> : IDepositor<T>, IRetriever<T> Storage<Dog> d = new Storage<Dog>(); //Storage<Animal> a = d; // Dog 타입만 가능 //d.Store(new Animal()); // Dog 타입만 가능 IRetriever<Dog> dogs = d; //IRetriever<Animal> dogs = d; // Dog 타입만 가능</pre>
가변성 (Variance)	<ul style="list-style-type: none"> 공변성 (covariance) out 키워드로 지정 출력/리턴 타입에 T 사용 Dog보다 상위타입에 assign 가능 	<pre>interface IRetriever<out T> { IEnumerable<T> Retrieve(); } Storage<Dog> d = new Storage<Dog>(); IRetriever<Animal> dogs = d; // Dog 상위타입 가능</pre>
	<ul style="list-style-type: none"> 반공변성 (contravariance) in 키워드로 지정 입력/메소드 인자에 T 	<pre>interface IDepositor<in T> { void Store(T t); } IDepositor<Animal> a = new Storage<Animal>();</pre>

공변성/반공변성 제네릭 인터페이스

— 공변성(**covariance**)을 지원하는 제네릭 인터페이스

- `IEnumerable<out T>`
- `IEnumerator<out T>`
- `IQueryable<out T>`
- `IGrouping<out TKey, out TValue>`

— 반공변성(**contravariance**)을 지원하는 제네릭 인터페이스

- `IComparer<in T>`
- `IComparable<in T>`
- `IEqualityComparer<in T>`

— **System.Collections.Generic**의 클래스와 인터페이스

- `List<T>`
- `Dictionary<TKey, TValue>`
- `HashSet<T>`
- `LinkedList<T>`
- `Stack<T>`
- `Queue<T>`
- `SortedList<TKey, TValue>`
- `IEnumerable<T>`, `IEnumerator<T>`
- `ICollection<T>`
- `IList<T>`
- `IDictionary<TKey, TValue>`,
`IDictionaryEnumerator<TKey, TValue>`
- `ISet<T>`

List Class

- 🔔 인덱스로 액세스할 수 있는 개체 목록
- 🔔 목록의 검색(**Find**), 정렬(**Sort**) 및 조작에 사용

```
public class List<T>: ICollection<T>, IEnumerable<T>, IList<T>,  
    IReadOnlyCollection<T>, IReadOnlyList<T>, IList
```

— List<T> 메소드

- `public void Sort()`
- `public void Sort(Comparison<T> comparison)`
- `public void Sort(IComparer<T> comparer)`
- `public void Sort(int index, int count, IComparer<T> comparer)`
- `public List<TOutput> ConvertAll<TOutput>`
 - `(IEnumerable<T> list, Func<T, TOutput> converter)` 리스트의 각 원소를 `TOutput` 형으로 변환하여 리스트로 반환
- `public bool Exists(Predicate<T> match)`
 - 리스트에 있는 모든 원소 중 `match` 조건을 만족하는 원소가 있는지 여부를 반환

— List<T> 메소드

- `public T Find(Predicate<T> match)`
 - 리스트에 있는 모든 원소 중 `match` 조건을 만족하는 첫번째 원소를 반환
- `public List<T> FindAll(Predicate<T> match)`
 - 리스트에 있는 모든 원소 중 `match` 조건을 만족하는 모든 원소를 리스트로 반환
- `public int FindIndex(Predicate<T> match)`
 - 리스트에 있는 모든 원소 중 `match` 조건을 만족하는 첫번째 원소의 인덱스를 반환
- `public int FindLastIndex(Predicate<T> match)`
 - 리스트에 있는 모든 원소 중 `match` 조건을 만족하는 마지막 원소의 인덱스를 반환

— List<T> 메소드

- `public void ForEach(Action<T> action)`
 - 리스트에 있는 모든 원소에 대해 action을 수행
- `public bool TrueForAll(Predicate<T> match)`
 - 리스트에 있는 모든 원소가 match 조건을 만족하는 지 여부를 반환

List 예시

```
List<Part> parts = new List<Part>();
parts.Add(new Part { Name = "arm", Id=1234 });
parts.Add(new Part { Name = "leg", Id=567 });
parts.Add(new Part { Name = "foot", Id=12345 });
parts.Add(new Part { Name = "hand", Id=7890 });
foreach(Part p in parts)
    Console.WriteLine(p);
Console.WriteLine(
    parts.Contains(new Part { Name = "leg", Id=567 }));
parts.Insert(2, new Part { Name = "knee", Id=78 });
foreach(Part p in parts)
    Console.WriteLine(p);
parts.RemoveAt(3);
foreach(Part p in parts)
    Console.WriteLine(p);
Console.WriteLine();
```

```
ID: 1234 Name: arm
ID: 567 Name: leg
ID: 12345 Name: foot
ID: 7890 Name: hand
```

```
True
```

```
ID: 1234 Name: arm
ID: 567 Name: leg
ID: 78 Name: knee
ID: 12345 Name: foot
ID: 7890 Name: hand
```

```
ID: 1234 Name: arm
ID: 567 Name: leg
ID: 78 Name: knee
ID: 7890 Name: hand
```

List 예시

```
class Part {
    public string Name { get; set; }
    public int Id { get; set; }
    public override string ToString() {
        return "ID: " + Id + " Name: " + Name;
    }
    public override bool Equals(object obj) {
        if (obj == null) return false;
        Part objAsPart = obj as Part;
        if (objAsPart == null) return false;
        else return Equals(objAsPart);
    }
    public override int GetHashCode() {
        return Id;
    }
    public bool Equals(Part other) {
        if (other == null) return false;
        return (this.Id.Equals(other.Id));
    }
}
```

Remove elements from a list while iterating

- 🔔 **List<T>**는 **RemoveAt(int index)** 또는 **Remove(T item)** 메소드를 제공함
- 🔔 **List**에서 모든 요소를 지워야 할 경우, **for-loop**에서 **역순 Remove** 하거나 **list.ToList()** 사용한 **Remove**

```
var list = new List<int>(Enumerable.Range(1, 10));  
foreach (int i in list)  
    Console.WriteLine(i);  
for (int i = list.Count - 1; i >= 0; i--)  
    list.RemoveAt(i);  
foreach (int i in list)  
    Console.WriteLine(i);
```

```
var list = new List<int>(Enumerable.Range(1, 10));  
foreach (int i in list)  
    Console.WriteLine(i);  
foreach (int item in list.ToList())  
    list.Remove(item);  
foreach (int i in list)  
    Console.WriteLine(i);
```


Remove elements from a list while iterating

```
var list = new List<int>(Enumerable.Range(1, 10));  
for (int i = 0; i < list.Count; i++) {  
    list.RemoveAt(i); // 원소삭제될 때 list 사이즈가 줄면서 다른 원소 index도 바뀜  
}  
foreach (int i in list) Console.WriteLine(i);
```

```
var list = new List<int>(Enumerable.Range(1, 10));  
foreach (int item in list) {  
    list.Remove(item); // throws `InvalidOperationException 발생  
}  
foreach (int i in list) Console.WriteLine(i);
```

```
var list = new List<int>(Enumerable.Range(1, 10));  
IEnumerator<int> iter = list.GetEnumerator();  
while (iter.MoveNext()) { // throws `InvalidOperationException 발생  
    int item = iter.Current;  
    list.Remove(item);  
}  
foreach (int i in list) Console.WriteLine(i);
```

Dictionary Class

- 🔔 **Dictionary<TKey, TValue>**은 **Hashtable** 제네릭 버전
- 🔔 **DictionaryEntry** 대신 제네릭 구조체인 **KeyValuePair<TKey, TValue>**를 열거형에 사용

```
public class Dictionary<TKey, TValue>: ICollection<KeyValuePair<TKey, TValue>>,
    IDictionary<TKey, TValue>,
    IEnumerable<KeyValuePair<TKey, TValue>>,
    IReadOnlyCollection<KeyValuePair<TKey, TValue>>,
    IReadOnlyDictionary<TKey, TValue>,
    IDeserializationCallback, ISerializable
```

Dictionary 예시

```
Dictionary<int, string> dict = new Dictionary<int, string>();
dict.Add(1, "Dooly");
dict.Add(3, "Heedong");
dict.Add(2, "Gildong");
dict[4] = "Tochi";
if (!dict.ContainsKey(5))
    dict.Add(5, "Douner");
foreach(KeyValuePair<int, string> d in dict)
    Console.WriteLine("Key={0} Value={1}", d.Key, d.Value.ToString());
Console.WriteLine("After remove Dooly");
dict.Remove(1); // Key=1 인 들리 삭제
foreach(KeyValuePair<int, string> d in dict)
    Console.WriteLine("Key={0} Value={1}", d.Key, d.Value.ToString());
Console.WriteLine();
```

```
Key=1 Value=Dooly
Key=3 Value=Heedong
Key=2 Value=Gildong
Key=4 Value=Tochi
Key=5 Value=Douner
After remove Dooly
Key=3 Value=Heedong
Key=2 Value=Gildong
Key=4 Value=Tochi
Key=5 Value=Douner
```

HashSet Class



HashSet<T>은 중복 요소를 포함하지 않는(고유한) 요소의 정렬되지 않은 컬렉션

```
public class HashSet<T>: ICollection<T>, IEnumerable<T>, ISet<T>,
    IReadOnlyCollection<T>, IReadOnlyList<T>,
    IDeserializationCallback, ISerializable
```

HashSet 예시

```
HashSet<int> even = new HashSet<int>(new int[] { 2, 4, 6});
HashSet<int> odd = new HashSet<int>(new int[] {1, 3, 5, 7});
foreach(int i in even)
    Console.WriteLine(i); // 2 4 6
foreach(int i in odd)
    Console.WriteLine(i); // 1 3 5 7

HashSet<int> all = new HashSet<int>(even);
all.UnionWith(odd);
foreach(int i in all)
    Console.WriteLine(i); // 2 4 6 1 3 5 7

all.IntersectWith(odd);
foreach(int i in all)
    Console.WriteLine(i); // 1 3 5 7
```

- 🔔 **C# yield** 키워드는 호출자에게 컬렉션 데이터를 하나씩 리턴할 때 사용
- 🔔 **yield return** 또는 **yield break**의 2가지 방식으로 사용
 - `yield return`은 컬렉션 데이터를 하나씩 리턴하는 데 사용
 - `yield break`는 리턴을 중지하고 iteration 루프를 빠져나올 때 사용

```
public class YieldTest {  
    static IEnumerable<int> GetNumber() {  
        yield return 10; // 첫번째 루프에서 리턴되는 값  
        yield return 20; // 두번째 루프에서 리턴되는 값  
        yield return 30; // 세번째 루프에서 리턴되는 값  
    }  
    public static void Main(string[] args) {  
        foreach(int num in GetNumber())  
            Console.WriteLine(num);  
        Console.WriteLine();  
    }  
}
```

```
10  
20  
30
```

🔔 yield return 또는 yield break의 2가지 방식으로 사용

- yield return은 컬렉션 데이터를 하나씩 리턴하는 데 사용
- yield break는 리턴을 중지하고 iteration 루프를 빠져

```
public class YieldTest {  
    static IEnumerable<int> GetNumber() {  
        int num = 0;  
        while (true) {  
            num++;  
            yield return num; // 루프에서 리턴되는 값  
            if (num >= 100) {  
                yield break; // 루프를 벗어남  
            }  
        }  
    }  
    public static void Main(string[] args) {  
        foreach(int num in GetNumber())  
            Console.WriteLine(num);  
        Console.WriteLine();  
    }  
}
```

```
1  
2  
3  
...  
100
```

Custom 클래스에 대한 Sort 사용

- 🔔 개인적으로 만든 클래스에 대해서 컬렉션에 추가하고, **Sort**를 이용해서 정렬하고 싶다면 **IComparable** 인터페이스를 구현해주어야 함

```
interface IComparable<T> {  
    int CompareTo(T o);  
}
```


Custom 클래스에 대한 Sort 사용

- **CompareTo(T o)** 메소드는 현 객체를 인자로 주어진 **o**와 비교해서 순서를 정한 후에 정수(**int**) 값을 반환함
 - 만약 현 객체가 주어진 인자보다 작다면 음수를 반환
 - 만약 현 객체가 주어진 인자와 동일하다면 0을 반환
 - 만약 현 객체가 주어진 인자보다 크다면 양수를 반환

Custom 클래스에 대한 Sort 사용

```
class A : Comparable<A> {  
    public string str { get; set; }  
    public int num { get; set; }  
  
    public A(String str, int num) {  
        this.str = str;  
        this.num = num;  
    }  
  
    public override string ToString() {  
        return this.str + "," + this.num;  
    }  
}
```

Custom 클래스에 대한 Sort 사용

```
public int CompareTo(A a) {  
    if (this.str.CompareTo(a.str) == 0) {  
        if (this.num > a.num)  
            return 1;  
        else if (this.num < a.num)  
            return -1;  
        else  
            return 0;  
    }  
    else {  
        return this.str.CompareTo(a.str);  
    }  
}
```

Custom 클래스에 대한 Sort 사용

```
List<A> list = new List<A>();  
list.Add(new A("Kim", 30));  
list.Add(new A("Cho", 25));  
list.Add(new A("Cho", 15));  
list.Add(new A("Lee", 20));  
foreach (A a in list)  
    Console.WriteLine(a);  
  
Console.WriteLine("After sorting");  
list.Sort();  
foreach (A a in list)  
    Console.WriteLine(a);
```

```
After sorting  
Cho, 15  
Cho, 25  
Kim, 30  
Lee, 20
```

== & Equals & Hash code



Equals는 두 객체의 내용이 같은지 동등성(Equality)을 비교하는 연산자

```
Person p1 = new Person("Jason", 10);
Person p2 = new Person("Jason", 10);
Person p3 = p1;

// ==
if (p1 == p2) Console.WriteLine("p1 == p2");
else Console.WriteLine("p1 != p2"); //동일한 ref 아니므로 p1 != p2
if (p1 == p3) Console.WriteLine("p1 == p3"); // 동일한 ref므로 p1 == p3
else Console.WriteLine("p1 != p3");

// Equals
// Equals override 안되어 있으면 false
if (p1.Equals(p2)) Console.WriteLine("p1 equals p2");
else Console.WriteLine("p1 is not equal to p2");
```

== & Equals & Hash code

```
class Person : IEquatable<Person> {
    public string Name { get; set; }
    public int Age { get; set; }

    public override string ToString() {
        return Name + ", " + Age;
    }

    public override bool Equals(object obj) {
        if (obj == null) return false;
        Person p = obj as Person;
        if (p == null) return false;
        else return Equals(p);
    }

    public bool Equals(Person other) {
        if (other == null) return false;
        return (this.Name.Equals(other.Name) && (this.Age == other.Age));
    }
}
```

== & Equals & Hash code

```
// ==  
public static bool operator == (Person p, Person q) {  
    return p.Equals(q);  
}  
  
// !=  
public static bool operator != (Person p, Person q) {  
    return !p.Equals(q);  
}  
  
public override int GetHashCode() {  
    return base.GetHashCode();  
}
```

== & Equals & Hash code



IEquatable & == & != operator overriding 하고 나면 true

```
Person p1 = new Person("Jason", 10);  
Person p2 = new Person("Jason", 10);  
Person p3 = p1;
```

```
// ==
```

```
// IEquatable과 == & != 오버로딩후 p2 true
```

```
if (p1 == p2) Console.WriteLine("p1 == p2"); // true
```

```
else Console.WriteLine("p1 != p2");
```

```
if (p1 == p3) Console.WriteLine("p1 == p3"); // 동일한 ref므로 p1 == p3
```

```
else Console.WriteLine("p1 != p3");
```

```
// Equals
```

```
// Equals 오버로딩후 p1 Equals p2 true
```

```
if (p1.Equals(p2)) Console.WriteLine("p1 equals p2");
```

```
else Console.WriteLine("p1 is not equal to p2");
```


— C# 3.5 LINQ(Language Integrated Query) 쿼리

- 쿼리는 데이터 소스에서 데이터를 검색하는 식
- 배열/데이터베이스에서 조건에 맞는 자료만 뽑는 기능을 제공
- `IEnumerable<T> (instance) = from (자동변수)`

`in (배열/DB)`
`where (조건)`
`select (리턴값)`

// 1. Data source

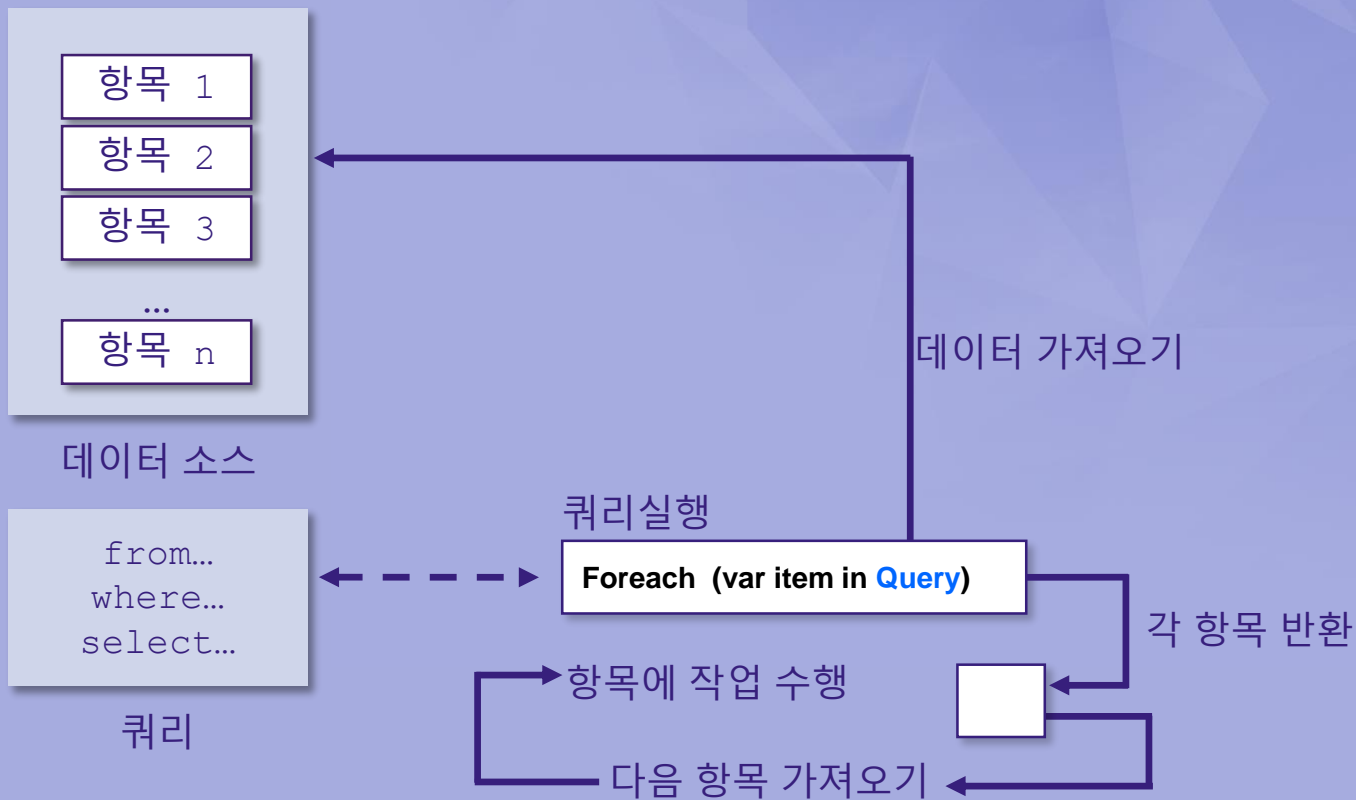
```
int[] numbers = new int[7] { 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 };
```

// 2. Query creation (짝수만 선택)

```
var numQuery = from num in numbers  
               where (num % 2) == 0 select num;
```

// 3. Query execution

```
foreach (int num in numQuery)  
    Console.WriteLine("{0,1}", num);
```



— 데이터 소스 (**DataSource**)

- 데이터소스는 IEnumerable<T>나 IQueryable<T> 인터페이스에서 파생된 것이면 LINQ를 사용하여 쿼리 가능한 형식
- 데이터소스가 쿼리 가능한 형식으로 존재하지 않는 경우 LINQ

```
// Create a data source from an XML document using System.Xml.Linq
 XElement contacts = XElement.Load(@"C:\myContactList.xml");

// LINQ to SQL
 Northwnd db = new Northwnd(@"C:\northwnd.mdf");
 IQueryable<Customer> custQuery =
     from cust in db.Customers
     where cust.City == "London" select cust;
```

— 필터링

- 가장 일반적인 쿼리 작업은 `boolean` 형식으로 필터를 적용하는 것
- 결과는 `where` 절을 사용하여 생성
- `&&` 및 `||` 연산자를 사용하여 `where` 절에 필요한 만큼의 필터식을 적용가능

— 정렬

- `orderby` 절은 반환된 시퀀스의 요소가 정렬하고 있는 형식의 기본 비교자에 따라 정렬됨

```
var queryLondonCustomers =  
    from cust in db.Customers  
    where cust.City == "London" && cust.Name == "Devon"  
    orderby cust.Name ascending  
    select cust;
```

— 그룹화

- **group**절을 사용하면 지정한 키에 따라 결과를 그룹화 가능
- 그룹화 결과를 참조해야 하는 경우 **into** 키워드 사용하여 계속 쿼리할 수 있는 식별자를 만들어야 함

— 조인

- 데이터 소스에서 명시적으로 모델링 안 된 시퀀스 간의 연결 생성
- **join**절은 DB 테이블에 직접 작업하는 대신 개체 컬렉션에 대해 작업

— 선택 (프로젝션)

- **select**절에서 쿼리 결과를 생성하고 각 반환된 요소의 형식

```
var queryCustomers =  
    from cust in db.Customers  
    group cust by cust.City into custGroup  
    where custGroup.Count() > 2 // 3명 이상의 고객을 포함하는 그룹만 반환  
    orderby custGroup.Key  
    select custGroup;
```

표준 쿼리 연산자 확장 메서드

- LINQ의 선언적 쿼리 구문은 컴파일 할 때 CLR에 대한 메서드 호출으로 변환
- 이러한 메서드 호출은 같은 이름을 사용하는 표준 쿼리 연산자 **Where**, **Select**, **GroupBy**, **Join**, **Max** 및 **Average** 메서드 구문을 직접 사용가능

```
int[] numbers = new int[7] { 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 };  
// Query Syntax  
var numQuery1 = from num in numbers  
                where (num % 2) == 0 orderby num select num;  
// Method Syntax  
var numQuery2 = numbers.Where(num => num%2 != 0).OrderBy(n=>n);
```

0
2
4
6

1
3
5

LINQ 예시

```
int[] numbersA = { 0, 2, 4, 5, 6, 8, 9 };  
int[] numbersB = { 1, 3, 5, 7, 8 };  
var pairs = from a in numbersA from b in numbersB  
            where a < b select new { a, b };  
Console.WriteLine("Pairs where a < b");  
foreach (var pair in pairs) {  
    Console.WriteLine("{0} is less than {1}", pair.a, pair.b);  
}
```

```
Pairs where a  
< b  
0 is less than 1  
0 is less than 3  
0 is less than 5  
0 is less than 7  
0 is less than 8  
2 is less than 3  
2 is less than 5  
2 is less than 7  
2 is less than 8  
4 is less than 5  
4 is less than 7  
4 is less than 8  
5 is less than 7  
5 is less than 8  
6 is less than 7  
6 is less than 8
```


LINQ 예시

```
var n1 = new int[] { 1, 2 };
var n2 = new int[] { 3, 4 };
var query1 = n1.Concat(n2);
var query2 = n2.Concat(n1);
var query3 = n1.Concat(n2).Concat(n1);
foreach (var n in query1) {
    Console.WriteLine(n); // enumerates 1, 2, 3, 4
}
Console.WriteLine();
foreach (var n in query2) {
    Console.WriteLine(n); // enumerates 3, 4, 1, 2
}
Console.WriteLine();
n1[0] = 0;
foreach (var n in query1) {
    Console.WriteLine(n); // enumerates 0, 2, 3, 4
}
Console.WriteLine();
foreach (var n in query3) {
    Console.WriteLine(n); // enumerates 0, 2, 3, 4, 0, 2
}
Console.WriteLine();
```

1
2
3
4

3
4
1
2

0
2
3
4

0
2
3
4

0
2

LINQ 예시

```
Person dooly = new Person("Dooly", 1000);
Person heedong = new Person("Heedong", 3);
Person gildong = new Person("Gildong", 50);
Person tochi = new Person("Tochi", 100);
Person douner = new Person("Douner", 200);
List<Person> people = new List<Person>() { dooly, heedong, gildong, tochi, douner };
```

```
Pet blue = new Pet("Blue", dooly);
Pet pink = new Pet("Pink", heedong);
Pet red = new Pet("Red", gildong);
Pet green = new Pet("Green", tochi);
Pet yellow = new Pet("Yellow", douner);
List<Pet> pets = new List<Pet>() { yellow, green, blue, red, pink};
var query = from person in people
            join pet in pets on person equals pet.Owner
            select new { OwnerName = person.Name, PetName = pet.Name };
foreach (var petOwner in query) {
    Console.WriteLine($"{petOwner.PetName} is owned by {petOwner.OwnerName}");
}
```

```
Blue is owned by Dooly
Pink is owned by Heedong
Red is owned by Gildong
Green is owned by Tochi
Yellow is owned by Douner
```