- 학습교재: https://algo.datahub.pe.kr/
- 소스코드: https://algo.datahub.pe.kr/src/
- Smart OJ: https://soj.datahub.pe.kr/

충북교육연구정보원 정보영재교육원 | SW·AI교실 | 정보아카데미 강사
흥덕고등학교 교사 박정진

2025 정보올림피아드 입문과정

< C언어 >

충북학생정보올림피아드

내 용		학교대회(예선)	도대회(본선)
참가접수		2024. 4. 19.(금) 10:00 ~ 4. 26.(금) 17:00까지	2024. 5. 31.(금) 17:00까지
		참가학생 본인 접수 https://coding.cberi.go.kr	자료집계시스템 (학교→교육연구정보원)
명단안내		2024. 4. 30.(화) 예정	2024. 6. 4.(화) 예정
대회 실시	초	2024. 5. 8.(수)	2024. 6. 12.(수)
	중	2024. 5. 9.(목)	2024. 6. 13.(목)
	고	2024. 5. 10.(금)	2024. 6. 14.(금)
결과발표		2024. 5. 17.(금) 예정	2024. 6. 25.(화) 예정
비고		- 학교자체계획에 의하여 자율 실시 - 대회문제는 교육연구정보원에서 제공	

충북학생정보올림피아드

- 대회 개요
  - 수학적 지식과 논리적 사고능력을 필요로 하는 **알고리즘**과 **자료구조**를 적절히 사용하여 **프로그램 작성 능력**을 평가
  - 프로그램 작성을 통한 문제해결능력 평가
  - 프로그래밍 실기평가로만 진행
  - 초·중·고등부 각 5문항 내외 출제
  - C, C++, Python 프로그래밍 언어 사용가능
  - 동점처리 기준:
    ① 바른코드 제출개수
    ② 점수
    ③ 문제풀이 시간
    ④ 답안 제출횟수

문제예시: 계단오르기

5명이 해결한 문제

- 문제

1층에서 2층으로 올라가는 계단을 생각해 보자 여러분은 계단을 어떻게 올라가는가? 안전하게 한 칸, 한 칸씩 오르는가? 아니면 성큼성큼 두 칸씩 오르는가? 아니면 한 칸 또는 두 칸 마음 내키는 대로...? 아마도 수많은 방법이 있을 것이다.

초등학생인 충북이는 아직 다리가 짧아 한 걸음에 계단을 최대 3개까지 오를 수 있다.

충북이가 n개의 계단을 오르는 모든 방법의 수를 계산하는 프로그램을 작성하시오.

예를 들어 2개의 계단으로 구성되어 있다면,

① 한 칸, 한 칸

② 두 칸

위와 같이 두 가지 방법이 존재하고,

예를 들어 3개의 계단으로 구성되어 있다면,

① 한 칸, 한 칸, 한 칸

② 한 칸, 두 칸

③ 두 칸, 한 칸

④ 세 칸

위와 같이 네 가지 방법이 존재한다.

- 입력형식

첫 번째 줄에 계단의 수 자연수 N이 입력된다.

(1 ≤ N ≤ 36)

- 출력형식

첫 번째 줄에 계단을 오르는 방법의 수를 자연수로 출력한다.

입력 예	출력 예
3	4

- 출처: 2023 충북정올 학교예선 초등부 4번

2023 충북정올 학교예선대회 (초등부)

- 초등부 예선 문항별 난이도 분석

등위	바른 코드	1번 산불을 조심하자!	2번 직소퍼즐 맞추기	3번 개미는 어디있을까?	4번 계단 오르기	5번 채널 빨리 바꾸는방법	합계
1위	4	100	100	100	100	0	400
2위	3	100	100	10	100	0	310
3위	3	100	100	0	100	0	300
4위	3	100	0	100	100	0	300
5위	2	100	50	0	100	0	250
6위	1	100	80	0	0	0	180
7위	1	100	80	0	0	0	180
8위	1	100	80	0	0	0	180
9위	1	100	30	0	0	0	130
10위	1	100	10	10	0	0	120

2023 충북정올 본선(도)대회 (초등부)

- 초등부 본선 문항별 난이도 분석

등위	바른 코드	1번 제37회정보 올림피아드	2번 1을 보는 시간	3번 스티커 소비	4번 꽃밭	5번 오르락 내리락	합계
1위	3	100	100	100	0	0	300
2위	3	100	100	0	0	100	300
3위	2	100	100	20	0	0	220
4위	2	100	100	0	0	0	200
5위	2	100	100	0	0	0	200
6위	2	100	100	0	0	0	200
7위	1	100	20	20	0	0	140
8위	1	100	10	0	0	0	110
9위	1	100	0	10	0	0	110
10위	1	100	10	0	0	0	110

문제예시: 카드놀이

- 문제

  충북이는 1부터 N까지의 정수가 각각 하나씩 적힌 N장의 카드와, 숫자가 적히지 않은 카드 하나를 가지고 있다. 충북이는 이들 N+1장의 카드 중, K개의 카드를 임의로 선택하여 일렬로 펼쳐놓았다.

  이렇게 펼쳐진 K개의 카드에서, 충북이는 가능한 가장 긴 연속 정수열을 만들려고 한다.

  연속 정수열이란, [1, 2, 3, 4]나 [7, 8, 9]처럼 숫자가 하나씩 늘어나는 정수열을 말한다.

  충북이는 모든 카드를 선택하지 않을 수도 있으며, 카드의 순서를 바꿀 수도 있다.

  또한, K개의 카드 중 숫자가 적히지 않은 카드가 있다면, 해당 카드에 1부터 N까지의 정수 중 하나를 적어서 해당 카드를 원하는 숫자 카드처럼 사용할 수도 있다.

  충북이는 주어진 카드들에 최선의 전략을 사용하여, 충북이가 만든 연속 정수열의 길이를 최대화하려고 한다.

  카드의 정보 N, K와 K장의 카드가 주어질 때, 충북이가 만들 수 있는 연속 정수열의 최대 길이를 구해보자.

- 출처: 2023 충북정올 학교예선 중등부 4번 문제

문제예시: 카드놀이

- 입력형식

  첫 줄에 정수 N과 K가 공백을 사이에 두고 주어진다. N, K는 각각 숫자가 적힌 카드의 수와 펼쳐진 카드의 수를 의미한다.

  다음 K개의 줄 중 i번째 줄에는 정수 ai가 주어진다. 이는 펼쳐진 카드 중 i번째 카드에 쓰인 숫자를 의미한다. 숫자가 적히지 않은 카드는 0으로 주어진다.

  - $1 \le N \le 100{,}000$
  - $1 \le K \le N$
  - $0 \le a_i \le N$

- 출력형식

  충북이가 만들 수 있는 연속 정수열의 최대 길이를 출력한다.

- 입력과 출력의 예

입력 예1	출력 예1
6 4 3 1 6 5	2

입력 예2	출력 예2
6 4 3 1 0 5	3

- 출처: 2023 충북정올 학교예선 중등부 4번 문제

2023 충북정올 학교예선대회 (중등부)

- 중등부 예선 문항별 난이도 분석

등위	바른 코드	1번 우영우의 인사말	2번 암산 게임	3번 공성전	4번 카드 놀이	5번 창고	합계
1위	5	100	100	100	100	100	500
2위	4	100	100	100	100	0	400
3위	3	100	100	100	30	0	330
4위	3	100	100	100	0	0	300
5위	2	100	100	90	40	0	330
6위	2	100	100	50	60	0	310
7위	2	100	100	70	30	0	300
8위	2	100	100	80	10	0	290
9위	2	100	100	50	40	0	290
10위	2	100	100	80	0	0	280

2023 충북정올 본선(도)대회 (중등부)

- 중등부 본선 문항별 난이도 분석

등위	바른 코드	1번 나의인생 최고점수	2번 나온번호가 잘나와	3번 치명적 바이러스	4번 고드름	5번 선물 게임	합계
1위	5	100	100	100	100	100	500
2위	4	100	100	100	100	30	430
3위	4	100	100	100	100	10	410
4위	4	100	100	100	100	0	400
5위	3	100	100	100	90	30	420
6위	3	100	100	100	30	10	340
7위	3	100	100	100	30	0	330
8위	3	100	100	100	20	0	320
9위	3	100	100	100	20	0	330
10위	3	100	100	100	0	10	310

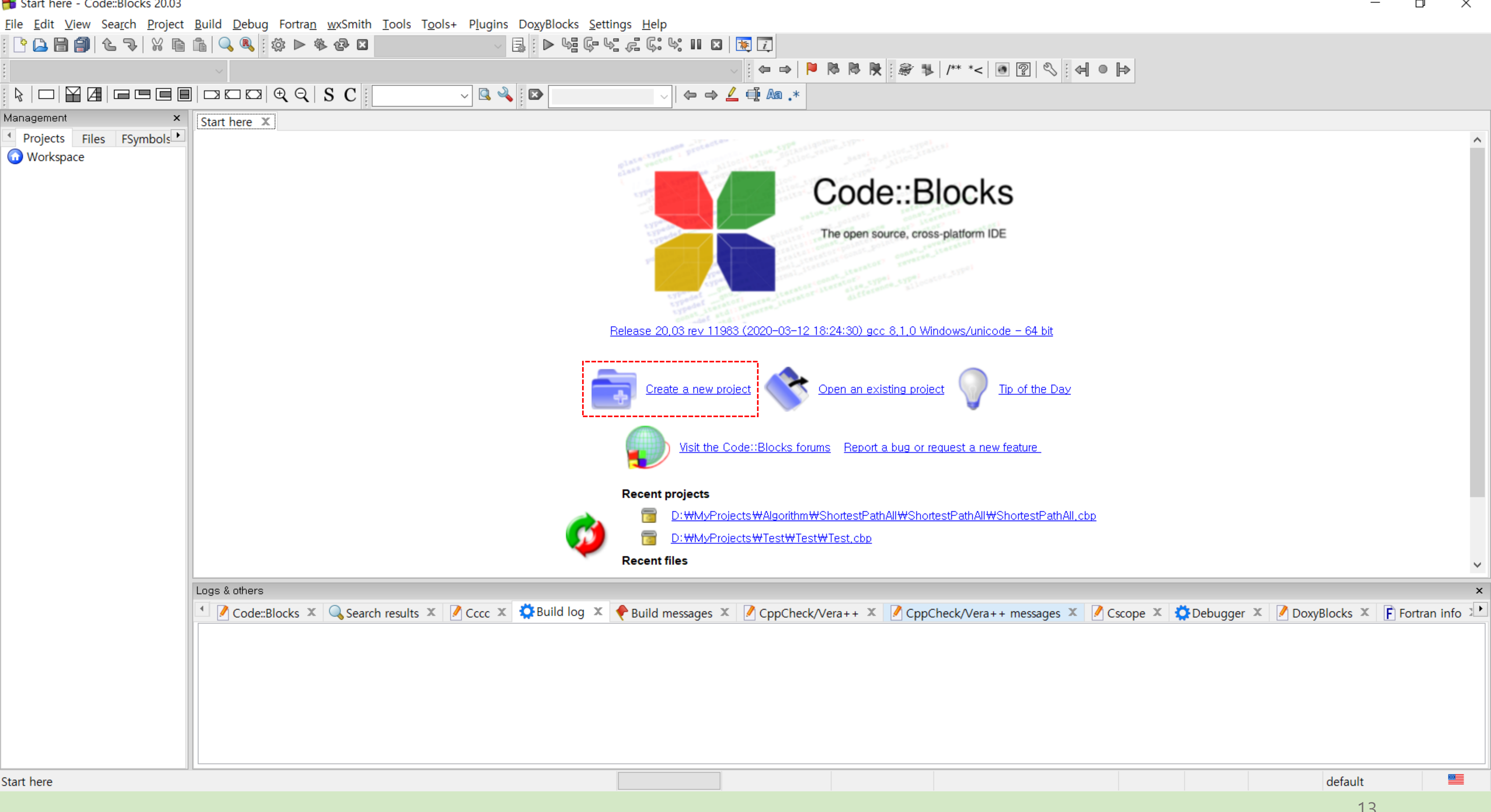
프로그래밍 언어

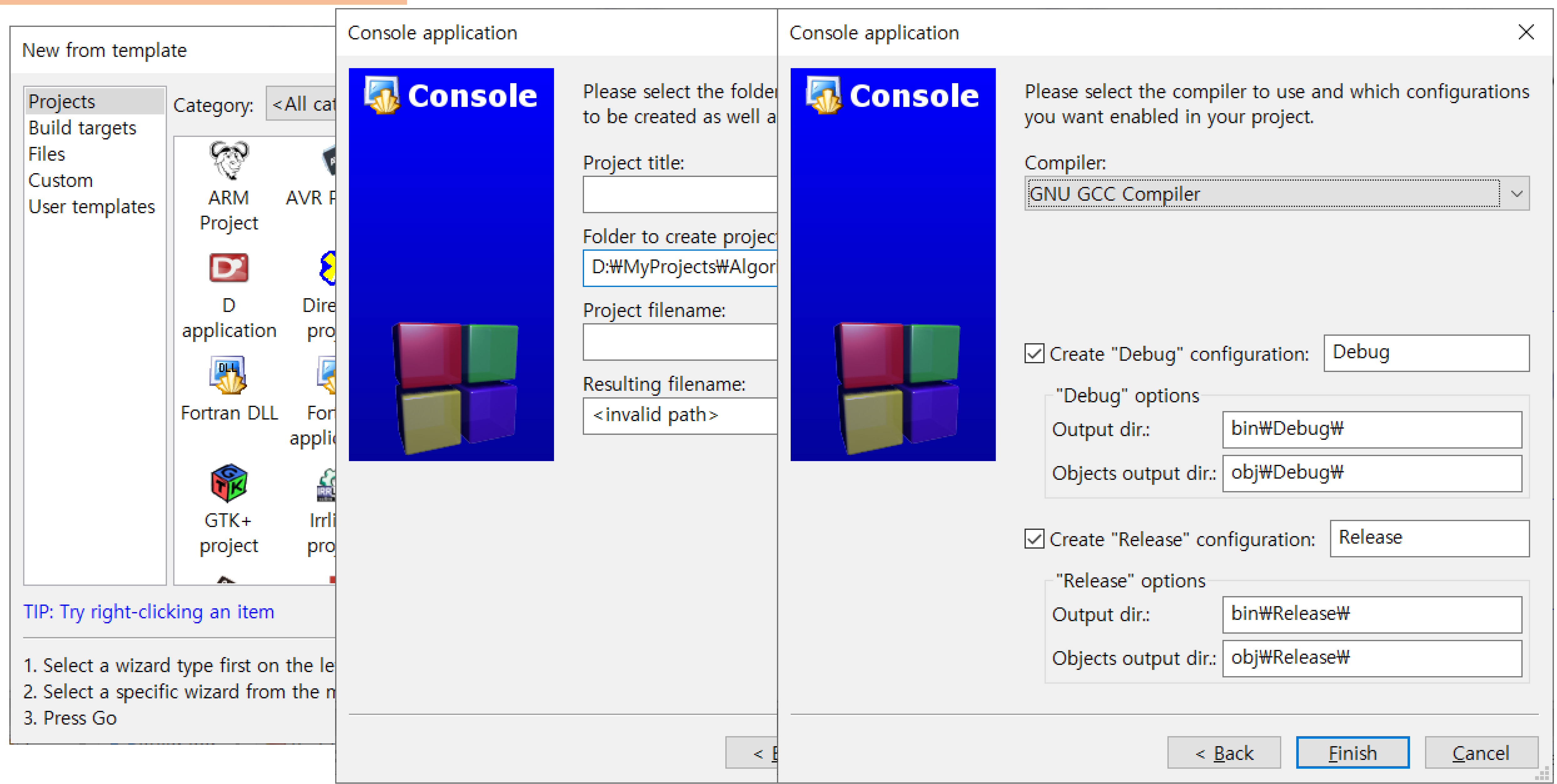
- 프로그래밍 언어란?
  - 컴퓨터를 이용하기 위한 언어
  - 컴퓨터에게 명령이나 연산을 시킬 목적으로 설계되어 기계와 의사소통을 할 수 있게 해주는 언어
  - 사람이 원하는 작업을 컴퓨터가 수행할 수 있도록 프로그래밍 언어로 일련의 과정을 작성하여 일을 시킨다.

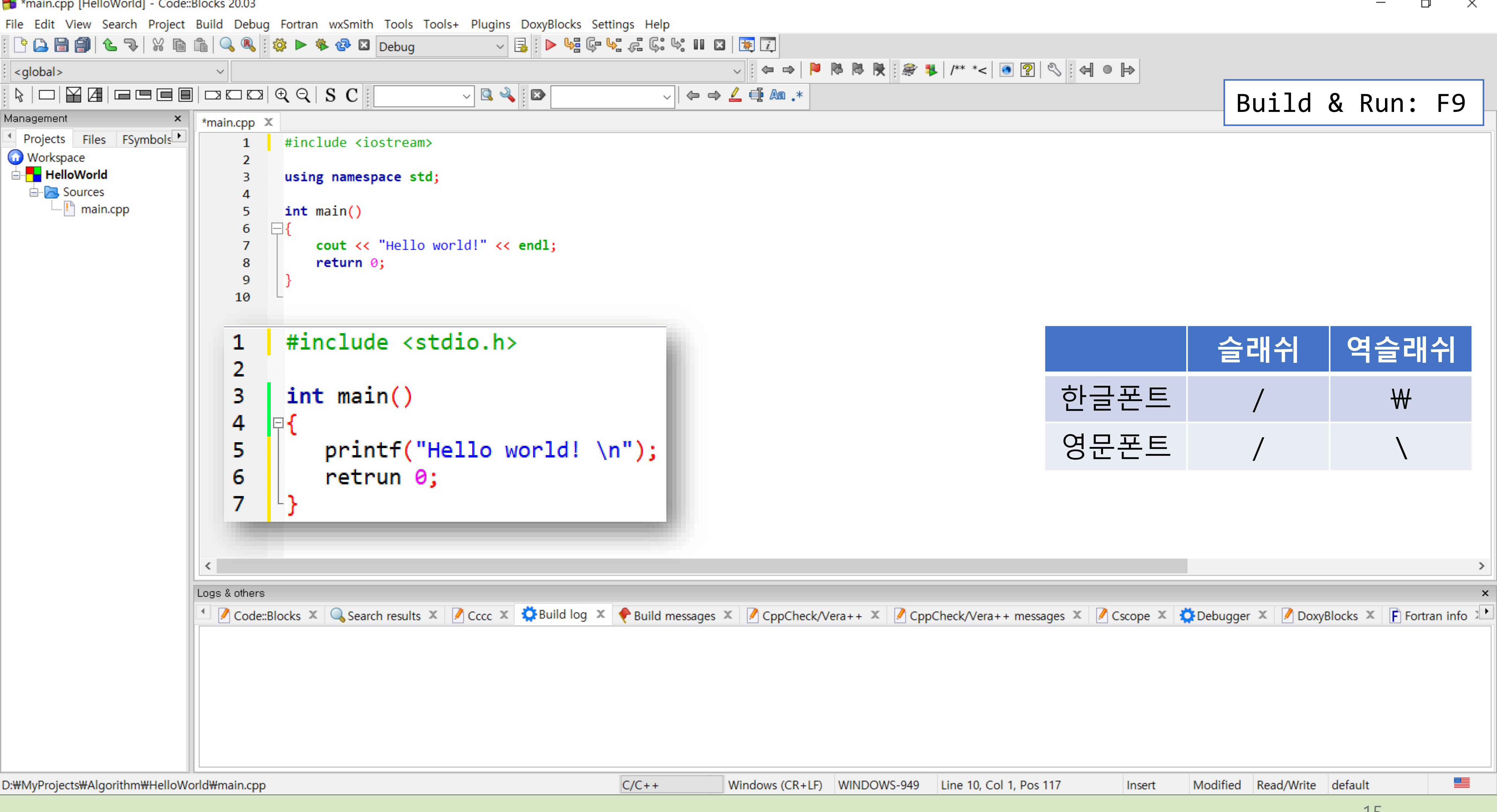
- 프로그래밍 언어의 종류
  - C / C++
  - C#, Java
  - Fortran, ALGOL
  - LISP
  - Python
  - Kotlin
  - Dart

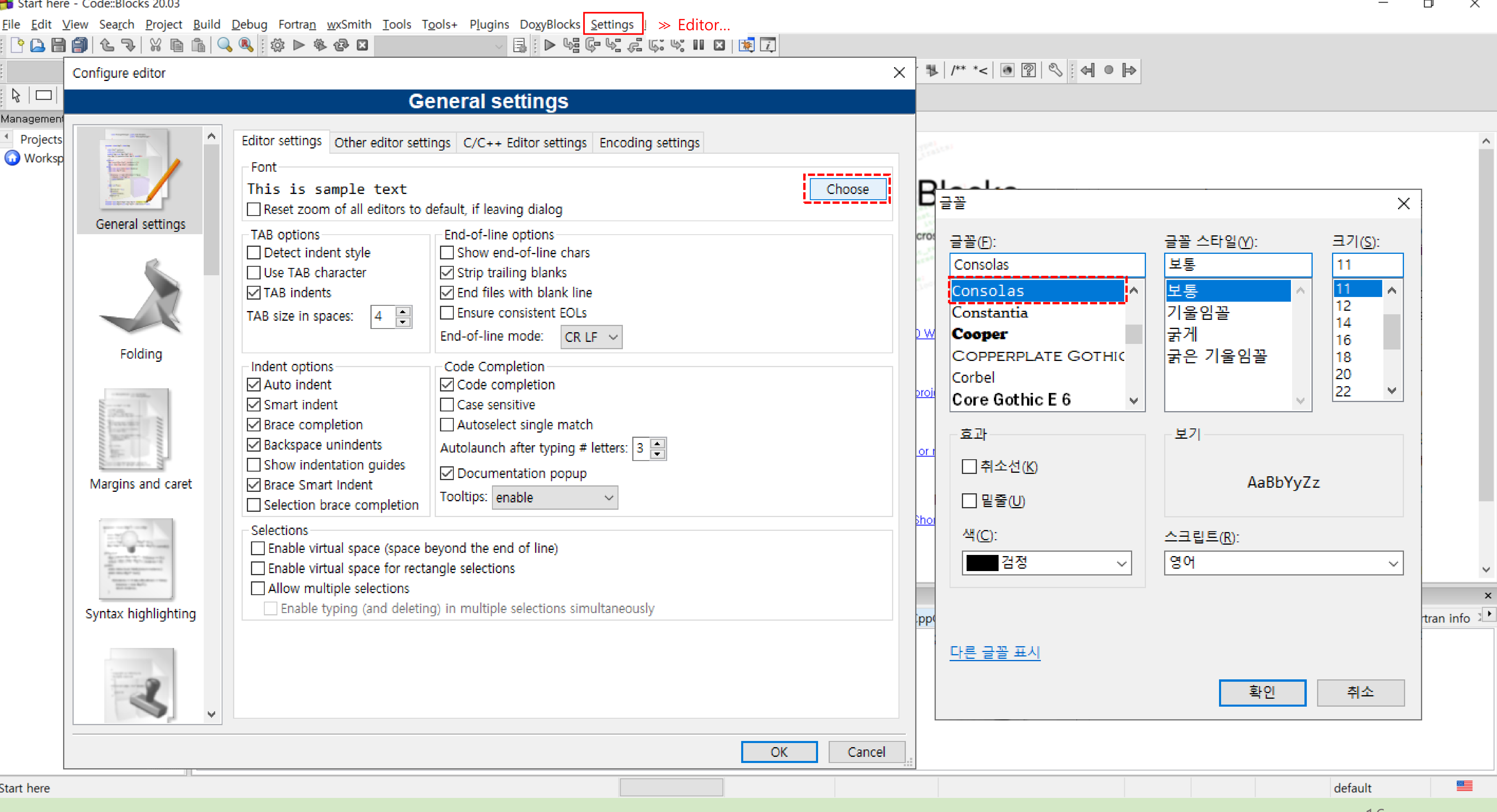
C vs Python

C	Python
Structured programming	Interpreted language
High Speed	Slow speed
Less Library functions	Rich Library
Memory Management done by programmer	Automatic garbage collection
Pointers available	Pointers not Available
Function Renaming not possible	Function Renaming can be done.
Harder syntax	Easy syntax
Architecture language	General purpose language


Start here - Code::Blocks 20.03
File Edit View Search Project Build Debug Fortran wxSmith Tools Tools+ Plugins DoxyBlocks Settings Help
Management
Projects Files FSymbols
Workspace
Start here
Code::Blocks
The open source, cross-platform IDE
Release 20.03 rev 11983 (2020-03-12 18:24:30) gcc 8.1.0 Windows/unicode - 64 bit
Create a new project
Open an existing project
Tip of the Day
Visit the Code::Blocks forums
Report a bug or request a new feature
Recent projects
D:₩MyProjects₩Algorithm₩ShortestPathAll₩ShortestPathAll₩ShortestPathAll.cbp
D:₩MyProjects₩Test₩Test₩Test.cbp
Recent files
Logs & others
Code::Blocks
Search results
Cccc
Build log
Build messages
CppCheck/Vera++
CppCheck/Vera++ messages
Cscope
Debugger
DoxyBlocks
Fortran info
Start here
default


New from template
Projects
Build targets
Files
Custom
User templates
Category:
<All cat
ARM Project
AVR P
D application
Dire pro
Fortran DLL
For applic
GTK+ project
Irrli pro
TIP: Try right-clicking an item
1. Select a wizard type first on the le
2. Select a specific wizard from the m
3. Press Go
Console application
Console
Please select the folder
to be created as well a
Project title:
Folder to create projec
D:₩MyProjects₩Algor
Project filename:
Resulting filename:
<invalid path>
< B
Console application
Console
Please select the compiler to use and which configurations you want enabled in your project.
Compiler:
GNU GCC Compiler
Create "Debug" configuration:
Debug
"Debug" options
Output dir.:
bin₩Debug₩
Objects output dir.:
obj₩Debug₩
Create "Release" configuration:
Release
"Release" options
Output dir.:
bin₩Release₩
Objects output dir.:
obj₩Release₩
< Back
Finish
Cancel


*main.cpp [HelloWorld] - Code::Blocks 20.03
File Edit View Search Project Build Debug Fortran wxSmith Tools Tools+ Plugins DoxyBlocks Settings Help
Build & Run: F9
Management
Projects Files FSymbols
Workspace
HelloWorld
Sources
main.cpp
*main.cpp
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main()
6 {
7 cout << "Hello world!" << endl;
8 return 0;
9 }
10
1 #include <stdio.h>
2
3 int main()
4 {
5 printf("Hello world! \n");
6 retrun 0;
7 }
슬래쉬 역슬래쉬
한글폰트 / ₩
영문폰트 / \
Logs & others
Code::Blocks Search results Cccc Build log Build messages CppCheck/Vera++ CppCheck/Vera++ messages Cscope Debugger DoxyBlocks Fortran info
D:₩MyProjects₩Algorithm₩HelloWorld₩main.cpp C/C++ Windows (CR+LF) WINDOWS-949 Line 10, Col 1, Pos 117 Insert Modified Read/Write default



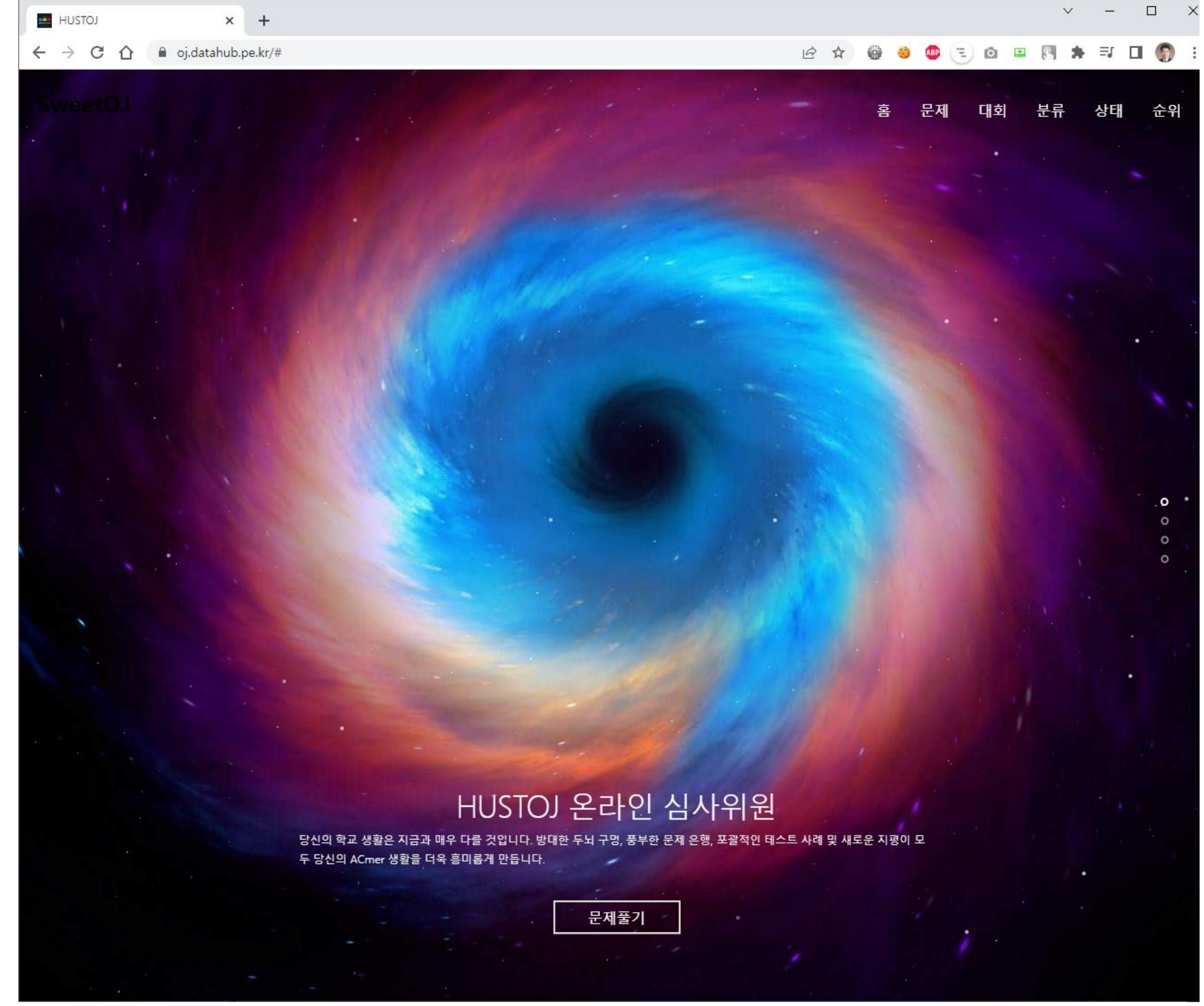
Start here - Code::Blocks 20.03
File Edit View Search Project Build Debug Fortran wxSmith Tools Tools+ Plugins DoxyBlocks Settings
≫ Editor...
Configure editor
General settings
Editor settings
Other editor settings
C/C++ Editor settings
Encoding settings
Font
This is sample text
Choose
Reset zoom of all editors to default, if leaving dialog
TAB options
Detect indent style
Use TAB character
TAB indents
TAB size in spaces: 4
End-of-line options
Show end-of-line chars
Strip trailing blanks
End files with blank line
Ensure consistent EOLs
End-of-line mode: CR LF
Indent options
Auto indent
Smart indent
Brace completion
Backspace unindents
Show indentation guides
Brace Smart Indent
Selection brace completion
Code Completion
Code completion
Case sensitive
Autoselect single match
Autolaunch after typing # letters: 3
Documentation popup
Tooltips: enable
Selections
Enable virtual space (space beyond the end of line)
Enable virtual space for rectangle selections
Allow multiple selections
Enable typing (and deleting) in multiple selections simultaneously
General settings
Folding
Margins and caret
Syntax highlighting
OK
Cancel
글꼴
글꼴(F):
Consolas
Consolas
Constantia
Cooper
COPPERPLATE GOTHIC
Corbel
Core Gothic E 6
글꼴 스타일(Y):
보통
보통
기울임꼴
굵게
굵은 기울임꼴
크기(S):
11
11
12
14
16
18
20
22
효과
취소선(K)
밑줄(U)
색(C):
검정
보기
AaBbYyZz
스크립트(R):
영어
다른 글꼴 표시
확인
취소
Start here
default

Build & Run: F9

```
Hello world!

Process returned 0 (0x0)   execution time : 0.408 s
Press any key to continue.
```

OJ 사용법

- OJ(온라인 저지)란?
  - 프로그래밍 대회에서 프로그램들을 시험할 목적으로 만들어진 온라인 시스템이다. 대회 연습용으로 사용되기도 한다.
  - 본 수업용 OJ
    - https://soj.datahub.pe.kr



Online Judge 프로그램 접속 계정 정보

순번	소속학교	학년	이름	ID	PW
1	남평초등학교	초5	정현재	coi01	ojpw01
2	산성초등학교	초6	김도현	coi02	ojpw02
3	청주대성초등학교	초6	우성윤	coi03	ojpw03
4	남이초등학교	초6	전우재	coi04	ojpw04
5	서전중학교	중2	곽민주	coi05	ojpw05
6	청주동중학교	중2	김제노	coi06	ojpw06
7	청주중앙중학교	중2	반지수	coi07	ojpw07
8	세광중학교	중2	송유근	coi08	ojpw08
9	남성중학교	중2	이다연	coi09	ojpw09
10	원평중학교	중1	김민지	coi10	ojpw10
11	청주중학교	고1	이유준	coi11	ojpw11

ID	PW

2025. 동계 SW·AI 아카데미 강의 계획서

강좌명 강의번호 11 쉽게 시작하는 정보올림피아드 입문과정 with C언어

강사명	박OO	대상	초6~고2
시간	2025. 1. 20.~1. 24. 13:30~17:00	장소	ICT2실
목표	C언어로 작성된 프로그램을 이해하고 기초적인 알고리즘을 구현할 수 있다.		

강 의 계 획

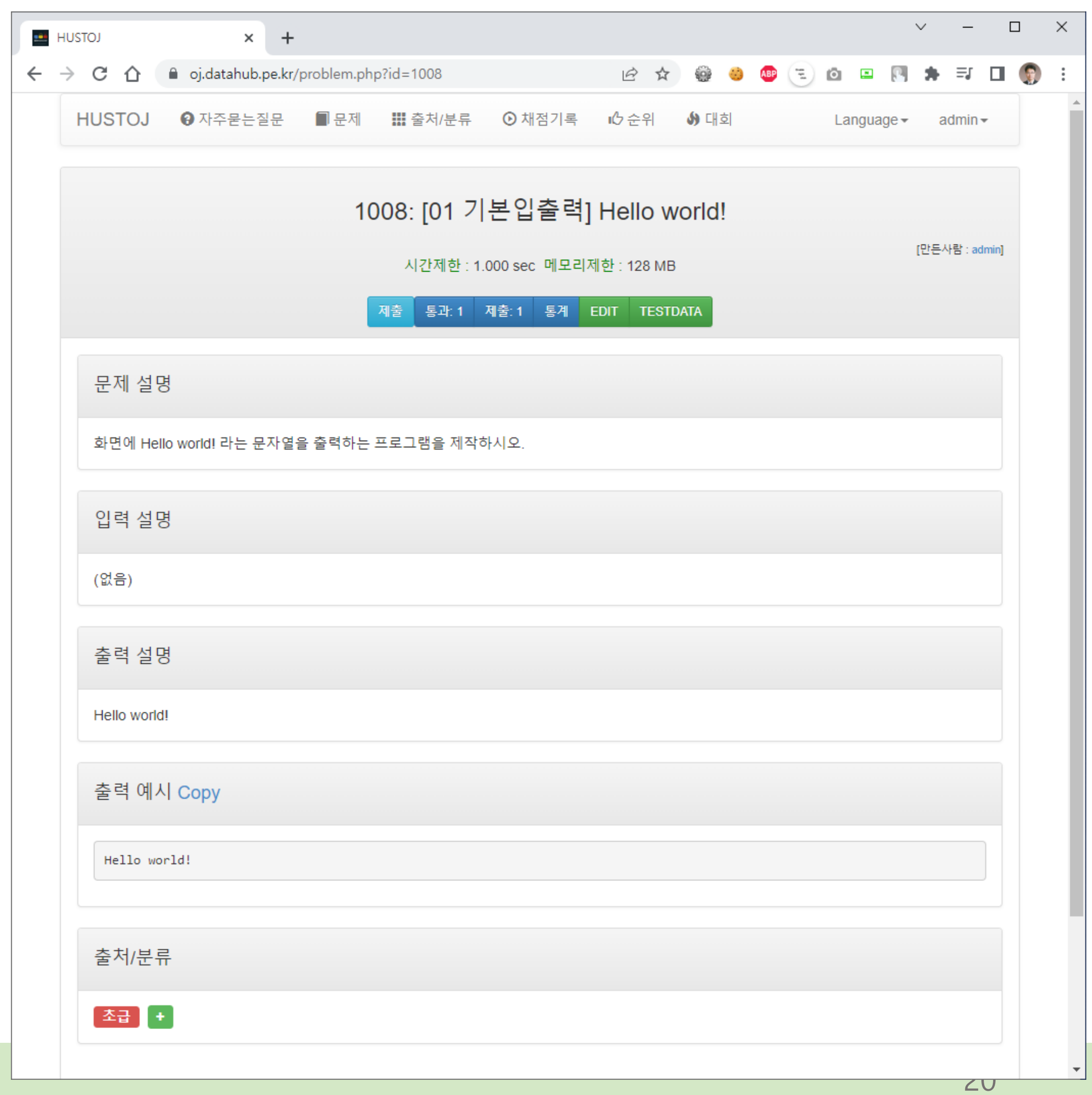
일자	강의 주제 및 내용	비고
2025. 1. 20. 13:30~17:00	▪ C프로그래밍 기초 - 자료형, 변수, 상수 - 기본 입출력 함수의 사용법 - 서식 문자 지정	
2025. 1. 21. 13:30~17:00	▪ 조건문 제어 구조 - if문, if...else문, if...else if...else문 - switch문 - 다중 조건 AND, OR	
2025. 1. 22. 13:30~17:00	▪ 반복문 제어구조 - while 문, do...while문 - for문 - 중첩된 반복문	
2025. 1. 23. 13:30~17:00	▪ 배열과 함수 - 1차원 배열, 다차원 배열, 배열의 순회, SWAP, 정렬 - 함수의 선언과 호출	
2025. 1. 24. 13:30~17:00	▪ 정올 기출 문제 체험 - 선형 탐색 문제 - 탐색공간의 수학적 배제	
참고자료	https://soj.datahub.pe.kr https://dojang.io/	

이런 학생들에게 추천해요	• C언어 프로그래밍을 배워 보고 싶은 학생 • 정보올림피아드 대회에 도전해 보고 싶은 학생

OJ 사용법

- 파일제출
  - CodeBlock 등 IDE에서 프로그램 작성
  - 완성된 프로그램을 OJ에 업로드 후
  - 채점 결과 확인

  - 채점 결과 종류
    - 모두 맞음
    - 틀림 | 정확도: __%
    - 실행중 에러 | 정확도: __%
    - 컴파일 에러



Hello World 예제

- 기본 예제

```
1  #include <stdio.h>
2
3  int main()
4  {
5      printf("Hello world! \n");
6  }
```

```
// 주석문
/*
   여러줄 주석
*/
```

- main() 함수
  - 프로그램의 시작 지점
  - { } 시작과 끝을 의미
- printf("Hello world! \n");
  - printf() 함수: 표준 출력 장치에 출력하는 기능을 하는 함수
  - 인수: "Hello world! \n" 를 printf 라는 함수에 전달
- #include <stdio.h>
  - 표준 입출력 함수들에 대한 정보를 가지고 있는 stdio.h 라는 파일을 불러온다.
- 문장의 끝
  - 함수 내에 존재하는 문장의 끝에는 세미콜론 문자 ; 를 붙여준다.

C언어의 자료형(data type)

- 정수형
  - char
    - (문자형) - 숫자도 저장하지만 주로 문자를 저장함
    - character
  - short
    - short int
  - **int**
    - integer
  - long
    - **long integer**
  - long long
    - 64bit long

수의 표현 방식

- 정수(양수)의 표현 - unsigned

비트	값
0 0 0 0 0 0 0 0	0
0 0 0 0 0 0 0 1	1
0 0 0 0 0 0 1 0	2
0 0 0 0 0 0 1 1	3
0 0 0 0 0 1 0 0	4
:	
0 1 1 1 1 1 1 1	127

비트	값
1 1 1 1 1 1 1 1	255
:	
1 0 0 0 0 1 0 0	132
1 0 0 0 0 0 1 1	131
1 0 0 0 0 0 1 0	130
1 0 0 0 0 0 0 1	129
1 0 0 0 0 0 0 0	128

수의 표현 방식

- 정수 (양수, 음수)의 표현 - signed

양수		음수	
0 0 0 0 0 0 0 0	0	1 1 1 1 1 1 1 1	-1
0 0 0 0 0 0 0 1	1	:	
0 0 0 0 0 0 1 0	2	1 0 0 0 0 1 0 0	-124
0 0 0 0 0 0 1 1	3	1 0 0 0 0 0 1 1	-125
0 0 0 0 0 1 0 0	4	1 0 0 0 0 0 1 0	-126
:		1 0 0 0 0 0 0 1	-127
0 1 1 1 1 1 1 1	127	1 0 0 0 0 0 0 0	-128

1111 1000 (-?)
0000 0111 2의보수

수의 표현 방식

- 큰 수의 표현

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	
:																	
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	32767	$2^{15}-1$
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-32768	-2^{15}

수의 표현 방식

- 더 큰 수의 표현

Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Value
0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	0
0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 1	1
0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 1 0	2
0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 1 1	3
0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 1 0 0	4
0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 1 0 1	5
0 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1	$2^{31}-1$
1 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	-2^{31}

C언어의 자료형(data type)

용도	타입	크기		signed(부호있음)	unsigned(부호없음)
정수형 (문자형)	**char**	1byte	8bit	-2^{7} ~ $2^{7}-1$ (127)	0 ~ $2^{8}-1$ (256)
정수형	short	2byte	16bit	-2^{15} ~ $2^{15}-1$ (≒3.2만)	0 ~ $2^{16}-1$ (≒6.5만)
	int	4byte	32bit	-2^{31} ~ $2^{31}-1$ (≒21억)	0 ~ $2^{32}-1$ (≒42억)
	long	4byte	32bit	-2^{31} ~ $2^{31}-1$ (≒21억)	0 ~ $2^{32}-1$ (≒42억)
	long long	8byte	64bit	-2^{63} ~ $2^{63}-1$ (≒922경)	0 ~ $2^{64}-1$ (≒1844경)
실수형	float	4byte	32bit	3.4×10^{-38} ~ 3.4×10^{38}	
	double	8byte	64bit	1.7×10^{-308} ~ 1.7×10^{308}	

변수 (variable)

- 변수의 의미
  - '변하는 수' 라는 의미
  - 무언가를 기억해야 할 때 사용
  - 자료를 저장하는 공간에 이름은 붙인 것
  - 프로그래머가 이름(변수명)을 결정

- 변수의 사용
  - 선언을 한 뒤부터 사용 가능
  - = 연산자로 값을 할당
  - 선언과 동시에 할당 가능(초기화)
  - 초기화 하지 않으면 쓰레기 값

```c
#include <stdio.h>

int main() {
    // 변수 선언(초기화 없음)
    int age;
    // 변수에 값 할당
    age = 20;

    // 변수 선언(초기화 없음)
    int height;

    // 변수 선언과 동시에 할당
    char blood = 'A';
    // 변수 선언과 동시에 할당
    double pi = 3.14159;
}
```

주소	내용(값)	이름
1001	20	age
1002		
1003		
1004		
1005		height
1006		
1007		
1008		
1009	'A'	Blood
1010	3.14159	pi
1011		
1012		
1013		
1014		
1015		
1016		
1017		

서식문자

```c
#include <stdio.h>

int main() {
    int age;      // 변수 선언
    age = 20;     // 변수에 할당
    int height, weight;
    char blood = 'A';     // 선언과 할당
    double pi = 3.141592;

    printf("age: %d \n", age);
    printf("height: %d \n", height);
    printf("blood: %c \n", blood);
    printf("pi: %lf \n", pi);
    printf("pi: %.2lf \n", pi);
}
```

- 서식문자

서식문자	출력 형태	사용 타입
%c	단일 문자	char
%d	부호 있는 10진 정수	char, short, int
%i	부호 있는 10진 정수, %d와 같음	
%f, %lf	부호 있는 10진 실수	float, double
%s	문자열	char[]
%o	부호 없는 8진 정수	char, short, int,
%u	부호 없는 10진 정수	
%x	부호 없는 16진 정수, 소문자 사용	
%X	부호 없는 16진 정수, 대문자 사용	
%e	e 표기법에 의한 실수	float, double
%lld, %llu	부호 있는, 부호 없는 long long 정수	long long
%g	값에 따라서 %f, %e 둘 중 하나를 선택	float, double
%G	값에 따라서 %f, %G 둘 중 하나를 선택	
%%	% 기호 출력	

printf 함수

- 첫 번째 인수로 전달된 문자열의 서식에 맞게 출력

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int age = 20;
    int year = 2010, month = 10, day = 31;

    printf("my age: %d\n", age);

    printf("my birthday: %d/%d/%d\n", year, month, day);
          //      %d : decimal(10진)
    printf("Good\nmorning\neveryday\n");
          //      \n : new line
}
```

```
my age: 20
my birthday: 2010/10/31
Good
morning
everyday
```

%d 의 의미:
decimial(10진)
10진수로
출력하라는 의미

상수 (constant)

1. 매크로 상수

- #define 문 사용

```c
#include <stdio.h>
#define PI 3.141592

int main() {
   int r = 5;
   double s;
   // 원면적 구하기 코딩방식①
   s = 3.141592*r*r;

   // 원면적 구하기 코딩방식②
   s = PI*r*r;
   printf("%lf\n", s);
}
```

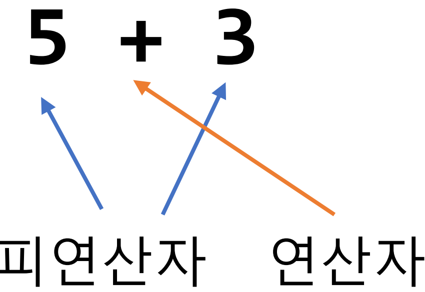
2. 변수의 고정

- const 키워드 사용

```c
#include <stdio.h>

int main() {
   const double PI=3.141592;
   int r = 5;
   double s;
   // 원면적 구하기 코딩방식①
   s = 3.141592*r*r;

   // 원면적 구하기 코딩방식②
   s = PI*r*r;
   printf("%lf\n", s);
}
```

연산자(operator)

- 연산자와 피연산자



- 이항연산자
  - 피연산자가 두 개인 연산자
  - +, -, x, ÷
- 단항연산자
  - 피연산자가 한 개인 연산자
  - -, !, ~

- C언어의 연산자 표기

의미	수학	C언어	비고
덧셈	+	+	
뺄셈	-	-	
곱셈	×	*	v
나눗셈	÷	/	v
나머지		%	
같다	=	==	v
다르다		!=	v
크다	>, ≥	>, >=	
작다	<, ≤	<, <=	
그리고	And	&&	
또는	Or	||	

연산자(operator)

- 대입 연산자와 산술 연산자

연산자	설명	결합방향
=	연산자 오른쪽에 있는 값을 연산자 왼쪽에 있는 변수에 대입한다. 예) num = 20;	←
+	두 피연산자의 값을 더한다. 예) num = 4+3;	→
-	왼쪽 피연산자의 값에서 오른쪽 피연산자 값을 뺀다. 예) num = 4-3;	→
*	두 피연산자의 값을 곱한다. 예) num = 4*3;	→
/	왼쪽의 피연산자 값을 오른쪽 피연산자 값으로 나눈 몫을 구한다. 예) num = 7/3;	→
%	왼쪽의 피연산자 값을 오른쪽 피연산자 값으로 나눈 나머지를 구한다. 예) num = 7%3;	→

연산자(operator)

- 대입 연산자와 산술 연산자 실습

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int n1 = 9, n2 = 2, res;
    res = n1 + n2;
    printf("%d + %d = %d \n", n1, n2, res);
    res = n1 - n2;
    printf("%d - %d = %d \n", n1, n2, res);

    printf("%d * %d = %d \n", n1, n2, n1*n2);
    printf("%d / %d = %d \n", n1, n2, n1/n2);
    printf("%d %% %d = %d\n", n1, n2, n1%n2);
}
```

```
D:\MyProjects\Algorithm\bin\Deb
9 + 2 = 11
9 - 2 = 7
9 * 2 = 18
9 / 2 = 4
9 % 2 = 1
```

연산자(operator)

- 증감 연산자

연산자	연산의 예	의미	결합성
++a	printf("%d", ++a)	선 증가, 후 연산	←
a++	printf("%d", a++)	선 연산, 후 증가	←
--b	printf("%d", --b)	선 감소, 후 연산	←
b--	printf("%d", b--)	선 연산, 후 감소	←

```c
#include <stdio.h>

int main() {
    int a=10;
    printf("%d\n", a++);
    printf("%d\n", ++a);

    int x=2, y=3;
    printf("%d\n", (x++)*(y++));
    printf("%d\n", (x*y));
}
```

선택 D:₩MyProjects₩Algorithm₩STL_Test₩bin₩Deb

```
10
12
6
12

Process returned 0 (0x0)
Press any key to continue.
```

연산자(operator)

- 연산자의 우선순위와 결합방향

<table>
<tr><th>우선순위</th><th colspan="2">연산자유형</th><th>연산자종류</th><th>결합방향</th></tr>
<tr><td rowspan="15">높음
↑
↓
낮음</td><td colspan="2">식, 구조체, 공용체 연산자</td><td>( ) [ ] -> .</td><td>좌 → 우</td></tr>
<tr><td colspan="2">단항 연산자</td><td>! ~ ++ -- - (형명칭) * & sizeof</td><td>좌 ← 우</td></tr>
<tr><td rowspan="10">이항
연산자</td><td>승, 제</td><td>* / %</td><td>좌 → 우</td></tr>
<tr><td>가, 감</td><td>+ -</td><td>좌 → 우</td></tr>
<tr><td>비트 이동</td><td><< >></td><td>좌 → 우</td></tr>
<tr><td>대소 비교</td><td>< <= > >=</td><td>좌 → 우</td></tr>
<tr><td>등가 판정</td><td>== !=</td><td>좌 → 우</td></tr>
<tr><td>비트 AND</td><td>&</td><td>좌 → 우</td></tr>
<tr><td>비트 XOR</td><td>^</td><td>좌 → 우</td></tr>
<tr><td>비트 OR</td><td>|</td><td>좌 → 우</td></tr>
<tr><td>논리 AND</td><td>&&</td><td>좌 → 우</td></tr>
<tr><td>논리 OR</td><td>||</td><td>좌 → 우</td></tr>
<tr><td colspan="2">조건 연산자</td><td>? :</td><td>좌 ← 우</td></tr>
<tr><td colspan="2">대입 연산자</td><td>+ =+ =+ *= /= %=</td><td>좌 ← 우</td></tr>
<tr><td colspan="2">나열 연산자</td><td>,</td><td>좌 → 우</td></tr>
</table>

- 꼭 기억해야할 연산자 우선순위

① ( )

② ++ -- !

③ * / %

④ + -

⑤ =

연산자(operator)

- 연산자 우선순위 실험

```
#include <stdio.h>

int main(void) {
    int a = 10+4*3-1;
    printf("%d \n", a);

    int b = 10+4*(3-1);
    printf("%d \n", b);

    int r=4+5*6/(2+1)+15-5*2;
    printf("%d \n", r);
}
```

```
21
18
19
```

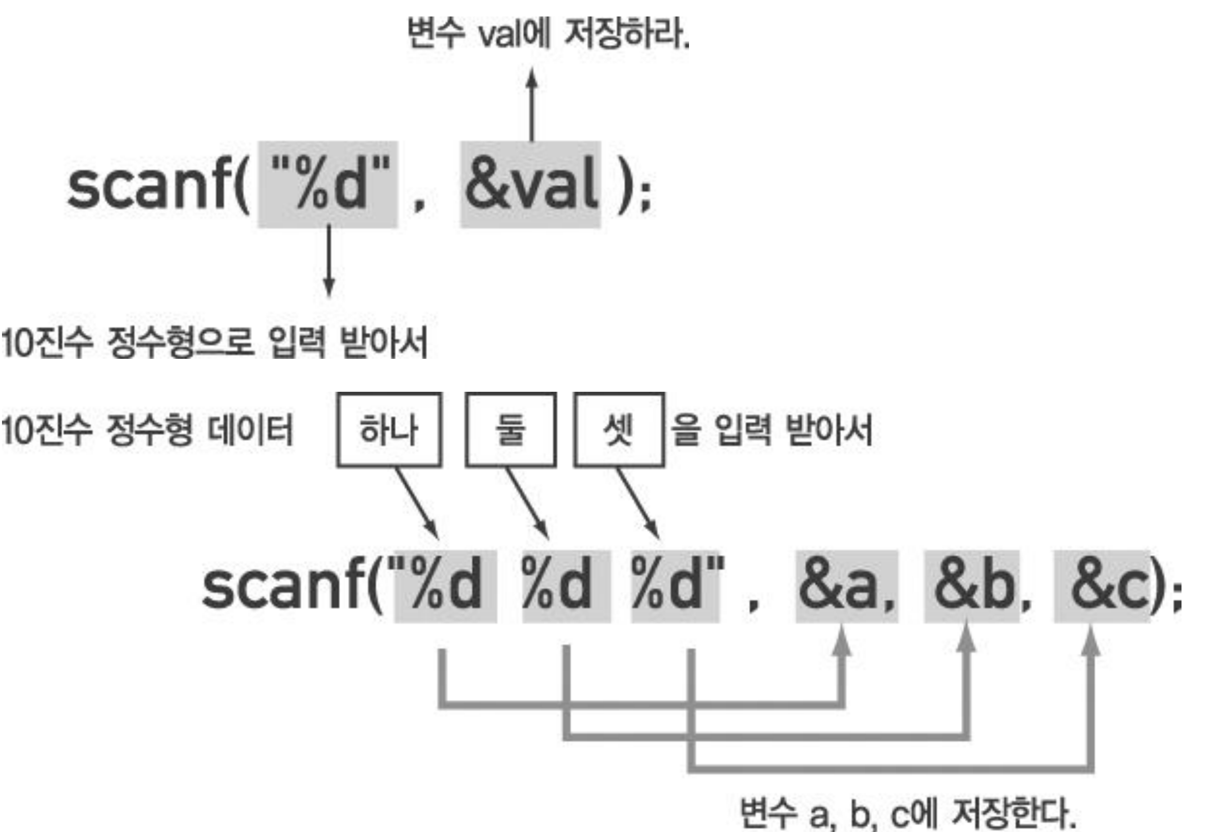
- 연산자 결합방향 실험

```
#include <stdio.h>

int main(void)
{
    int r = 10-1-2-3+4+5;
    printf("%d \n", r);

    int a=3, b=4, c=5, d=6;
    a = b = c = d;
    printf("%d %d %d %d", a,b,c,d);
}
```

```
13
6 6 6 6
```

scanf() 함수를 이용한 입력

- 키보드로부터 정수 입력을 위한 scanf 함수의 호출

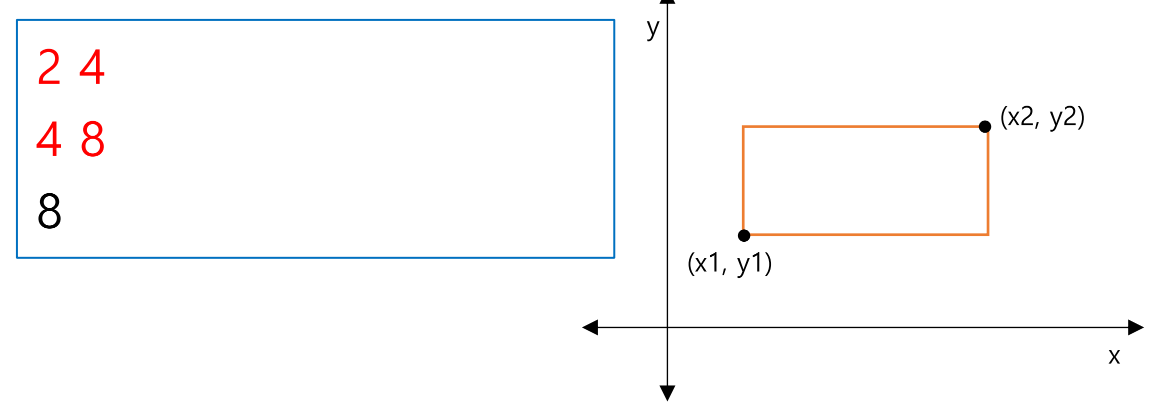


OJ에 제출

```
#include <stdio.h>

int main() {
   int n1, n2;

   printf("input n1: ");
   scanf("%d", &n1);
   printf("input n2: ");
   scanf("%d", &n2);
   printf("%d + %d = %d\n",n1, n2, n1+n2);

   printf("input two nums:\n");
   scanf("%d %d", &n1, &n2);
   printf("%d * %d = %d\n", n1, n2, n1*n2);

   return 0;
}
```

연습문제 – 직사각형의 넓이

- 문제
  - 두 점의 x, y 좌표를 입력 받아서, 두 점이 이루는 직사각형의 넓이를 계산하여 출력하는 프로그램을 작성하시오. (x1<x2, y1<y2)
  - 실행의 예



- 정답

OJ에 제출

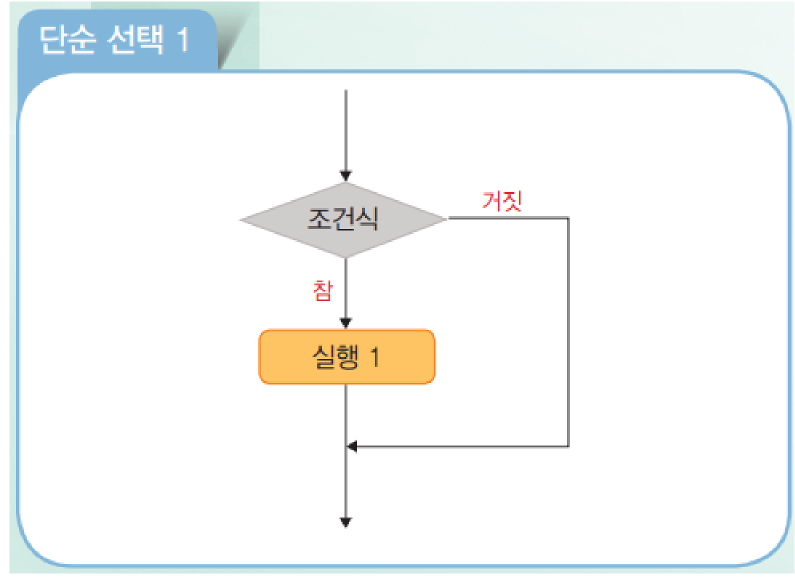
```
#include <stdio.h>

int main() {
    int x1, y1;
    int x2, y2;







}
```

제어문

- 조건문
  - if 문
    - 단순 if
    - if … else
    - if … else if … else
  - switch문
    - case
    - default
- 반복문
  - while 문
  - do…while 문
  - for문
- 기타
  - break 문
  - continue 문

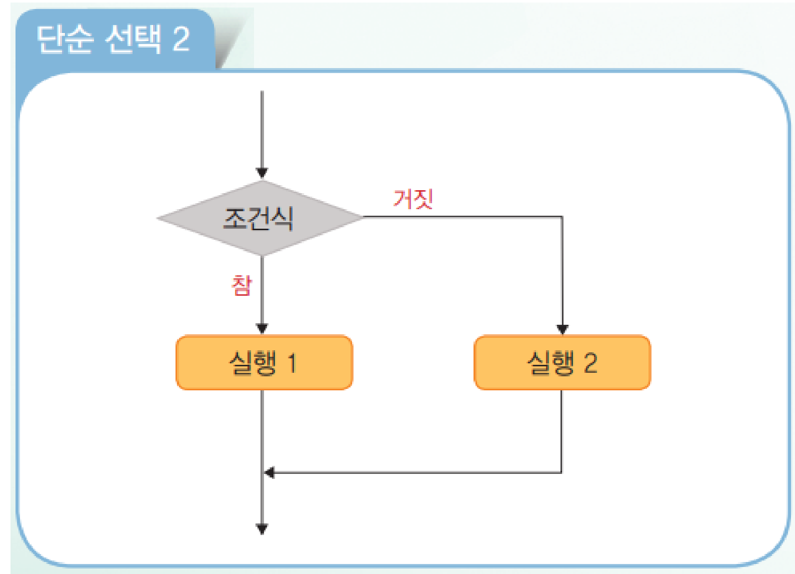
선택 실행 구조

- if 문



- 예시
  - 100점이면 congratulation 출력

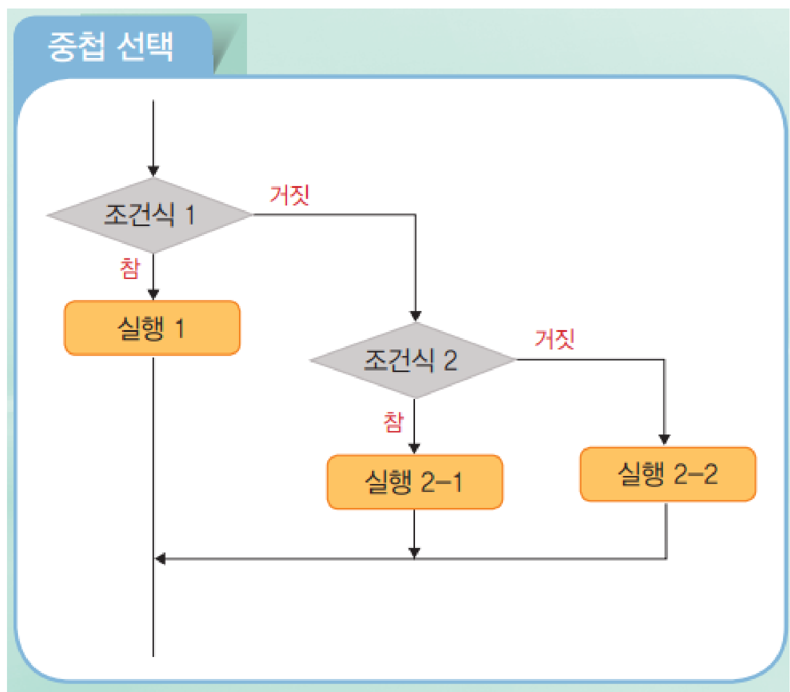
- if … else 문



- 예시
  - 60점 이상이면 "Pass", 아니면 "Fail"

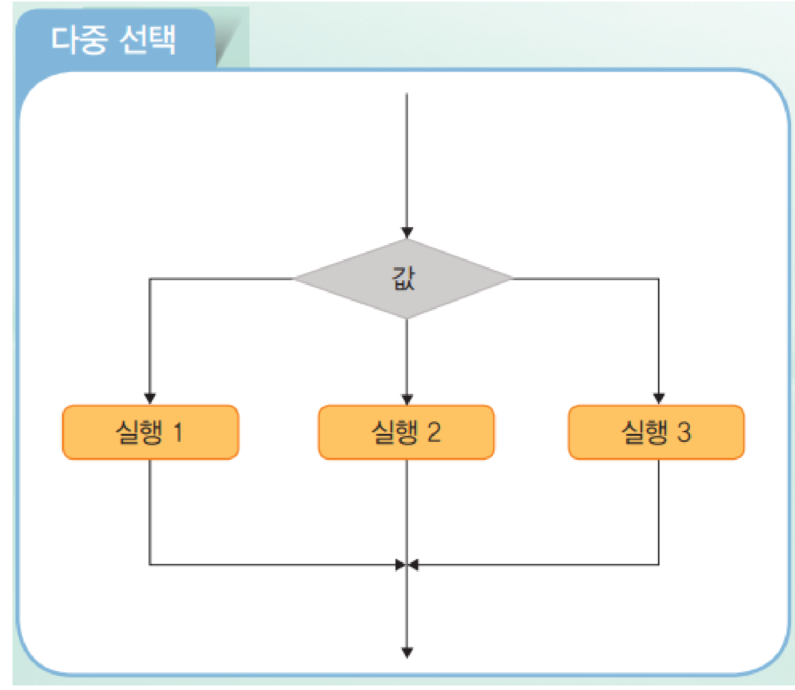
선택 실행 구조

- if … else if … else 문



- 예시
  - 90점 이상이면 A, 80점 이상이면 B,
  - 그 외에는 C

- switch 문



- 예시
  - ↑ : 전진, ← : 좌회전, → : 우회전

조건문 – if

- 단순 if 문
  - 특정 조건을 만족하는 경우 해야 할 일이 있을 때 사용
  - 처리해야 할 명령어가 2개 이상인 경우 반드시 중괄호로 묶어야 함

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int score;
    printf("input score: ");
    scanf("%d", &score);

    if(score == 100)
        printf("Perfect!\n");

    if(score >= 60) {
        printf("You good!\n");
        printf("Test passed.\n");
    }
    return 0;
}
```

```
input score: 100
Perfect!
You good!
Test passed.
```

```
input score: 60
You good!
Test passed.
```

연산자(operator)

- 비교 연산자(관계 연산자)
  - 두 피연산자의 관계(크다, 작다 혹은 같다)를 따지는 연산자
  - true(논리적 참, 1), false(논리적 거짓, 0) 반환

연산자	연산의 예	의미	결합성
==	a == b	a와 b가 같은가	→
!=	a != b	a와 b가 같지 않은가	→
<	a < b	a가 b보다 작은가	→
>	a > b	a가 b보다 큰가	→
<=	a <= b	a가 b보다 작거나 같은가	→
>=	a >= b	a가 b보다 크거나 같은가	→

연산자(operator)

- 비교 연산자(관계 연산자)

```c
#include <stdio.h>

int main() {
    int a=6, b=2;

    printf("%d==%d : %d\n", a, b, a==b);
    printf("%d!=%d : %d\n", a, b, a!=b);
    printf("%d<%d  : %d\n", a, b, a<b);
    printf("%d>%d  : %d\n", a, b, a>b);
    printf("%d<=%d : %d\n", a, b, a<=b);
    printf("%d>=%d : %d\n", a, b, a>=b);
}
```

- 모든 연산자는 계산 결과를 반환한다.
- 비교연산자는 참(true) 이면 1을, 거짓(false)이면 0을 반환한다.

```
D:\MyProjects\Algorithm\bin\Debug\A
6==2 : 0
6!=2 : 1
6<2  : 0
6>2  : 1
6<=2 : 0
6>=2 : 1
```

조건문 – if

- if … else 문
  - 특정 조건을 만족하는 경우 A를 하고 만족하지 않는 경우 B를 수행할 때 사용
  - 점수를 입력 받아 60점 이상이면 'You passed!' 를 아니면 'Failed.' 'Retry it.' 을 출력하는 프로그램을 작성하시오.

```
#include <stdio.h>

int main()
{
    int score;
    printf("input score: ");
    scanf("%d", &score);

    if(score >= 60)
        printf("You passed!\n");
    else {
        printf("Failed.\n");
        printf("Retry it.\n");
    }
    return 0;
}
```

조건문 – if

OJ에 제출

- if … else if … else 문

  - 점수를 입력 받아 90점 이상이면 'A', 80점 이상이면 'B', 70점 이상이면 'C', 그 밖의 경우 'F'를 출력하는 프로그램을 작성하시오.

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int score;
    char grade;
    printf("input score: ");
    scanf("%d", &score);

    if(score >= 90)
        grade = 'A';
    else if(score >= 80)
        grade = 'B';
    else if(score >= 70)
        grade = 'C';
    else
        grade = 'F';

    printf("grade: %c\n", grade);
    return 0;
}
```

연습문제

OJ에 제출

- BMI 계산
  - 체질량지수는 자신의 몸무게(kg)를 키의 제곱(m)으로 나눈 값입니다.
  - 몸무게(kg단위)와 키(cm단위)를 입력받아 BMI를 계산하여 소수점 둘째 자리까지 출력하고,
  - BMI 수치에 따른 결과를 출력하시오.
    - 18.5 미만이면 ‘저체중’
    - 18.5 ~ 23미만이면 '정상'
    - 23.0 ~ 25 미만이면 '과체중'
    - 25.0 이상부터는 '비만'

```
#include <stdio.h>
int main() {
    double w;  // 몸무게
    double h;  // 키
    double bmi;

    scanf("%lf", &w);
    scanf("%lf", &h);

}
```

연산자(operator)

- 논리 연산자
  - and, or, not을 표현하는 연산자
  - true(1), false(0) 반환

연산	C연산자	연산의 예	의미	결합성
AND	&&	a && b	true면 true 리턴	→
OR	||	a || b	하나라도 true면 true 리턴	→
NOT	!	!a	true면 false를, false면 true 리턴	→

조건문 – if

- 필기/실기 모두 60점 이상이어야 합격

```c
#include <stdio.h>

int main() {
    int pilgi, silgi;
    printf("필기와 실기 점수를 입력: ");
    scanf("%d %d", &pilgi, &silgi);

    if(pilgi>=60 && silgi>=60)
        printf("You passed!\n");
    else {
        printf("Failed.\n");
        printf("Retry it.\n");
    }
    return 0;
}
```

- 필기/실기 둘 중 하나만 60점 이상이면 합격

```c
#include <stdio.h>

int main() {
    int pilgi, silgi;
    printf("필기와 실기 점수를 입력: ");
    scanf("%d %d", &pilgi, &silgi);

    if(pilgi>=60 || silgi>=60)
        printf("You passed!\n");
    else {
        printf("Failed.\n");
        printf("Retry it.\n");
    }
    return 0;
}
```

조건문 – if

- 점수가 60점 미만이 아니면 합격

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int score;
    printf("input score: ");
    scanf("%d", &score);

    if( !(score<60) )
        printf("You passed!\n");
    else
        printf("Failed.\n");

    return 0;
}
```

- 필기가 60점미만이 아니고, 실기도 60점 미만이 아니면 합격

```
#include <stdio.h>

int main(){
    int pilgi, silgi;
    printf("필기와 실기 점수를 입력: ");
    scanf("%d %d", &pilgi, &silgi);

    if( !(pilgi<60) && !(silgi<60))
        printf("You passed!\n");
    else
        printf("Failed.\n");

    return 0;
}
```

연습문제

- 두 개의 정수와 한 개의 사칙 연산자를 입력받아 사칙연산 결과를 처리하는 프로그램을 작성하시오.
- 입력되는 모든 숫자는 정수이고, 가운데 연산자는 + - * / % 이외는 없다.

```
예: 10 + 5
계산할 수식을 입력하세요
9 * 5
9 * 5 = 45
```

```c
#include <stdio.h>

int main() {
    int n1, n2, res;
    char op;
    printf("예: 10 + 5\n");
    printf("계산할 수식을 입력하세요\n");
    scanf("%d %c %d", &n1, &op, &n2);










    printf("%d %c %d = %d\n", n1, op, n2, res);
    return 0;
}
```

반복문

- 반복문의 기능
  - 특정 영역을 특정 조건이 만족되는 동안에 반복 실행하기 위한 문장

- 세 가지 형태의 반복문이 제공됨
  1) while문에 의한 반복
     - 몇 번 반복해야 하는지 모를 때 사용, ex) 답 맞출 때까지 계속
  2) do ~ while문에 의한 반복
     - 일단 한번은 실행하고 그 결과에 따라 다시 반복할 수도 있을 때 사용, ex) 메뉴 입력
  3) for문에 의한 반복
     - 반복 횟수가 정해져 있는 경우 주로 사용, ex) 10번 출력

반복문 - while

- 형식

```
while(반복조건)
    반복할 문장;
```

```
while(반복조건) {
    반복할 문장1;
    반복할 문장2;
         :
}
```

- 반복조건이 참인 동안 반복할 문장을 실행

- 예시

n
5

```
int n = 1;
while(n < 5) {
    printf("%d \n", n);
    n++;  // n 1증가
}
```

```
1
2
3
4
```

반복문 - while

- 5회 반복 방법1

```
int c = 0;
while(c < 5) {
    printf("%d \n", c);
    c++;
}
```

```
0
1
2
3
4
```

- 5회 반복 방법2

```
int c = 1;
while(c <= 5) {
    printf("%d \n", c);
    c++;
}
```

```
1
2
3
4
5
```

반복문 - while

- 퀴즈

```
#include <stdio.h>
int main() {
    int num = 10; // 10부터 시작

    puts("Rocket lunch countdown..");
    while(num > 0) {  // 0보다 크면
        printf("%2d \n", num);
        num--;  // 1씩 감소하면서…
    }
    printf("last num:%2d \n", num);
}
```

- 결과

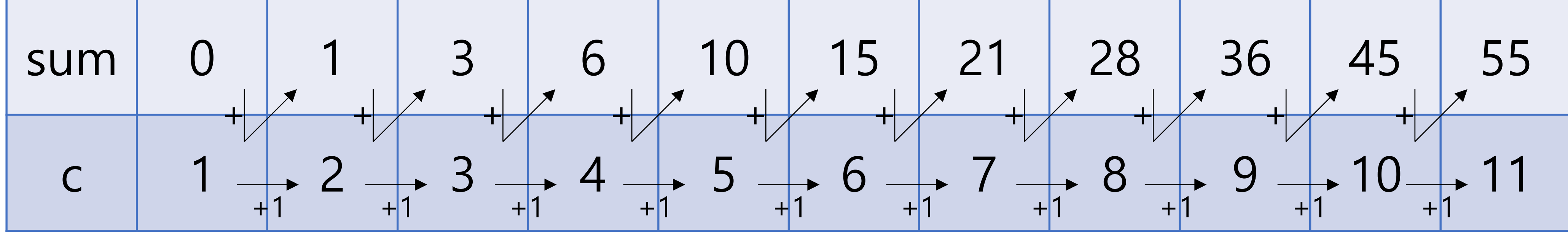
```
Rocket lunch countdown..
10
 9
 8
 7
 6
 5
 4
 3
 2
 1
```

- 카운트 다운 숫자는 얼마까지 출력될까?
- 종료 직전 num 값은? → 0

반복문 - while

- 1부터 10까지 누계 구하기

$$1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10$$



sum	0	1	3	6	10	15	21	28	36	45	55
c	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

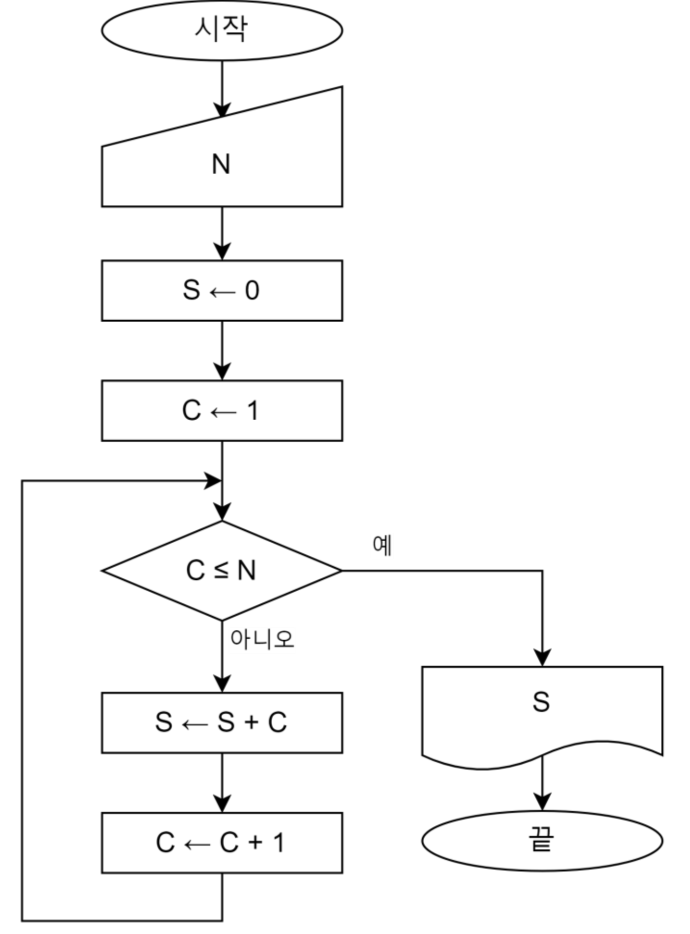
[초기값]
sum = 0
c = 1

```
while(c < 11)
    sum = sum + c
    c = c + 1
```

```
while(c <= 10)
    sum = sum + c
    c = c + 1
```

반복문 - while

- 1부터 10까지 누계 구하기



- 소스코드

```
#include <stdio.h>
int main() {
    int sum=0, c=1;
    while(c <= 10) {
        sum=sum+c;
        c++;
    }
    printf("%d \n", sum);
}
```

- 출력

```
55
```

STEP	sum	c
1	0	1
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		

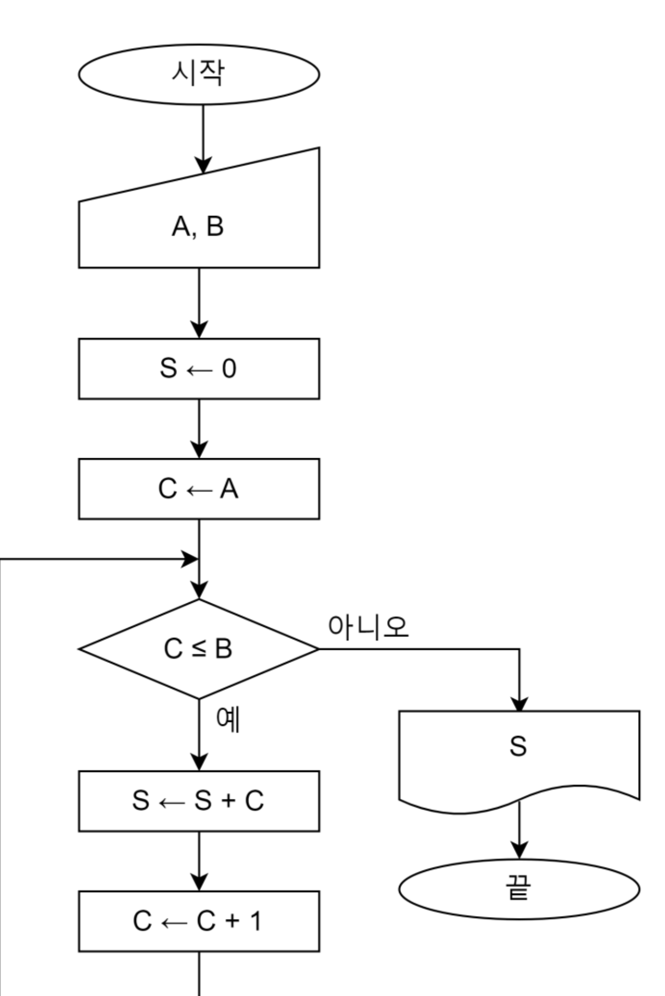
연습문제

- while문을 사용하여 두 정수 a와 b를 입력 받아 a부터 b까지 누계를 구하는 프로그램을 작성하시오.

  (a < b 라고 가정)

  - 예

```
1 10
55
```




```c
#include <stdio.h>

int main() {
    int a, b;




    return 0;
}
```

반복문 – do … while

- 문법

```
do {
    반복할 문장1;
    반복할 문장2;
        :
}
while(반복조건);
```

- while문은 조건을 먼저 확인하고 반복 할지 결정하고,
- do…while문은 일단 한 번 해보고 반복 할지 결정한다.

- 비교

```
int main() {
    int n = 1;
    while(n < 1) {
        printf("%d \n", n);
        n++;
    }
}
```

```
int main() {
    int n = 1;
    do {
        printf("%d \n", n);
        n++;
    }
    while(n < 1);
}
```

소인수로 분해하기

- 문제

  양의 정수 한 개가 입력되었을 때, 그 수를 소인수로 분해하여 출력하는 프로그램을 작성하시오.

- 입력

  양의 정수 한 개가 입력된다. (2이상)

- 출력

  그 수를 소인수로 분해하여 오름차순으로 출력한다.

- 입력과 출력의 예

입력 예	출력 예
420	2 2 3 5 7

```
2 | 420
2 | 210
3 | 105
5 |  35
7 |   7
      1
```

- 프로그램

```
int main() {
    int n;
    scanf("%d", &n);

    int d=2;
    do {




    }
    while(d<=n);
}
```

중첩된 while

- 중첩된 while

```
while(반복조건1) {
    while(반복조건2) {


    }
}
```

- 들여쓰기를 사용하여 반복 내용의 시작과 끝을 명확히 하자!

- 00:00 부터 ~ 05:59 까지 시간 출력

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int hour=0;

    puts("clock time");
    while(hour < 6) {
        int min = 0;
        while(min < 60) {
            printf("%02d:%02d ", hour, min);
            min++;
        }
        printf("\n");
        hour++;
    }
    return 0;
}
```

반복문 - for

- for문 형식

```
for(①초기식; ②조건식; ④증감식) {
    ③반복할 문장;
}
```

- 예시

```
for(int i=0; i<3; i++) {
    printf("%d\n", i);
}
```

- 실행순서

1) ①초기식 ②조건식 ③반복할 문장 ④증감식
2) ②조건식 ③반복할 문장 ④증감식
3) :
4) ②조건식

- 실행순서

①초기식	②조건식	③반복문장	④증감식	i
i=0	i<3	printf(0)	i++	1
	i<3	printf(1)	i++	2
	i<3	printf(2)	i++	3
	i<3			

반복문 - for

- 5회 반복 방법1

```
for(int i=0; i<5; i++) {
    printf("%d\n", i);
}
```

- 출력

```
0
1
2
3
4
```

- 5회 반복 방법2

```
for(int i=1; i<=5; i++) {
    printf("%d\n", i);
}
```

- 출력

```
1
2
3
4
5
```

반복문 - for

- 1부터 15사이 3의 배수 출력

```
#include <stdio.h>
int main() {
   for(int i=3; i<=15; i=i+3)
        printf("%d", i);
}
```

- 출력

```
3
6
9
12
15
```

- 10부터 1까지 카운트다운

```
#include <stdio.h>
int main() {
   puts("Rocket launch countdown…");
   for(int i=10; i>=1; i--)
        printf("%d ", i);
}
```

- 출력

```
Rocket launch countdown…
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
```

반복문 – for 문과 while 문 비교

- for 문

```c
// 1부터 5까지의 합계를 구하는 프로그램
#include <stdio.h>

int main() {
   int sum = 0;
   int n;

   for(n=1; n<=5; n++) {
      sum= sum + n;
      printf("sum of 1 to %d: %2d \n", n, sum);
   }
   return 0;
}
```

- while 문

```c
// 1부터 5까지의 합계를 구하는 프로그램
#include <stdio.h>

int main() {
   int sum = 0;
   int n;

   n=1;
   while(n<=5) {
      sum = sum + n;
      printf("sum of 1 to %d: %2d \n", n, sum);
      n++;
   }
   return 0;
}
```

3의 배수 게임

- 문제

3의 배수 게임을 하던 정올이는 3의 배수 게임에서 작은 실수를 계속해서 벌칙을 받게 되었다.
3의 배수 게임의 왕이 되기 위한 수련 프로그램을 작성해 보자.

** 3의 배수 게임이란?
여러 사람이 순서를 정해 순서대로 수를 부르는 게임이다.
만약 3의 배수를 불러야 하는 상황이라면, 그 수 대신 "박수"를 친다.

- 입력

첫 줄에 하나의 정수 n이 입력된다.
(n은 50미만의 자연수이다)

- 출력

1부터 n까지 순서대로 공백을 두고 수를 출력하는데, 3의 배수(3, 6, 9 ...)인 경우 수 대신 영문 대문자 X 를 출력한다.

- 입력과 출력의 예

입력 예	출력 예
7	1 2 X 4 5 X 7

공약수 찾기

- 문제
  - 입력된 두 자연수의 공약수를 모두 출력하는 프로그램을 작성하시오.
- 입력
  - 첫 번째 줄에 두 자연수 a와 b가 공백으로 분리되어 입력된다.
    (1 ≤ a, b ≤ 2,100,000,000)
- 출력
  - a와 b의 공약수를 작은 수부터 큰 수 순서로 공백으로 분리하여 출력한다.
- 예시

```
8 24
1 2 4 8
```

- 프로그램

```
#include <stdio.h>
int main() {
    int a, b;
    scanf("%d %d", &a, &b);




}
```

약수의 합 구하기

- 문제

  한 정수 n을 입력 받아서 n의 모든 약수의 합을 구하는 프로그램을 작성하시오.

  예를 들어 10의 약수는 1, 2, 5, 10이므로 이 값들의 합인 18이 10의 약수의 합이 된다.

- 입력

  첫번째 줄에 정수 n이 입력된다.

  (단, 1 <= n <= 100,000)

- 출력

  n의 약수의 합을 출력한다

- 입력과 출력의 예

입력 예	출력 예
5	6

입력 예	출력 예
10	18

- 고찰

  n의 약수들을 어떻게 알아낼 수 있을까?

약수의 합 구하기

- 문제

  한 정수 n을 입력 받아서 n의 모든 약수의 합을 구하는 프로그램을 작성하시오.

  예를 들어 10의 약수는 1, 2, 5, 10이므로 이 값들의 합인 18이 10의 약수의 합이 된다.

- 입력

  첫번째 줄에 정수 n이 입력된다.

  (단, 1 <= n <= 100,000)

- 출력

  n의 약수의 합을 출력한다

- 답안 예시

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int n;
    scanf("%d", &n);

    int ans = 0;





    printf("%d\n", ans);
    return 0;
}
```

반복문 – 중첩된 for

1) 한 학급 1번 부터 30번까지 출력한다.

```
int main() {
    for(int n=1; n<=30; n++) {
        printf("%4d ", n);
    }
}
```

2) 열 개 학급에 대하여 출력한다.

```
int main() {
    for(int c=1; c<=10; c++) {
        printf("[%d반]\n", c);
        for(int n=1; n<=30; n++) {
            printf("%4d ", n);
        }
        printf("\n");
    }
}
```

3) 세 개 학년에 대하여 출력한다.

반복문 – 중첩된 for

- 중첩된 for 문을 이용하여 구구단 출력하기

```c
#include <stdio.h>

int main() {
   for(int d=1; d<=5; d++) {   // 1단부터 5단까지
      printf(" %d 단\n", d);
      for(int x=1; x<=9; x++) {      // x1부터 x9까지
         printf("%d x %d = %2d \n", d, x, d*x);
      }
      printf("\n");
   }
   return 0;
}
```

```
 1 단
1 × 1 =  1
1 × 2 =  2
1 × 3 =  3
1 × 4 =  4
1 × 5 =  5
1 × 6 =  6
1 × 7 =  7
1 × 8 =  8
1 × 9 =  9

 2 단
2 × 1 =  2
2 × 2 =  4
2 × 3 =  6
2 × 4 =  8
2 × 5 = 10
2 × 6 = 12
2 × 7 = 14
2 × 8 = 16
2 × 9 = 18

 3 단
3 × 1 =  3
```

반복문 – 중첩된 for

- 연습문제

삼각형의 밑변 길이 정수 a를 입력 받아 중첩된 반복문을 이용하여 아래 그림과 같은 직각 삼각형 모양을 출력하는 프로그램을 작성하시오.

*	1개
**	2개
***	3개
****	4개
*****	5개
******	:
*******	a개

- 정답

```
#include <stdio.h>

int main() {

}
```

```
int main(void) {
```

반복문 – 중첩된 for

- 연습문제

삼각형의 밑변 길이 정수 a를 입력 받아 중첩된 반복문을 이용하여 아래 그림과 같은 직각 삼각형 모양을 출력하는 프로그램을 작성하시오.

`      *`
`     **`
`    ***`
`   ****`
`  *****`
` ******`
`*******`
	공백?+별n개=a개
	∴ ? = a-n

- 정답

```
#include <stdio.h>

int main() {




}
```

```
#include <stdio.h>
```

```
#include <stdio.h>
```

제어문 – break

- break 문
  - switch, for, while, do ~ while문의 영역을 빠져 나오기 위해 사용
  - 가장 가까운 루프를 벗어난다.

- 사용 예
  - 1+2+3+…+n 의 합이 처음으로 100이상이 될 때, 그 때의 합과 n을 구하는 프로그램을 작성하시오.

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int sum=0, n;

    for(n=1; true; n++) {
        sum = sum + n;
        if(sum >= 100)
            break;
    }
    printf("n: %d, sum: %d \n", n, sum);
    return 0;
}
```

소수 판별

- 문제

  3 이상의 자연수(n)가 입력되었을 때, 소수 여부를 판별하는 프로그램을 작성해 보자.

  (3 ≤ n ≤ 1,000,000)

- 입력과 출력 예시

입력 예	출력 예
41	prime
111	composite

7	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7

- 프로그램

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int n;
    scanf("%d", n);



}
```

제어문 – continue

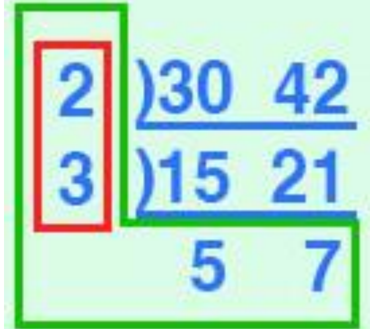
- continue 문
  - 반복문 내에서 사용되며, 남겨진 반복내용을 중단하고 다음 반복을 시작한다.

- 사용 예
  - 1부터 20까지의 정수 중에서 홀수만을 출력하시오. (for, continue 문을 사용할 것.)

```
#include <stdio.h>

int main() {
   int i;
   for(i=1; i<=20; i++)  {
      if(i%2==0)
         continue;
      printf("%3d ", i);
   }
   return 0;
}
```

최대공약수와 최소공배수

- 최대공약수
  - Greatest Common Divisor, GCD
  - 공약수: 여러 수의 공통된 약수
  - 최대공약수: 여러 수의 공약수 중 최대인 수



최대공약수: 2 x 3

최소공배수: 2 x 3 x 5 x 7

- G = gcd(30, 42) = 6
- L = lcm(30, 42) = 210

- 최소공배수
  - Lowest Common Multiple, LCM
  - 공배수: 여러 수의 공통된 배수
  - 최소공배수: 공배수 중 최소인 수

30 = 2 x 3 x 5

42 = 2 x 3 x 7

최대공약수: 2 x 3

최소공배수: 2 x 3 x 5 x 7

- A = 30, B = 42
- A × B = G × L
- 30 × 42 = 6 × 210

최대공약수 구하기

- 문제

  두 수 a, b를 입력 받아 최대공약수를 출력하는 프로그램을 작성하시오.

  예를 들어, 12과 16의 최대공약수는 4이다.

```
30 42
6
```

2	30	42
3	15	21
	5	7

- 고찰
  - while 문이 적합한가?
  - do … while 문이 적합한가?

```
#include <stdio.h>
int main() {
    int a, b;
    scanf("%d %d", &a, &b);

    int d=2, G=1;

    printf("%d\n", G);
}
```

최대공배수 구하기

- 문제

  두 수 a, b를 입력 받아 최대공배수를 출력하는 프로그램을 작성하시오.

  예를 들어, 6과 8의 최소공배수는 24이다.

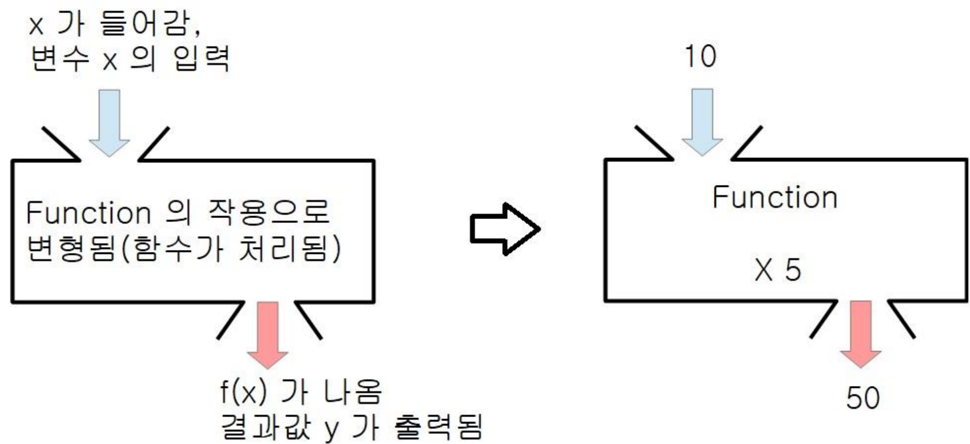
```
6 8
24
```

- 전략
  - 방금 전에 만든 최대공약수 프로그램을 약간 개조하자!

  - A × B = G × L

함수

- 함수(function) 란?
  - 특정한 처리·기능을 수행하는 코드를 하나로 묶어 둔 것.
  - 특정 인자를 받아 결과값을 반환하는 개체를 말하기 때문에 서브루틴(subroutine)이라고도 한다.



- 함수 사용의 효과
  - 코드들을 기능 단위로 묶을 수 있기 때문에 프로그램을 이해하고 만들기 쉽게 한다.
- 함수의 종류
  - 내장 함수
  - 사용자정의 함수
  - 매크로 함수
- 함수=프로시저=메소드

내장 함수

- 헤더파일의 종류

종류	기능	내장함수
stdio.h	표준 입출력 함수 등을 정의	**printf( )**, **scanf( )**, **gets( )**, getchar( ), **puts( )**, putchar( ), fgetc( ), fgets( ), fputc( ), fputs( ), fopen( ), fclose( ) 등
conio.h	직접 콘솔 입출력 함수 등을 정의	getch( ), getche( ), putch( ), cgets( ) 등
math.h	수학 함수와 매크로 정의	sin( ), cos( ), tan( ), exp( ), log( ), **sqrt( )**, **abs( )**, fabs( ), **pow( )**, fmod( ) 등
string.h	문자열 처리 함수 정의	**strlen,()**, **strcat( )**, **strcpy( )**, **strcmp( )**, strncat( ) 등
ctype.h	문자 검사 매크로 정의	isalpha( ), islower( ), isupper( ), tolower( ), toupper( ) 등

사용자 정의 함수

- 형식

```
[함수의 리턴형] 함수명([인수1,인수2…])
{
    문장1;
    문장2;
     …
     …
    문장n;
    [return] [리턴값]
}
```


- 예

```
[리턴형] 함수명 (인수)
int   main () {
        함수의 몸체
}

int add(int a, int b) {
   int sum = a + b;
   return sum;
}

char upper(char ch) {
    return ch-32;
}
```

사용자 정의 함수

- 함수의 형태
  - 인수
    - 없는가?
    - 있는가? 있다면 한 개인가, 두 개인가?
  - 리턴값
    - 없는가?
    - 있는가? (한 개만 리턴 가능)
  - 다양한 형태의 함수 모양이 나올 수 있음

- 형태

인수	리턴	형태
X	X	void func() void func(void)
X	O	int func() double func(void)
O	X	void func(int ar) void func(char c)
O	O	int func(int ar) int func(int a, int b)

사용자 정의 함수

- Case1: 인수 X, 리턴값 X
  - 기능: "Copyright" 출력
  - 함수명: output
  - 인수: 없음
  - 리턴값: 없음

- 함수 구현

```
void output() {
    printf("---------------\n");
    printf(" function test\n");
    printf("---------------\n");
    return;
}
```

사용자 정의 함수

- Case2: 인수 O, 리턴 O
  - 기능: x+y 값을 구한다
  - 함수명: add
  - 인수: x, y 2개

    x:int, y:int
  - 리턴값: x+y

    리턴형: int

- 함수 구현

```
int add(int x, int y) {
    int sum = x + y;
    return sum
}
```

사용자 정의 함수

- 함수의 호출

```
#include <stdio.h>
int add(int x, int y) {
    int sum = x + y;
    return sum;
}

int main() {
    int a=5, b=4;
    int sum=0;

    sum = add(a, b);
    printf("%d \n", sum);
}
```

- 메모리에서 일어나는 일
  - 지역변수는 함수 호출 시 생성 되고, 함수가 종료되면 자동으로 파괴된다.

소속	변수	값
add	sum	9
	y	5
	x	4

copy

소속	변수	값
main	sum	9
	b	5
	a	4

사용자 정의 함수

```c
#include <stdio.h>

int add(int a, int b) {
   int sum = a + b;
   return sum;
}

int pow(int x, int y) {
   int r=1;
   for(int i=1; i<=y; i++)
      r = r*x;
   return r;
}

char upper(char ch) {
    return ch-32;
}
```

```c
void output() {
   printf("---------------\n");
   printf(" function %cest\n", upper('t')); //함수호출
   printf("---------------\n");
   printf("2+3 = %d\n", add(2,3)); //함수호출
   printf("2^3 = %d\n", pow(2,3)); //함수호출
   return;
}

int main() {
   output();  //함수호출
}
```

Debugging: Step into [shift]+F7

```
 2
 3  int add(int a, int b) {
 4      int sum = a + b;
 5      return sum;
 6  }
 7
 8  int pow(int x, int y) {
 9      int r=1;
10      for(int i=1; i<=y; i++)
11          r = r*x;
12      return r;
13  }
14
15  char upper(char ch) {
16       return ch-32;
17  }
18
19  void output() {
20      printf("--------------\n");
21      printf(" function %cest\n", upper('t'));
22      printf("--------------\n");
23      printf("2+3 = %d\n", add(2,3));
24      printf("2^3 = %d\n", pow(2,3));
25      return;
26  }
27
28  int main() {
29      output();
```

step into
디버깅 기능을
통해 함수 호출
순서를
차례대로 관찰

Watches

Function		
a	2	
b	3	
Locals		
sum	5	
ch	Not availab	
a	2	int

```
At D:₩MyProjects₩Algorithm₩HelloWorld₩main.cpp:23
At D:₩MyProjects₩Algorithm₩HelloWorld₩main.cpp:4
At D:₩MyProjects₩Algorithm₩HelloWorld₩main.cpp:5
```

D:₩MyProjects₩Algorithm₩HelloWorld₩main.cpp | C/C++ | Windows (CR+LF) | WINDOWS-949 | Line 5, Col 1, Pos 68 | Insert | Read/Write | default

사용자 정의 함수

```
#include <stdio.h>

int add(int a, int b);
int pow(int x, int y);
char upper(char ch);

void output() {
   printf("---------------\n");
   printf(" function %cest\n", upper('t'));
   printf("---------------\n");
   printf("2+3 = %d\n", add(2,3));
   printf("2^3 = %d\n", pow(2,3));
   return;
}

int main() {
   output();
}
```

함수의
프로토타입을
미리 알려준다

```
int add(int a, int b) {
   int sum = a + b;
   return sum;
}

int pow(int x, int y) {
   int r=1;
   for(int i=1; i<=y; i++)
      r = r*x;
   return r;
}

char upper(char ch) {
    return ch-32;
}
```

Logs & others

Code::Blocks | Search results | Cccc | Build log

File	Line	Message
D:₩MyProjects...	5	error: 'upper' was not declared in this scope
D:₩MyProjects...	5	note: suggested alternative: '_popen'
D:₩MyProjects...	7	error: 'add' was not declared in this scope
D:₩MyProjects...	8	error: 'pow' was not declared in this scope
D:₩MyProjects...	8	note: suggested alternative: 'putw'

지역변수 / 전역변수

- 지역변수
  - 함수 안에서 선언된 변수
  - 해당 함수 안에서만 사용가능
  - 초기값이 쓰레기 값이다
  - 함수가 호출되면 생성되고 함수가 종료되면 사라진다
  - 동일한 이름의 전역/지역변수가 존재하면 지역변수가 우선한다
  - 스택에 저장

- 전역변수
  - 함수 외부에서 선언된 변수
  - 어느 함수에서든 사용가능
  - 초기값이 0 이다
  - 프로그램이 실행 중이면 항상 존재한다
  - 프로그램을 이해하기 어렵게 만드므로 꼭 필요한 경우에만 사용하자
  - 전역공간에 저장

지역변수 / 전역변수

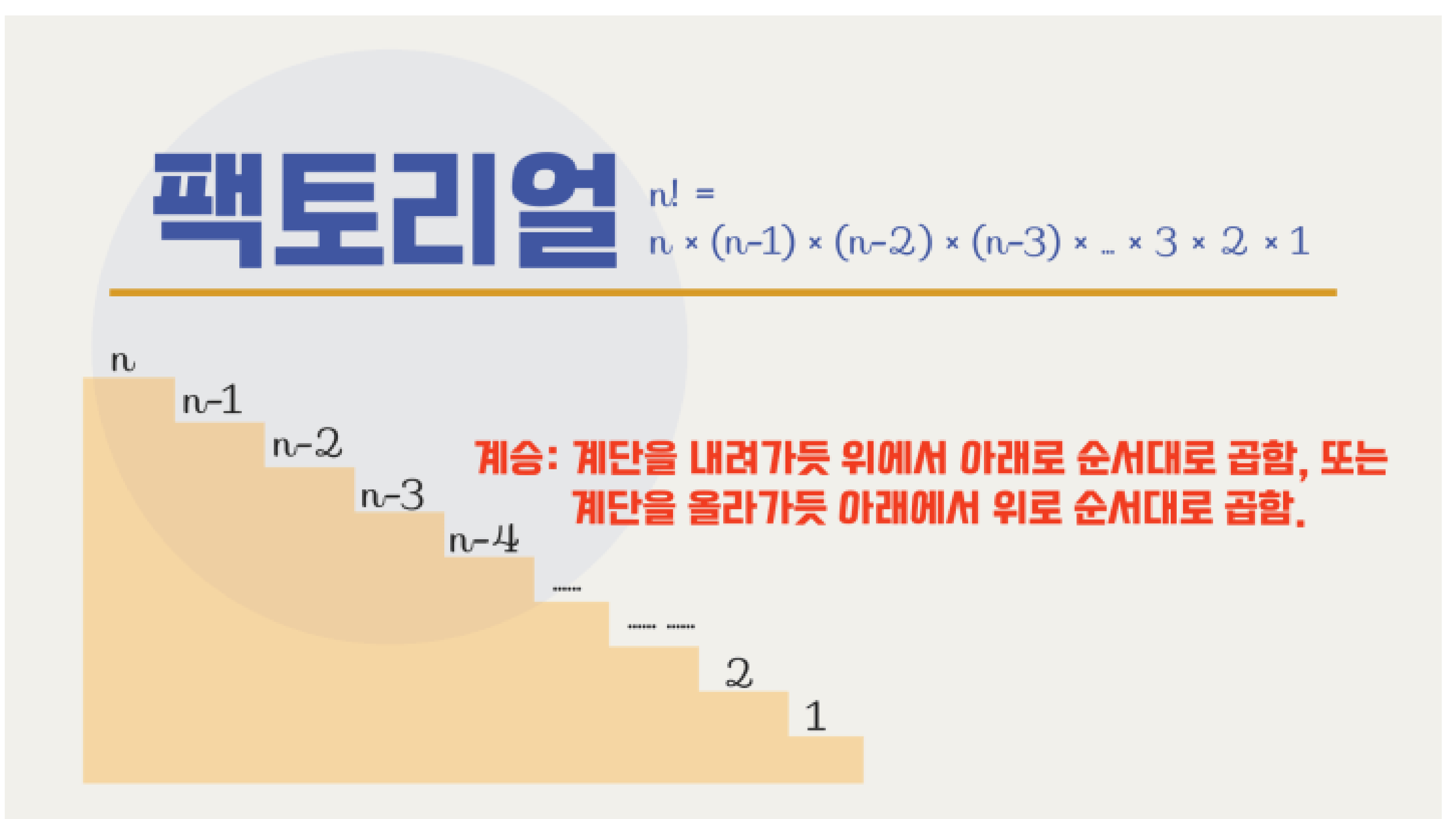
- 지역변수 예시

```c
#include <stdio.h>
// add의 sum과 main의 sum은 동명이인

int add(int a, int b) {
    int sum = a + b;
    return sum;
}

int main(){
    int sum=0;
    add(1, 2);
    printf("%d\n", sum);
}
```

- 전역변수 예시

```c
#include <stdio.h>
// add의 sum과 main의 sum은 동일변수

int sum;
void add(int a, int b) {
    sum = a + b;
}

int main(){
    add(1, 2);
    printf("%d\n", sum);
}
```

팩토리얼 계산



팩토리얼 계산

- 비 재귀적 해결
  - ex) 팩토리얼 계산

```
n! = n x (n-1) x (n-2) x … x 1

5! = 5 x 4 x 3 x 2 x 1 = 120

3! = 3 x 2 x 1 = 6
```

- 답안

```
#include <stdio.h>
int factorial(int n) {

                  ?

    return r;
}
int main() {
    printf("6! = %d\n", factorial(6));
}
```

재귀함수

- 재귀함수
  - 실행 도중 자기 자신을 호출(재귀 호출)하는 함수
  - ex) 팩토리얼 계산

```
5! = 5 x 4 x 3 x 2 x 1
5! = 5 x 4!
         4! =4x3!
               3!=3x2!
                    2!=2x1!
                         1!=1
```

$$f(n) = \begin{cases} n \times f(n-1) & \dots\ n \geq 2 \\ 1 & \dots\ n=1 \end{cases}$$

- 함수 예시
  - 탈출조건이 없으면 무한루프가 되므로 유의

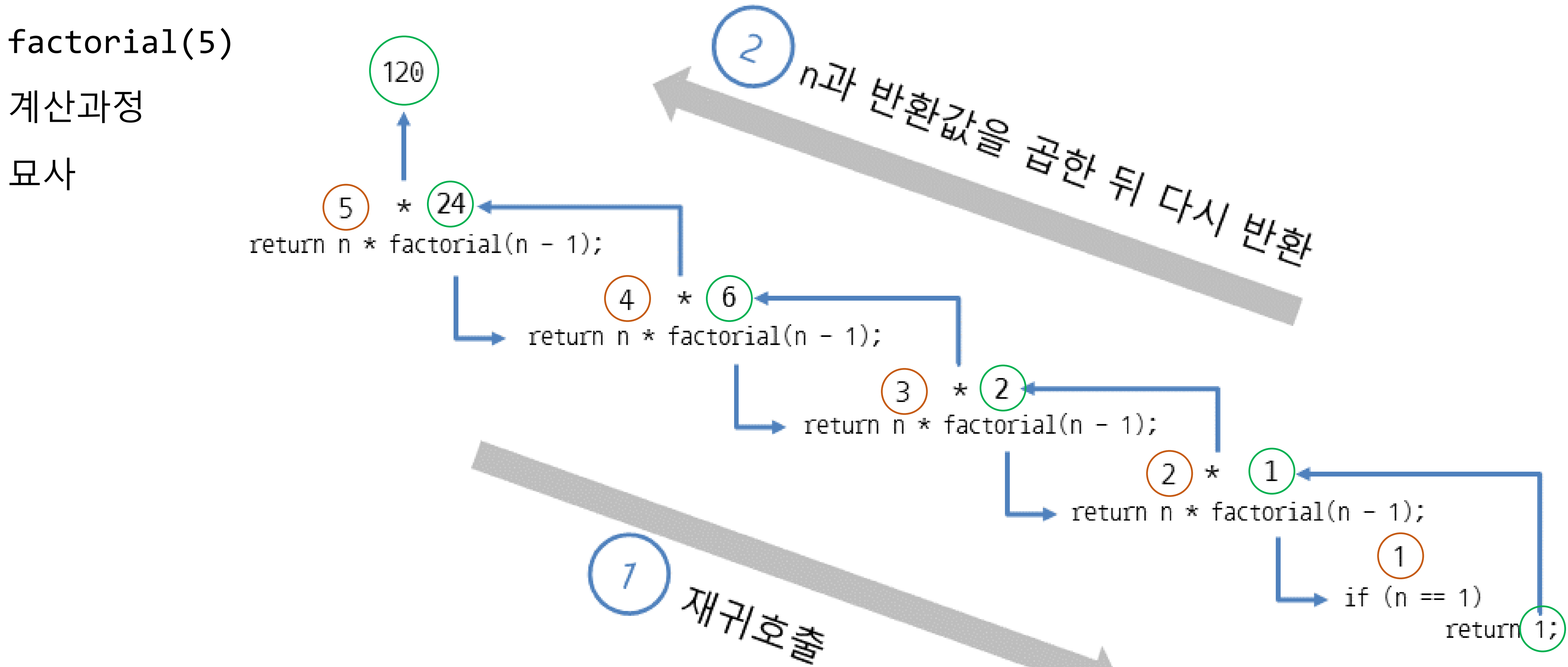
```
int factorial(int n) {
   if(n >= 2)
      return n*factorial(n-1);
   else
      return 1;
}

// 3항 조건 연산자를 활용하여
// 아래와 같이 표현해도 동일한 효과
int factorial(int n) {
   return (n>=2)? n*factorial(n-1) : 1;
}
```

재귀함수

factorial(5)

계산과정

묘사

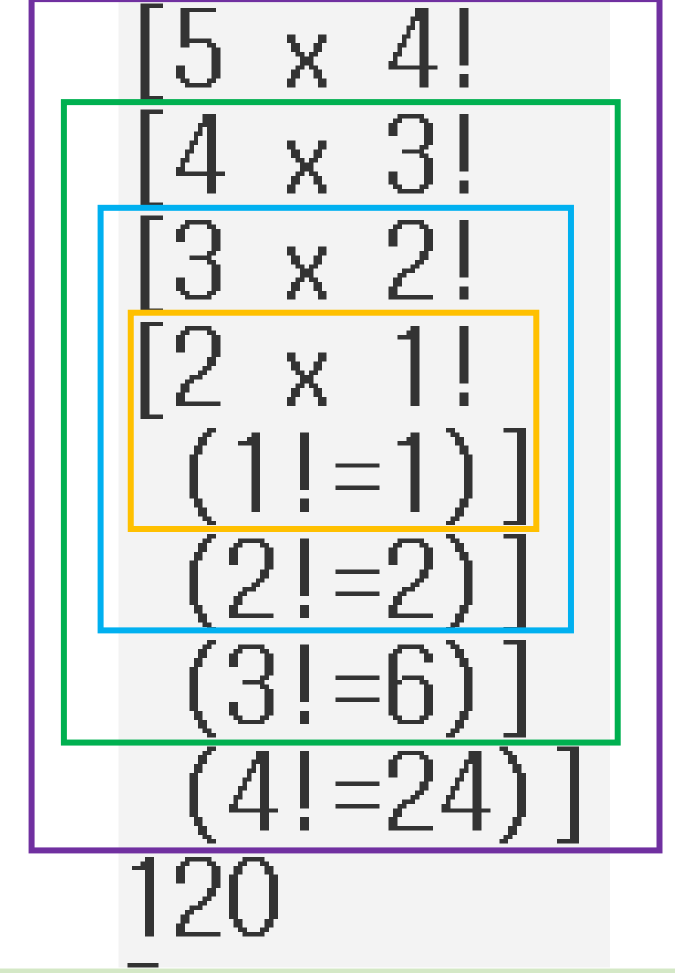


재귀함수

- 재귀함수 호출 관찰

```
#include <stdio.h>

int fact(int n) {
    if(n >= 2) {
        printf("[%d x %d!\n", n, n-1);
        int f = fact(n-1);
        printf(" (%d!=%d)]\n", n-1, f);
        return n*f;
    }
    else
        return 1;
}

int main() {
    printf("%d", fact(5));
}
```

- 함수 예시



재귀함수

```c
#include <stdio.h>
int factorial(int n) {
   printf("%d! = ", n);
   if(n >= 2) {
      printf("%d * %d!\n", n, n-1);
      int ans = n*factorial(n-1);
      printf("%d! returned %d\n", n, ans);
      return ans;
   }
   else
      printf("returned 1\n") ;
      return 1;
}

int main() {
    printf("6! = %d\n", factorial(6));
}
```

```
6! = 6 * 5!
5! = 5 * 4!
4! = 4 * 3!
3! = 3 * 2!
2! = 2 * 1!
1! = returned 1
2! returned 2
3! returned 6
4! returned 24
5! returned 120
6! returned 720
6! = 720
```

재귀 함수 – 연습문제1

- 피보나치 수 찾기
  - 첫째 항 및 둘째 항이 1이며, 그 뒤의 모든 항은 바로 앞 두 항의 합인 수열
  - 처음 여섯 항은 각각 1, 1, 2, 3, 5, 8 이다.
  - 숫자 K를 입력 받아 K번째에 해당하는 피보나치 수를 출력하는 알고리즘을 작성하시오.

- 함수 구현

```
int fibo(int n) {



}
```

재귀 함수 – 연습문제2

▪ 계단을 오르는 방법

- 계단을 한 번에 한 칸 또는 두 칸 만 오를 수 있다고 할 때 n 칸으로 되어 있는 계단 전체를 오르는 방법은 몇 가지가 있는가?

- 힌트1
  - 1칸 계단: 1가지 방법
  - 2칸 계단: 2가지 방법
  - 3칸 계단은?

- 힌트2: n칸 계단에 오르는 방법
  - n-2칸 까지 올라온 다음 두 칸 오른다 +
  - n-1칸 까지 올라온 다음 한 칸 오른다

▪ 함수로 표현

```
예를 들어,
f(n) : n개의 계단일 때 오르는 방법의 수

f(1) = 1
f(2) = 2
f(3) = f(2) + f(1)
f(4) = f(3) + f(2)
f(5) = f(4) + f(3)
         :
f(n) = f(n-1) + f(n-2)
```

연습문제 풀이: 계단오르기

- 고찰

계단	오르는 방법		방법 개수	
(1)	①	①	1	1
(2)	①+① ②	(1)+① ②	1 1	2
(3)	①+② ①+①+①, ②+①	(1)+② (2)+①	1 2	3
(4)	①+①+②, ②+② ①+②+①, ①+①+①+①, ②+①+①	(2)+② (3)+①	2 3	5
(5)	①+②+②, ①+①+①+②, ②+①+② ①+①+②+①, ②+②+①, ①+②+①+①, …	(3)+② (4)+①	3 5	8
(6)	생략 생략	(4)+② (5)+①	5 8	13

- 점화식 표현

f(1) = 1

f(2) = 2

f(3) = 3

f(n) = f(n-2)+f(n-1)

연습문제 풀이: 계단오르기

```c
#include <stdio.h>

int count(int stairs) {







}

int main() {
   int stairs;
   scanf("%d", &stairs);
   printf("%d\n", count(stairs));
}
```

- 함수로 표현

예를 들어,

f(n) : n개의 계단일 때 오르는 방법의 수

$$f(1) = 1$$
$$f(2) = 2$$
$$f(3) = f(2) + f(1)$$
$$f(4) = f(3) + f(2)$$
$$f(5) = f(4) + f(3)$$
$$\vdots$$
$$f(n) = f(n-1) + f(n-2)$$

배열

- 배열
  - 같은 형식의 여러 데이터를 하나의 변수에 긴 띠 모양으로 저장하여 사용하는 자료의 집합체
  - 줄줄이 연결된 타입이 동일한 변수들의 집합

- 선언
  - 형식

    데이터형 배열명[원소의 수]

  - 선언 예

    ```
    int kor[5];
    ```

    kor변수 5개 만듦

    kor[0] ~ kor[4]

  - 배열의 구조
    - 0번 인덱스부터 시작됨에 유의

kor[0]	kor[1]	kor[2]	kor[3]	kor[4]

배열

- 대입

```
kor[0] = 60;
kor[1] = 60;
kor[2] = 60;
kor[3] = 60;
kor[4] = 60;
```

- 반복문 이용한 대입

```
for(i=0; i<5; i++)
    kor[i] = 60;
```

- 초기화

```
int a[5] = {3,2,7,6,9};
int b[] = {3,6,5,4};
int c[5] = {5,8,3};
int d[5] = {4,};
static int e[5];
```

배열

- 배열의 순회1

```c
#include <stdio.h>

int main() {
  int a[10]={1,3,7,6,4,8,9,12,2,10};

  // 0번부터 시작하여 n-1에서 끝남에 유의
  for(int i=0; i<10; i++) {
    printf("%4d", a[i]);
  }
  return 0;
}
```

- 배열의 순회2

```c
#include <stdio.h>

int main() {
  int a[10]={1,3,7,6,4,8,9,12,2,10};
  int i;
  // 0번부터 시작하여 n-1에서 끝남에 유의
  i=0;
  while(i<10) {
    printf("%4d", a[i]);
    i++;
  }
  return 0;
}
```

배열

- 배열의 합

```
#include <stdio.h>

void main() {
  int i, sum=0;
  int a[10]={1,3,7,6,4,8,9,12,2,10};

  for(i=0; i<10; i++) {
    sum = sum + a[i];
  }
  printf("sum = %d\n", sum);
}
```

- 피보나치수

```
#include <stdio.h>

void main() {
  int i, fibo[10]={1,1};

  for(i=2; i<10; i++) {
    fibo[i]=fibo[i-1]+fibo[i-2];
  }

  for(i=0; i<10; i++) {
    printf("%4d\n", fibo[i]);
  }
}
```

숫자 목록에서 수 찾기(선형탐색)

- 문제

  n개로 이루어진 정수 목록에서 원하는 수의 위치를 찾으시오.
  단, 입력되는 정수 목록에 같은 수는 없다.

- 입력

  첫 줄에 한 정수 n이 입력된다.
  (2 <= n <= 100,000)
  둘째 줄에 n개의 정수가 공백으로 구분되어 입력된다.
  (입력되는 모든 정수는 21억 보다 작다)
  셋째 줄에는 찾고자 하는 수가 입력된다.

- 출력

  찾고자 하는 원소의 위치를 출력한다.
  없으면 -1을 출력한다.

- 입력과 출력의 예

입력 예	출력 예
8 1 2 3 5 7 9 11 15 11	7

최댓값 찾기

- 문제

  9개의 서로 다른 자연수가 주어질 때, 이들 중 최댓값을 찾고 그 값이 몇 번째 수 인지를 구하는 프로그램을 작성하시오. 예를 들어, 서로 다른 9개의 자연수가 각각 3, 29, 38, 12, 57, 74, 40, 85, 61 라면, 이 중 최댓값은 85이고, 이 값은 8번째 수이다

- 입력

  첫째 줄부터 아홉째 줄까지 한 줄에 하나의 자연수가 주어진다. 주어지는 자연수 는 100보다 작다.

- 출력

  첫째 줄에 최댓값을 출력하고, 둘째 줄에 최댓값이 몇 번째 수인지를 출력한다.

- 입력과 출력의 예

입력 예	출력 예
3 29 38 12 57 74 40 85 61	85 8

- 출처

  한국정보올림피아드(2007 지역본선 초등부)

SWAP

- 두 변수 내용물을 서로 교환하는 연산

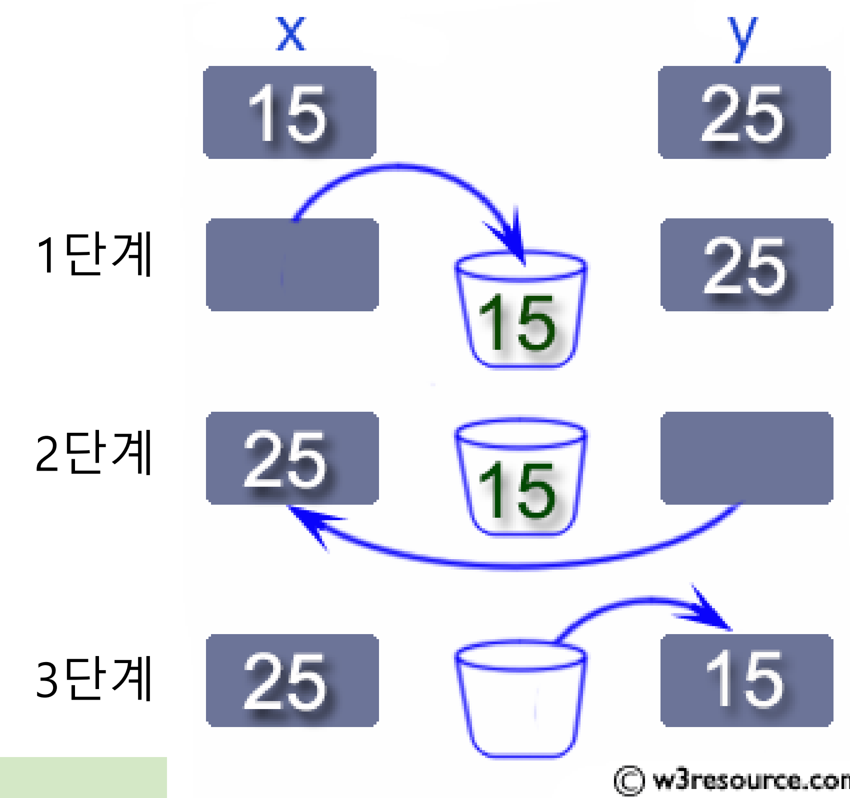
- 잘못된 구현

```c
#include <stdio.h>

int main() {
    int a=5, b=7;
    printf("%d %d\n", a, b);

    a=b;
    b=a;

    printf("%d %d\n", a, b);
    return 0;
}
```

```
5 7
7 7
```

SWAP

- 두 변수 내용물을 서로 교환하는 연산
- 임시 변수가 필요함.



- 올바른 구현

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int a=5, b=7;
    printf("%d %d\n", a, b);

    int t=a;
    a=b;
    b=t;

    printf("%d %d\n", a, b);
    return 0;
}
```

```
5 7
7 5
```

SWAP

- 고급 구현

```
#include <stdio.h>

// C++의 Generic과 참조자를 사용
template <class T>
inline void SWAP(T& a, T& b)
{
    T temp = a;
    a = b;
    b = temp;
}
```

제네릭과 참조자는 본 수업의 범위를 벗어나는 내용이므로 자세한 설명은 생략한다.

```
int main() {
    int a=5, b=7;
    printf("%d %d\n", a, b);

    SWAP(a, b);

    printf("%d %d\n", a, b);
    return 0;
}
```

```
5 7
7 5
```

STL sort() 함수 사용하기

- sort() 함수의 사용
  - C++의 STL 사용
  - #include <algorithm> 필요
  - sort(배열시작, 배열끝, [비교함수])
  - 기본 정렬 방식은 오름차순
- 비교함수(true일 때 SWAP 됨)

```
// 오름차순용
bool asc_order(int a, int b) {
    return a < b;
}
// 내림차순용
bool desc_order(int a, int b) {
    return a > b;
}
```

```
#include <stdio.h>
#include <algorithm>
using namespace std;

void show_array(int a[], int len) {
    for(int i=0; i<len; i++)
        printf("%5d", a[i]);
    printf("\n\n");
}

int main() {
    int a[10] = {7, 5, 8, 1, 4, 9, 2, 10, 6, 3};
    show_array(a, 10);

    sort(a, a+10);                // 오름차순 정렬
    show_array(a, 10);

    sort(a, a+10, desc_order);  // 내림차순 정렬
    show_array(a, 10);
    return 0;
}
```

정렬하여 k번째 수 찾기

- 문제

  n개의 정수를 배열에 입력 받아 정렬한 뒤, k번째로 큰 숫자를 찾는 프로그램을 작성하시오. 만약 네 개의 정수 1, 2, 3, 4가 입력되었다면, 3번째로 큰 수는 2이다.

- 입력

  첫 번째 줄에 입력 받을 자료의 개수 n이 입력된다. 두 번째 줄부터 정수 n개가 한 줄에 하나씩 차례대로 입력된다. 마지막 줄에는 k가 입력된다.

- 출력

  입력된 자료들 가운데 k번째로 큰 숫자를 출력한다.

- 입력과 출력의 예

입력 예	출력 예
4 1 2 3 4 3	2

- 고찰

  이 문제를 풀려면 오름차순 정렬을 사용해야 하는가? 내림차순 정렬을 사용해야 하는가?

에라토스테네스의 체

- 에라토스테네스의 체

1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	32
33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48
49	50	51	52	53	54	55	56
57	58	59	60	61	62	63	64

isPrime[]

idx	0	1	2	3	4	5	6	…
val	1	1	0	0	0	0	0	…

- 소스코드

```
#include <stdio.h>
#define MAX  101
int isPrime[MAX] = {1, 1, 0, };
int main() {
  int cnt=0;
  // 1: 소수아님, 0: 소수
  for(int i=2; i<MAX; i++) {
    if(isPrime[i]==0) { // 현재수만 소수이고
      printf("%5d", i);
      cnt++;
      for(int j=i+i; j<MAX; j+=i) // 배수들은
         isPrime[j]=1;  // 소수아님으로 셋팅
    }
  }
  printf("\n1~100사이 %d개의 소수를 찾아냄\n", cnt);
}
```

에라토스테네스의 체

- 문제

  자연수 a, b 구간 사이에 존재하는 소수의 개수를 알아내는 프로그램을 작성하시오.

- 입력

  두 자연수 a와 b가 공백으로 분리되어 입력된다. (1 ≤ a, b ≤ 500,000,000)

- 출력

  a, b 구간 사이에 존재하는 소수의 개수를 출력한다.

- 입력과 출력의 예

입력 예	출력 예
1 10	4

```
#include <stdio.h>
#define MAX  50000000
char isPrime[MAX+1] = {1, 1, 0, };

int main() {
    int a, b, cnt=0;
    scanf("%d %d", &a, &b);









    printf("%d", cnt);
}
```

다차원 배열

- 2차원 배열의 선언
  - 1차원 배열을 여러 개 겹쳐 놓은 것
  - 행과 열의 평면 구조를 가진 배열
  - 선언

```
데이터형 배열명[행 수][열 수]
```

  - 선언 예

```
int a[4][5];
```

a[0][0]	a[0][1]	a[0][2]	a[0][3]	a[0][4]
a[1][0]	a[1][1]	a[1][2]	a[1][3]	a[1][4]
a[2][0]	a[2][1]	a[2][2]	a[2][3]	a[2][4]
a[3][0]	a[3][1]	a[3][2]	a[3][3]	a[3][4]

- 2차원 배열의 초기화

```
int a[2][3] = {3, 2, 7, 6, 9, 8};
```

3	2	7
6	9	8

```
int b[2][3] = {5,8,3,7};
```

5	8	3
7	쓰레기	쓰레기

```
int c[2][3] = {4, };
```

4	0	0
0	0	0

```
int d[2][3] = { {3, }, {7,6,9} };
```

3	0	0
7	6	9

```
int e[][3] = { {3,2,6}, {7,6,9} };
```

다차원 배열

- 2차원 배열의 순회(행 우선)

```
#include <stdio.h>
#define ROW 3
#define COL 4

int main() {
    int a[ROW][COL] = {
        {1,2,3,4},{5,6,7,8},{9,10,11,12} };

    for(int r=0; r<ROW; r++) {      //행 순회
        for(int c=0; c<COL; c++) { //열 순회
            printf("%4d", a[r][c]);
        }
        printf("\n");
    }
    return 0;
}
```

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12

```
   1   2   3   4
   5   6   7   8
   9  10  11  12
```

- 2차원 배열의 순회(열 우선)

```
#include <stdio.h>
#define ROW 3
#define COL 4

int main() {
    int a[ROW][COL] = {
        {1,2,3,4},{5,6,7,8},{9,10,11,12} };

    for(int c=0; c<COL; c++) {      //열 순회
        for(int r=0; r<ROW; r++) { //행 순회
            printf("%4d", a[r][c]);
        }
        printf("\n");
    }
    return 0;
}
```

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12

```
   1   5   9
   2   6  10
   3   7  11
   4   8  12
```

격자판의 최댓값

- 문제

  <그림1>과 9x9 격자판에 쓰여진 81개의 자연수가 주어질 때, 이들 중 최댓값을 찾고 그 최댓값이 몇 행 몇 열에 위치한 수인지 구하는 프로그램을 작성하시오.

	1열	2열	3열	4열	5열	6열	7열	8열	9열
1행	3	23	85	34	17	74	25	52	65
2행	10	7	39	42	88	52	14	72	63
3행	87	42	18	78	53	45	18	84	53
4행	34	28	64	85	12	16	75	36	55
5행	21	77	45	35	28	75	90	76	1
6행	25	87	65	15	28	11	37	28	74
7행	65	27	75	41	7	89	78	64	39
8행	47	47	70	45	23	65	3	41	44
9행	87	13	82	38	31	12	29	29	80

<그림 1>

예를 들어, 왼쪽과 같이 81개의 수가 주어질 경우에는 이들 중 최댓값은 90이고, 이 값은 5행 7열에 위치한다.

출처: 한국정보올림피아드(2007 지역예선 중고등부)

- 입력

  첫째 줄부터 아홉째 줄까지 한 줄에 아홉 개씩 자연수가 주어진다. 주어지는 자연수는 100보다 작다.

- 출력

  첫째 줄에 최대값을 출력하고, 둘째 줄에 최댓값이 위치한 행 번호와 열번호를 빈칸을 사이에 두고 차례로 출력한다. 최댓값이 두 개 이상인 경우 행 숫자가 가장 작은 위치를 출력한다.

입력 예	출력 예
3 23 85 34 17 74 25 52 65 10 7 39 42 88 52 14 72 63 87 42 18 78 53 45 18 84 53 34 28 64 85 12 16 75 36 55 21 77 45 35 28 75 90 76 1 25 87 65 15 28 11 37 28 74 65 27 75 41 7 89 78 64 39 47 47 70 45 23 65 3 41 44 87 13 82 38 31 12 29 29 80	90 5 7

격자판의 최댓값

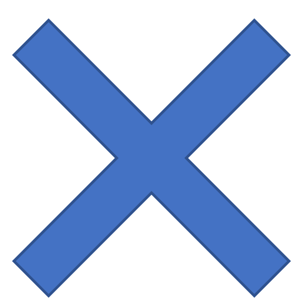
- 문제

```
#include <stdio.h>

#define ROW 9
#define COL 9

int a[ROW][COL];

void input() {
    for(int r=0; r<ROW; r++)
        for(int c=0; c<COL; c++)
            scanf("%d", &a[r][c]);
}
```

```
int main() {
    input();

    int mr, mc, max=-1;










    printf("%d\n", max);
    printf("%d %d\n", mr+1, mc+1);
    return 0;
}
```

알고리즘의 효율성

- 이해의 복잡도
  - difficulty
  - 알고리즘 이해와 구현에 필요한 시간과 노력의 양



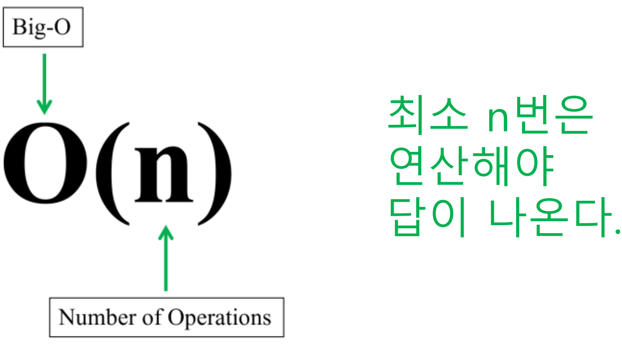
- 시간 복잡도
  - time complexity
  - 문제를 해결하는데 걸리는 시간과의 함수 관계
  - 반복문, 중첩된 반복문의 구조와 개수에 의해 결정

- 공간 복잡도
  - space complexity
  - 문제를 해결하기 위해 필요한 메모리(저장) 공간의 양
  - 변수 및 배열의 개수와 크기에 의해 결정
  - 함수가 호출될 때마다 사용되는 스택 공간이 늘어남

알고리즘의 시간 복잡도

- 빅오(O)표기법
  - 빅오 표기법은 알고리즘의 성능 평가 방법 중 가장 많이 사용하는 방법 중 하나
  - 가장 많이 사용하는 이유는 최악의 성능을 표시하기 때문
  - 최악의 성능 지표는, 적어도 이 정도의 성능은 보장한다는 의미
  - 실행 횟수를 점근적 표기법으로 표시

- 표기 형식



최소 n번은 연산해야 답이 나온다.

- 실행 횟수 계산
  - 프로그램은 첫번째 줄부터 마지막 줄까지 차례로 실행된다고 가정.
  - 헤더 파일은 알고리즘의 성능에 영향을 주지 않는다.
  - 함수 진입, 함수 반환은 알고리즘 성능에 영향을 주지 않는다.

알고리즘의 시간 복잡도

- 프로그램 예시

```
#define N 100                // 영향을 주지 않는다.
#include <stdio.h>           // 영향을 주지 않는다.

void main(int)               // 영향을 주지 않는다.
{
    int sum = 0;             // 실행 횟수: 1회
    int i;                   // 실행 횟수: 1회

    for(i=1; i<=N; i++) {    // 실행 횟수: N+1회
        sum = sum + i;       // 실행 횟수: N회
    }

    printf("sum:%d\n",sum);  // 실행 횟수: 1회
    // 총 횟수: 1 + 1 + N+1 + N + 1 = 2N + 4회
}
```

- 실행 횟수 계산
  - 상수항은 무시
    - $O(101) \rightarrow O(1)$
    - $O(2N+1) \rightarrow O(N)$
  - 지배적이지 않은 항은 무시
    - $O(N^2+N) \rightarrow O(N^2)$
    - $O(N+logN) \rightarrow O(N)$
    - $O(100 \times 2^N + 500N^2) \rightarrow O(2^N)$

- 예시 프로그램의 Big-O: $O(N)$

빅오 표기의 종류

- $O(1)$
  - 상수시간(constant time)
  - 데이터 양과 상관없이 문제 해결에 항상 정해진 시간이 걸림
  - 평가: 최상의 알고리즘
  - 알고리즘 예
    - 정수의 홀짝 판별
    - 가우스의 누계 구하기
      - (시작수+마지막수) x n / 2

- $O(logN)$
  - 로그시간(logarithmic)
  - 데이터 양이 증가 함에 따라 실행 시간이 로그 함수 그래프로 나타남
  - 데이터가 많이 늘어나도 실행시간은 약간만 증가하는 특징
  - 평가: 좋은 알고리즘
  - 알고리즘 예
    - 이진탐색
      - 10개 일때, $\log_2 10$ = 3.x
      - 100개 일때, $\log_2 100$ = 6.x
      - 1000개 일때, $\log_2 1000$= 9.x

빅오 표기의 종류

- $O(N)$
  - 선형시간(linear time)
  - 데이터 양의 증가에 따라 실행 시간이 일차 함수 그래프로 나타남
  - 테이터 증가량과 정비례하여 실행 시간이 증가하는 특징
  - 평가: 준수한 알고리즘
  - 알고리즘 예
    - 정렬되지 않은 배열에서 최댓값 찾기

- $O(N\ logN)$
  - 선형 로그 시간(linearithmic time)
  - 데이터 양의 증가에 따라 실행 시간이 일차 함수 + 로그함수 형태의 그래프로 나타남
  - 데이터의 증가량보다 실행시간이 더 많이 증가하는 특징
  - 평가: 봐줄만한 알고리즘
  - 알고리즘 예
    - 힙 정렬
    - 자이델(Seidel)의 다각형 삼각

빅오 표기의 종류

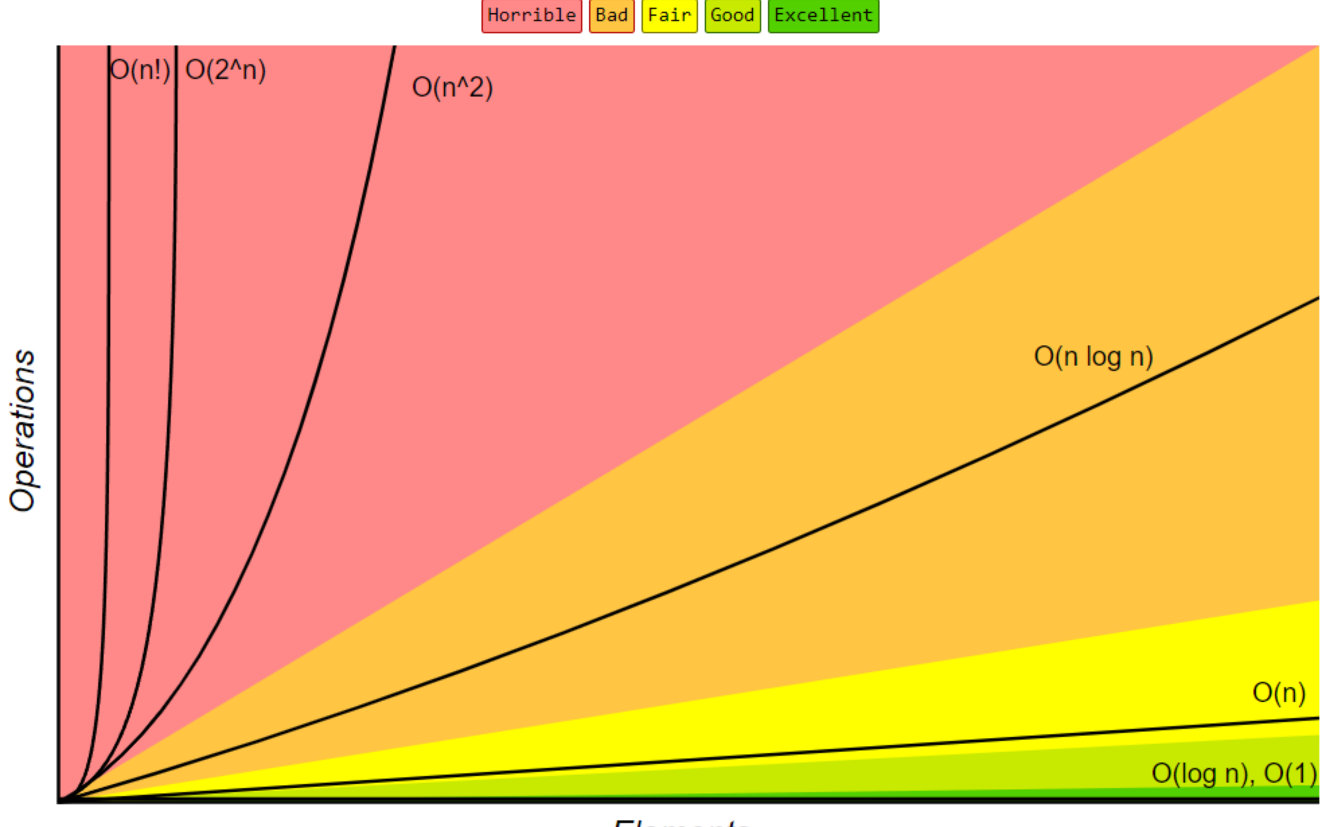
- $O(N^2)$
  - 이차식 시간(quadratic time)
  - 데이터 양의 증가에 따라 실행 시간이 이차 함수(N^2) 그래프로 나타남
  - 테이터 증가량에 제곱으로 비례하여 실행 시간이 증가하는 특징
  - 평가: 나쁜 알고리즘
  - 알고리즘 예
    - 선택정렬
    - 버블정렬
- $O(N^3)$
  - 삼차식 시간(cubic time)
  - 데이터 양의 증가에 따라 실행 시간이 삼차 함수(N^3) 그래프로 나타남
  - 테이터 증가량과 정비례하여 실행 시간이 증가하는 특징
  - 평가: 끔찍한 알고리즘
  - 알고리즘 예
    - 행렬 2개의 무식한 곱셈

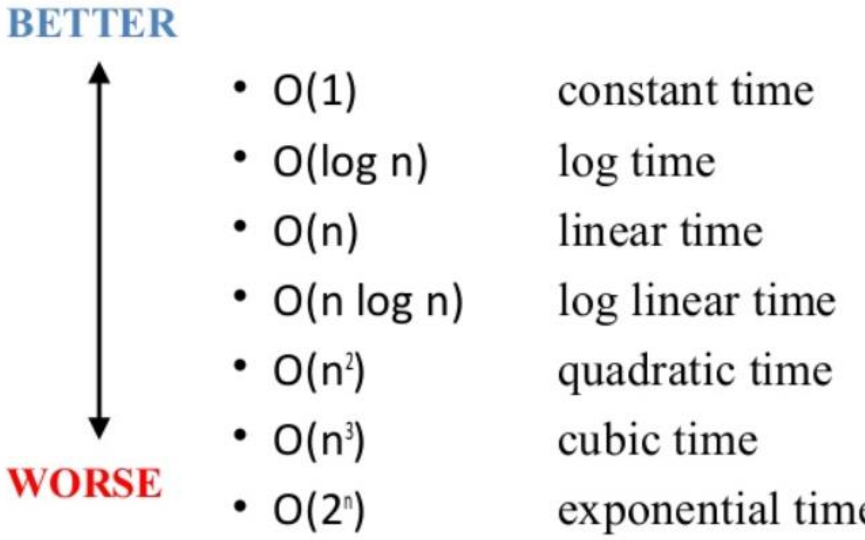
빅오 표기의 종류

- $O(2^N)$
  - 지수 시간(exponential time)
  - 데이터 양의 증가에 따라 실행 시간이 지수 함수(2^N) 그래프로 나타남
  - 테이터 증가량에 따라 실행 시간이 지수 형태로 증가하는 특징
  - 평가: 최악의 알고리즘
  - 알고리즘 예
    - 2^N을 재귀 호출로 계산
- $O(N!)$
  - 계승 시간(factorial time)
  - 데이터 양의 증가에 따라 실행 시간이 팩토리얼 함수($N!$) 그래프로 나타남
  - 평가: 노코멘트
  - 알고리즘 예
    - 브루트포스 탐색을 통한 외판원 문제 해결방법

빅오 표기의 종류

- 알고리즘 성능 비교
  - $O(1) > O(\log N) > O(N) > O(N \log N) > O(N^2) > \ldots > O(2^N) > O(N!)$





시간제한 피하기

- 주어진 입력 N의 크기에 따른 허용 시간 복잡도

N의 크기	시간복잡도
N ≤ 11	O(N!)
N ≤ 25	$O(2^N)$
N ≤ 100	$O(N^4)$
N ≤ 500	$O(N^3)$
N ≤ 3,000	$O(N^2 \log N)$
N ≤ 5,000	$O(N^2)$
N ≤ 1,000,000	O(NlogN)
N ≤ 10,000,000	O(N)
N > 10,000,000	O(logN), O(1)

- 활용 방법
  - 컴퓨터는 대략 1초에 1억회의 연산 수행한다고 가정하고 왼쪽 표를 얻어냄
  - 시간 제한은 대부분 1~5초
  - 입력 데이터가 5000개 이하로 주어진다면 $O(N^2)$ 또는 그보다 빠른 알고리즘을 설계하여 문제를 풀어야 함.
  - 입력 데이터가 25개 이하로 주어진다면 $O(2^N)$ 알고리즘만 되어도 통과 가능할 것임.

DP (동적계획법)

(Dynamic Programming)

다이나믹 프로그래밍(DP)

- DP란?
  - 큰 문제를 작은 문제로 나누어 푸는 문제를 일컫는 말
  - 한 번 계산한 문제는 다시 계산하지 않도록 하는 알고리즘
- DP의 사용조건
  - 최적 부분 구조(Optimal Substructure)

    큰 문제를 작은 문제로 나눌 수 있고, 작은 문제의 답을 모아 큰 문제를 해결할 수 있는 경우를 의미
  - 중복되는 부분 문제(Overlapping Subproblem)

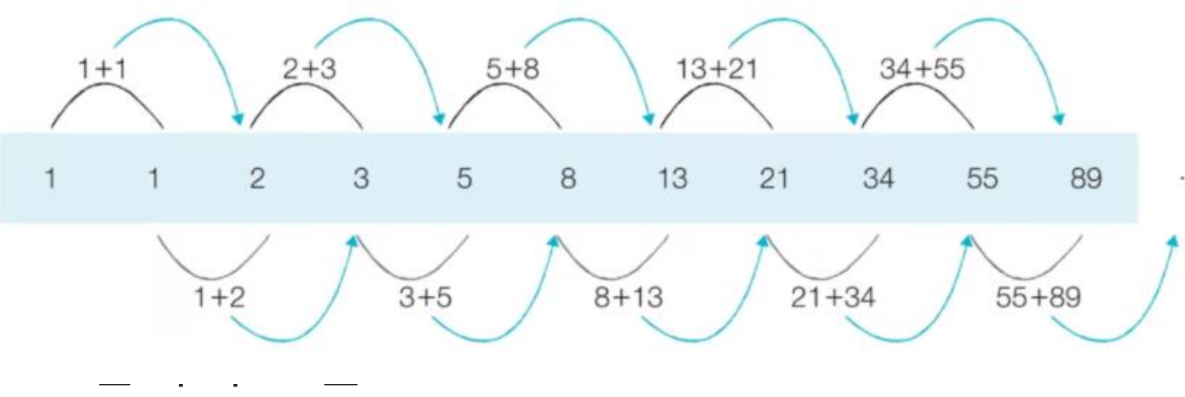
    동일한 작은 문제를 반복적으로 해결해야 하는 경우
- DP 사용하기
  - DP는 특정한 경우에 사용하는 알고리즘이 아니라 하나의 방법론이므로 다양한 문제해결에 사용가능
  - 진행과정

    1) DP로 풀 수 있는 문제인지 확인한다.
    2) 문제의 변수 파악
    3) 변수 간 관계식 만들기(점화식)
    4) 메모하기(memoization or tabulation)
    5) 기저 상태 파악하기
    6) 구현하기

다이나믹 프로그래밍(DP)

- 피보나치 수열

피보나치 수열이란 이전 두 항의 합을 현재의 항으로 설정하는 특징을 가진 수열



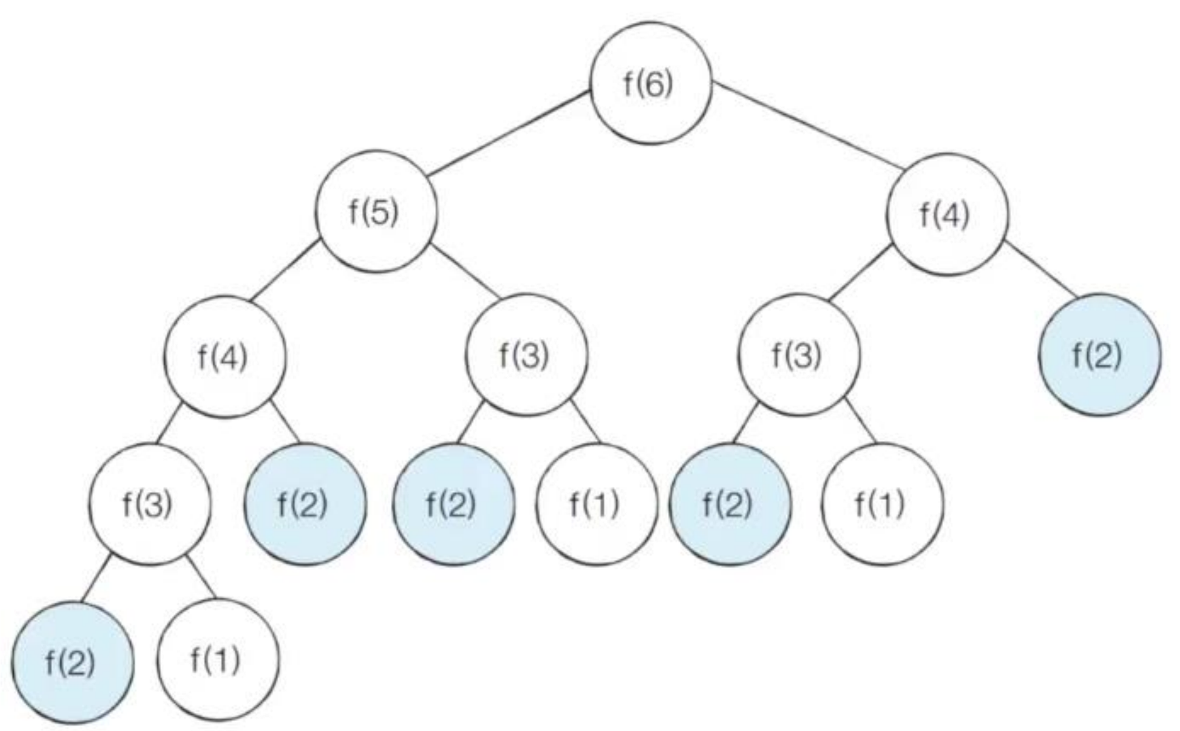
$$\text{Fibo} = \begin{cases} a_1 = 1, \;\; a_2 = 1 \\ a_n = a_{n-1} + a_{n-2} \;\; n \geq 2 \end{cases}$$

- 재귀함수를 통한 피보나치 수열 구현

```c
#include <stdio.h>

int fibo(int x) {
   if(x==1 || x==2)
      return 1;
   else
      return fibo(x-1) + fibo(x-2);
}

int main() {
    printf("%d", fibo(6));
}
```

다이나믹 프로그래밍(DP)

- 재귀함수로 구현했을 때 문제점



- n이 커지면 커질수록 수행시간이 기하급수적으로 늘어난다.
- f(6)을 계산할 때에 그림과 같이 f(2)가 여러 번 호출되는 것을 확인할 수 있다.
- 즉, 같은 연산을 여러 번 수행한다는 뜻이고 이를 '중복되는 부분 문제'라고 하며 이럴 때 DP가 필요하다.
- 피보나치 수열의 시간 복잡도는 $O(n^2)$이다. 예를 들어 f(30)을 계산하기 위해 약 10억 번의 연산을 수행해야 한다.

다이나믹 프로그래밍(DP)

```c
// 재귀함수를 통한 피보나치 수열
// 호출 테스트
#include <stdio.h>

int fibo(int x) {
   if(x==1 || x==2)
      return 1;
   else
      return fibo(x-1) + fibo(x-2);
}

int main() {
    for(int n=1; n<=48; n++) {
        printf("f(%2d)=%10d,   ", n, fibo(n));
        if(n%2==0) printf("\n");
    }
}
```

```
f( 1)=          1,    f( 2)=          1,
f( 3)=          2,    f( 4)=          3,
f( 5)=          5,    f( 6)=          8,
f( 7)=         13,    f( 8)=         21,
f( 9)=         34,    f(10)=         55,
f(11)=         89,    f(12)=        144,
f(13)=        233,    f(14)=        377,
f(15)=        610,    f(16)=        987,
f(17)=       1597,    f(18)=       2584,
f(19)=       4181,    f(20)=       6765,
f(21)=      10946,    f(22)=      17711,
f(23)=      28657,    f(24)=      46368,
f(25)=      75025,    f(26)=     121393,
f(27)=     196418,    f(28)=     317811,
f(29)=     514229,    f(30)=     832040,
f(31)=    1346269,    f(32)=    2178309,
f(33)=    3524578,    f(34)=    5702887,
f(35)=    9227465,    f(36)=   14930352,
f(37)=   24157817,    f(38)=   39088169,
f(39)=   63245986,    f(40)=  102334155,
f(41)=  165580141,    f(42)=  267914296,
f(43)=  433494437,    f(44)=  701408733,
f(45)= 1134903170,    f(46)= 1836311903,
f(47)=-1323752223,    f(48)=  512559680,

Process returned 0 (0x0)   execution time : 44.476 s
Press any key to continue.
```

다이나믹 프로그래밍(DP)

- DP로 피보나치 수열 계산하기
  - DP는 항상 사용할 수 없기 때문에 DP의 사용 조건을 만족하는지 확인 필요
  - DP의 사용조건
    1) 큰 문제를 작은 문제로 나눌 수 있다.
    2) 작은 문제에서 구한 정답은 그것을 포함하는 큰 문제에서도 동일하다.
    - f(30)을 구하기 위해 필요한 f(10) 값이,
    - f(20)을 구하기 위해 필요한 f(10) 값과 동일할 때,

- 메모이제이션(Memoization) 이란?
  - DP를 구현하는 방법 중 한 종류
  - 한 번 구한 결과를 메모리 공간에 메모해 두고 같은 식을 호출하면 메모한 결과를 그대로 가져오는 기법
  - 값을 기록해 놓는다는 점에서 캐싱(Caching)이라고도 한다.

다이나믹 프로그래밍(DP)

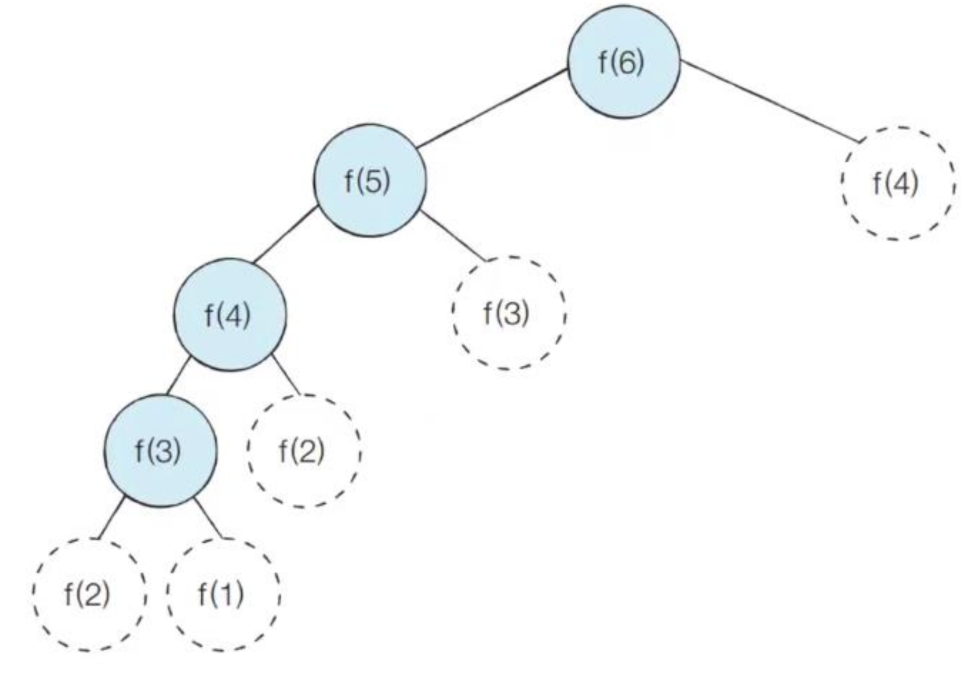
- DP로 피보나치 수열 구현(재귀적)

```
#include <stdio.h>
// 한번 계산한 결과를 메모이제이션 하기 위한 배열
unsigned long long D[100];

unsigned long long fibo(int x) {
   printf("f(%d) ", x);
   if(x == 1 || x == 2) return 1;
   // 이미 계산한 적 있는 문제라면 그대로 반환
   if(D[x] != 0) return D[x];
   // 아직 계산하지 않은 문제라면 계산
   D[x] = fibo(x-1) + fibo(x-2);
   return D[x];
}

int main() {
   printf("\n%llu", fibo(6));
   return 0;
}
```

- 출력 결과

```
f(6) f(5) f(4) f(3) f(2) f(1) f(2) f(3) f(4)
```

- 호출되는 순서



다이나믹 프로그래밍(DP)

- DP 안한 재귀호출

```
#include <stdio.h>

unsigned long long fibo(int x) {
   if(x==1 || x==2)
      return 1;
   else
      return fibo(x-1) + fibo(x-2);
}

int main() {
    printf("%llu", fibo(50));
}
```

```
12586269025
Process returned 0 (0x0)   execution time : 20.853 s
Press any key to continue.
```

- DP 한 재귀호출

```
#include <stdio.h>
unsigned long long D[100];

unsigned long long fibo(int x) {
   if(x <= 2) return 1;

   if(D[x] != 0) return D[x];

   D[x] = fibo(x-1) + fibo(x-2);
   return D[x];
}

int main() {
    printf("%llu", fibo(50));
}
```

```
12586269025
Process returned 0 (0x0)   execution time : 0.033 s
Press any key to continue.
```

다이나믹 프로그래밍(DP)

✓ DP 탑다운(Top-Down) vs 바텀업(Bottom-Up)

- 탑다운(Top-Down)
  - 하향식 (메모이제이션 or 메모 전략) 이라고도 함
  - 큰 문제를 해결하기 위해 작은 문제를 호출하는 방식
  - 여전히 재귀호출을 사용함
  - 점화식을 이해하기 쉬운 장점

- 바텀업(Bottom-Up)
  - 상향식 이라고도 함
  - 가장 작은 문제들부터 답을 구해가며 전체 문제의 답을 찾는 방식
  - 모든 중간 답을 다 찾아냄
  - 재귀 호출을 하지 않기 때문에 시간과 메모리 사용량을 줄일 수 있는 장점

하향식을 사용하든 상향식을 사용하든 계산과 값의 흐름은 언제나 상향이다.

다이나믹 프로그래밍(DP)

- 피보나치 수열 DP 탑다운 구현

```
#include <stdio.h>
unsigned long long D[100];

unsigned long long fibo(int x) {
   if(x==1 || x==2) return 1;

   // 이미 계산한 적 있으면 그대로 반환
   if(D[x] != 0) return D[x];

   // 아직 계산하지 않은 문제라면 계산
   D[x] = fibo(x-1) + fibo(x-2);
   return D[x];
}

int main() {
    printf("%llu", fibo(50));
}

// 하향식 방법이 더 좋은가?
```

- 피보나치 수열 DP 바텀업 구현

```
#include <stdio.h>
#define MAX 100
unsigned long long D[MAX+1];

void dp() {
    D[1] = D[2] = 1;
    for(int i=3; i<=MAX; i++)
        D[i] = D[i-1] + D[i-2];
}

unsigned long long fibo(int x) {
    return D[x];
}

int main() {
    dp();
    printf("%llu", fibo(50));
}
// 상향식 방법이 더 좋은가?
```

다이나믹 프로그래밍(DP)

- 상향식 다이나믹 프로그래밍이 좋지 않은 경우
  - 대부분의 경우 하향식으로 문제를 푸는 것보다 상향식으로 문제를 푸는 것이 좋다. 하향식은 재귀호출로 인해 발생하는 부하 때문에 속도가 더 느리기 때문이다.
  - 하지만 경우에 따라서 하향식 풀이법을 선택해야 할 수도 있다.
  - 하향식 접근 방법은 모든 하위 문제를 풀지 않고 전체 문제의 해답을 얻는데 필요한 하위 문제만을 푼다.
  - 상향식 다이나믹 프로그래밍에서는 전체 문제의 풀이에 도달하기 전 모든 하위 문제에 대해서 계산을 수행한다.
  - 따라서 상향식 방법은 드물게 실제 필요한 것보다 훨씬 더 많은 하위 문제를 풀어야 하는 경우가 있다.
  - 따라서 이를 살펴야 한다.

문제: 계단오르기

5명이 해결한 문제

- 문제

1층에서 2층으로 올라가는 계단을 생각해 보자 여러분은 계단을 어떻게 올라가는가? 안전하게 한 칸, 한 칸씩 오르는가? 아니면 성큼성큼 두 칸씩 오르는가? 아니면 한 칸 또는 두 칸 마음 내키는 대로...? 아마도 수많은 방법이 있을 것이다.

초등학생인 충북이는 아직 다리가 짧아 한 걸음에 계단을 최대 3개까지 오를 수 있다.

충북이가 n개의 계단을 오르는 모든 방법의 수를 계산하는 프로그램을 작성하시오.

예를 들어 2개의 계단으로 구성되어 있다면,

① 한 칸, 한 칸

② 두 칸

위와 같이 두 가지 방법이 존재하고,

예를 들어 3개의 계단으로 구성되어 있다면,

① 한 칸, 한 칸, 한 칸

② 한 칸, 두 칸

③ 두 칸, 한 칸

④ 세 칸

위와 같이 네 가지 방법이 존재한다.

- 입력형식

첫 번째 줄에 계단의 수 자연수 N이 입력된다.

(1 ≤ N ≤ 36)

- 출력형식

첫 번째 줄에 계단을 오르는 방법의 수를 자연수로 출력한다.

입력 예	출력 예
3	4

- 출처: 2023 충북정올 학교예선 초등부 4번

풀이: 계단오르기

- 고찰

계단 수	오르는 방법		방법 개수	
(1)	①	①	1	1
(2)	(1)+① ②	①+① ②	1 1	2
(3)	(1)+② (2)+① ③	①+② ①+①+①, ②+① ③	1 2 1	4
(4)	(1)+③ (2)+② (3)+①	①+③ ①+①+②, ②+② ①+②+①, ①+①+①+①, ②+①+①, ③+①	1 2 4	7
(5)	(2)+③ (3)+② (4)+①	①+①+③, ②+③ 생략 생략	2 4 7	13

- 점화식 표현

f(1) = 1

f(2) = 2

f(3) = 4

f(n) = f(n-3)+ f(n-2)+ f(n-1)

풀이: 계단오르기

```c
// 풀이 1: 재귀 호출
// 계단의 수가 33이 넘어가면 제한시간 1초 내에 해결 불가능
#include <stdio.h>

int methods(int f) {
    if(f == 1)
        return 1;
    else if(f == 2)
        return 2;
    else if(f == 3)
        return 4;
    else
        return methods(f-3)+methods(f-2)+methods(f-1);
}

int main(void) {
    int n;
    scanf("%d", &n);
    printf("%d", methods(n));
    return 0;
}
```

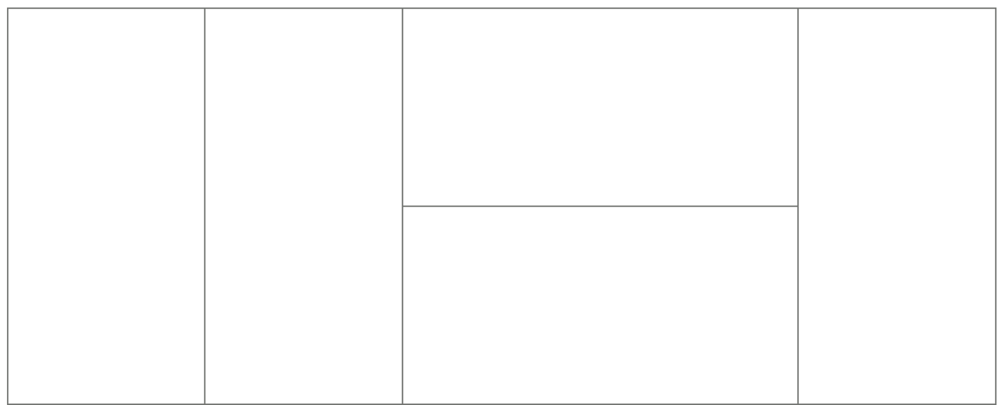
```c
#include <stdio.h>
#define  N  40
int memo[N];

int methods(int f) {









}

int main(void)  {
    int n;
    scanf("%d", &n);
    printf("%d", methods(n));
    return 0;
}
```

타일링

- 문제

2×n 크기의 직사각형을 1×2, 2×1 타일로 채우는 방법의 수를 구하는 프로그램을 작성하시오.

아래 그림은 2×5 크기의 직사각형을 채운 한 가지 방법의 예이다.



- 입력값

첫째 줄에 n이 주어진다. (1 <= n <= 1,000)

- 출력값

첫째 줄에 2×n 크기의 직사각형을 채우는 방법의 수를 10,007로 나눈 나머지를 출력한다.

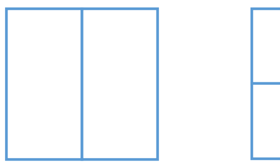
입력 예	출력 예
3	3

입력 예	출력 예
9	55

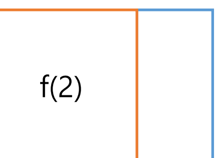
타일링

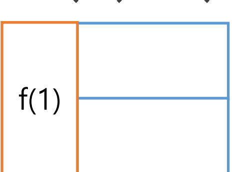
- n이 1일 때, f(1)=1가지

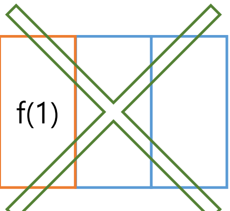
- n이 2일 때, f(2)=2가지



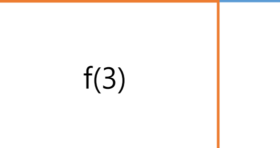
- n이 3일 때, f(3)=f(2)+f(1)

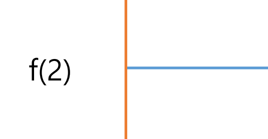






- n이 4일 때, f(4)=f(3)+f(2)





- 풀이 - 재귀함수

```
#include <stdio.h>

int f(int x) {
    if(x == 1)
        return 1;
    if(x == 2)
        return 2;

    return (f(x-1)+f(x-2))%10007;
}

int main() {
    int n;
    scanf("%d", &n);
    printf("%d\n", f(n));
}
```

```
50
5542

Process returned 0 (0x0)   execution time : 45.680 s
Press any key to continue.
```

타일링

- 풀이 – DP(하향식)

```
#include <stdio.h>
int d[1001];

int f(int x) {
    if(x == 1)
        return 1;
    if(x == 2)
        return 2;

    if(d[x] != 0) return d[x];
    return d[x] = (f(x-1)+f(x-2)) % 10007;
}

int main() {
    int n;
    scanf("%d", &n);
    printf("%d\n", f(n));
}
```

```
1000
1115

Process returned 0 (0x0)   execution time : 0.193 s
Press any key to continue.
```

- 풀이 – DP(상향식)

```
#include <stdio.h>
#define MAX  1000

int d[MAX+1];

int main() {
    int n;
    scanf("%d", &n);

    d[1] = 1;
    d[2] = 2;

    for(int x=3; x<=MAX; x++)
        d[x] = (d[x-1]+d[x-2]) % 10007;

    printf("%d\n", d[n]);
}
```

```
1000
1115

Process returned 0 (0x0)   execution time : 0.013 s
Press any key to continue.
```

타일링Ⅱ

- 문제

2×n 직사각형을 1×2, 2×1과 2×2 타일로 채우는 방법의 수를 구하는 프로그램을 작성하시오.

아래 그림은 2×17 직사각형을 채운 한가지 예이다.

- 입력값

첫째 줄에 n이 주어진다.

(1 <= n <= 1,000)

- 출력값

첫째 줄에 2×n 크기의 직사각형을 채우는 방법의 수를 10,007로 나눈 나머지를 출력한다.

입력 예	출력 예
8	171

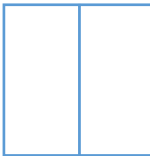
입력 예	출력 예
12	2731

- 출처: baekjoon

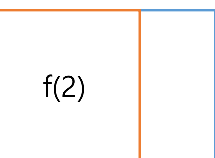
타일링Ⅱ

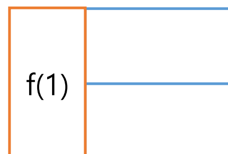
- n이 1일 때, f(1)=1가지

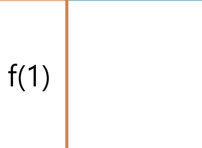
- n이 2일 때, f(2)=3가지



- n이 3일 때, f(3)=







- n이 4일 때, f(4)=

f(2)

f(2)

- 풀이 - 재귀함수

```
#include <stdio.h>

int f(int x) {
    if(x == 1)
        return 1;
    if(x == 2)
        return 3;

    return (f(x-1) + 2*f(x-2))%10007;
}

int main() {
    int n;
    scanf("%d", &n);
    printf("%d\n", f(n));
}
```

타일링Ⅱ

- 풀이 – DP(하향식)

```c
#include <stdio.h>

int d[1001];

int f(int x) {
    if(x == 1)
        return 1;
    if(x == 2)
        return 3;

    if(d[x] != 0) return d[x];
    return d[x] = (f(x-1)+2*f(x-2)) % 10007;
}

int main() {
    int n;
    scanf("%d", &n);
    printf("%d\n", f(n));
}
```

- 풀이 – DP(상향식)

```c
#include <stdio.h>
#define MAX  1000

int d[MAX+1];

int main() {
    int n;
    scanf("%d", &n);

    d[1] = 1;
    d[2] = 3;

    for(int x=3; x<=MAX; x++)
        d[x] = (d[x-1]+2*d[x-2]) % 10007;

    printf("%d\n", d[n]);
}
```

거스름돈Ⅱ

- 문제

N가지 종류의 화폐가 있다. 이 화폐들을 최소한으로 이용해서 거스름돈 M원을 만들려고 한다. 이 때 각 화폐는 몇 개라도 사용할 수 있으며, 사용한 화폐의 구성은 같지만 순서만 다른 것은 같은 경우로 구분한다.

예를 들어 2원, 3원 단위의 화폐가 있을 때, 15원을 만들기 3원을 5개 사용하는 것이 가장 최소한의 화폐 개수이다.

입력 예 1	출력 예 1
2 15 2 3	5

- 입력값

첫째 줄에 M, N이 주어진다.

(1 <= N <= 100, 1 <= M <= 10,000)

이후의 N개의 줄에는 각 화폐의 가치가 주어진다. 화폐의 가치는 10,000보다 작거나 같은 자연수 이다.

- 출력값

첫째 줄에 경우의 X를 출력한다.

불가능할 때는 -1을 출력한다.

입력 예 2	출력 예 2
3 4 3 5 7	-1

거스름돈II

- 탑다운 방식(하향식) 해결
  - 현단계의 답을 구하기 위해 이전 단계의 답을 활용한다.
  - 화폐단위가 2원, 3원, 5원 인 경우

    지금까지 x원을 만들어내는 최소방법

    (x원을 만드는 최소 방법)

    = min(x원 만드는 방법, x-2원 만드는 방법+1, x-3원 만드는 방법+1, x-5원 만드는 방법+1)

  - 6원을 화폐단위 2원, 3원, 5원 을 이용하여 만드는 경우

    (6원을 만드는 최소 방법)

    = min(6원 만드는 방법, 4원 만드는 방법+1, 3원 만드는 방법+1, 1원 만드는 방법+1)

$a_6 = \min(a_6 , a_4+1, a_3+1, a_1+1)$

$= \min(\min(\min(a_6 , a_4+1), a_3+1), a_1+1)$

거스름돈II

```
#include <stdio.h>    // DP 탑다운 구현
#include <algorithm>
#define  MAX  10000
#define  INF  99999

int d[MAX+1];
int c[10]; // 화폐단위 저장 배열
int n, m;

int makeM(int x) {
    if(d[x] != INF) return d[x];

    int cnt = d[x]; // 지금까지 알아낸 방법
    for(int i=0; i<n; i++) {
        if(x-c[i] > 0)
            cnt = std::min(cnt, makeM(x-c[i])+1);
    }
    d[x] = cnt;
    return d[x];
}
```

```
int main() {
    scanf("%d %d", &n, &m);
    for(int i=0; i<n; i++)
        scanf("%d", &c[i]);

    d[0] = 0;
    for(int i=1; i<=MAX; i++)
        d[i]=INF;

    int min_count = makeM(m);
    if(min_count != INF)
        printf("%d\n", min_count);
    else
        printf("-1\n", min_count);
}
```

거스름돈II

- 화폐단위가 2원, 3원, 5원 인 경우 문제 해설

  화폐의 단위: k, 금액 t를 만들 수 있는 최소한의 화폐 개수: a_t

  a_{t-k}는 금액 (t-k)를 만들 수 있는 최소한의 화폐 개수

  - 점화식

    a_{t-k}를 만드는 방법이 존재하는 경우, $a_t = \min(a_t, a_{t-k}+1)$

    a_{t-k}를 만드는 방법이 존재하지 않는 경우, $a_t = INF$

  - 예

    (2원으로 6원을 만드는 방법) a_6 = min(6원 만드는 방법, 4원 만드는 방법+1) = $\min(a_6, a_4+1)$

    (3원으로 6원을 만드는 방법) a_6 = min(a_6, 3원 만드는 방법+1) = $\min(a_6, a_3+1)$

    (5원으로 6원을 만드는 방법) a_6 = min(a_6, 1원 만드는 방법+1) = $\min(a_6, a_1+1)$

거스름돈 II

- 화폐단위가 2원, 3원, 5원 인 경우 문제 해설
  - 초기화

idx	0	1	2	3	4	5	6	7	...
값	0	INF	INF	INF	INF	INF	INF	INF	...

INF는 불가능 하다는 의미
0은 0개로 만들 수 있다.

  - 2원 짜리로 몇 번 만에 만들 수 있는가?

idx	0	1	2	3	4	5	6	7	...
값	0	INF	1	INF	2	INF	3	INF	...

a_2 = min(a_2 , a_0+1) = min(INF, 0+1) = 1

a_3 = min(a_3 , a_1+1) = min(INF, INF+1) = INF

a_4 = min(a_4 , a_2+1) = min(INF, 1+1) = 2

a_5 = min(a_5 , a_3+1) = min(INF, INF+1) = INF

a_6 = min(a_6 , a_4+1) = min(INF, 2+1) = 3

거스름돈 II

- 화폐단위가 2원, 3원, 5원 인 경우 문제 해설
  - 3원 짜리를 추가로 사용하면 몇 번 만에 만들 수 있는가?

전

idx	0	1	2	3	4	5	6	7	…
값	0	INF	1	INF	2	INF	3	INF	…

후

idx	0	1	2	3	4	5	6	7	…
값	0	INF	1	1	2	2	2	3	…

$a_3 = \min(a_3, a_0+1) = \min(INF, 0+1) = 1$

$a_4 = \min(a_4, a_1+1) = \min(INF, 1+1) = 2$

$a_5 = \min(a_5, a_2+1) = \min(INF, 1+1) = 2$

$a_6 = \min(a_6, a_3+1) = \min(INF, 1+1) = 2$

$a_7 = \min(a_7, a_4+1) = \min(INF, 2+1) = 3$

거스름돈 II

```
#include <stdio.h>  // DP 바텀업 구현
#include <algorithm>
#define  MAX  10000
#define  INF  99999
int d[MAX+1];   // DP 테이블
int c[10];      // 화폐단위 저장 배열
int n, m;

void dp() {
    d[0] = 0;
    for(int i=1; i<=MAX; i++)
        d[i]=INF;

    // ex. 2원에 대하여, 3원에 대하여, 5원에 대하여,
    for(int i=0; i<n; i++) { // 각 화폐단위 a[i]에 대하여,
        for(int x=c[i]; x<=MAX; x++) {  // x: 금액
            if(d[x-c[i]] != INF)
                d[x] = std::min(d[x], d[x-c[i]]+1);
        }
    }
}
```

```
int howMany(int x) {
    return d[x];
}

int main() {
    scanf("%d %d", &n, &m);
    for(int i=0; i<n; i++)
        scanf("%d", &c[i]);

    dp();

    int min_count = howMany(m);
    if(min_count != INF)
        printf("%d\n", min_count);
    else
        printf("-1\n", min_count);
}
```

선형 탐색

feat. 탐색공간의 수학적 배제

탐색공간의 배제

- 필요성
  - 전체 탐색으로 대부분의 경우 해를 구할 수 있음
  - 하지만 실행 시간이 너무 길어 제한 시간 내에 문제를 해결하기 힘든 경우가 많음
  - 전체탐색에서 불필요한 탐색 공간을 탐색하지 않음으로써 알고리즘의 효율 향상 가능
  - 모든 공간을 탐색할 것이 아니라 일정한 조건을 두어 탐색에서 제외
- 수학적 배제
  - 수학적으로 탐색할 필요가 없음이 증명된 공간을 탐색에서 제외
- 경험적 배제(가지치기)
  - 일정 조건을 만족하는 경우 탐색에서 배제하는데 이 조건은
  - 이전에 탐색한 정보를 이용하며,
  - 배제 조건은 계속 갱신될 수 있음

약수의 합

- 문제

  한 정수 n을 입력 받는다.

  1부터 n의 자연수들 중 n 약수의 합을 구하는 프로그램을 작성하시오.

  예를 들어 n이 10이라면,

  10의 약수는 1, 2, 5, 10이므로 구하고자 하는 값은 1 + 2 + 5 + 10을 더한 18이 된다.

- 입력

  첫 번째 줄에 정수 n이 입력된다.

  (단, 1 <= n <= 10,000,000,000(100억))

- 출력

  n의 약수의 합을 출력한다.

입력 예	출력 예
10	18

탐색공간이 매우
넓기 때문에
일반적인 방법으로는
시간 제한에 걸리게
된다.

약수의 합

- 단순 풀이

```
#include <stdio.h>
long long n;
long long solve() {
  long long ans=0;

  for(long long i=1; i<=n; i++) {
     //n이 i로 나누어 떨어지면 i는 n의 약수이다
     if(n%i==0)
        ans+=i;
  }
  return ans;
}

int main() {
    scanf("%lld", &n);
    printf("%lld\n", solve());
    return 0;
}
```

- 평가
  - 이 소스코드는 1부터 n까지의 모든 원소들을 탐색하여, 탐색 대상인 수 i가 n의 약수라면 취하는 방식으로 진행된다.
  - 따라서 계산량은 O(n)이다.
  - 이번 문제는 n의 최댓값이 100억이므로 이 방법으로는 너무 많은 시간이 걸린다.
  - 따라서 탐색영역을 배제해야 할 필요가 있다.

약수의 합

- 고찰

1) 배제를 위한 수학적 아이디어 1

모든 자연수 n에 대하여 1 과 n 은 항상 n 의 약수이다.

ex) 10의 약수
1, 2, 5, 10

ex) 16의 약수
1, 2, 4, 8, 16

```
for(int i=2; i<n; i++) {
    if(n % i==0)
        ans+=i;
}
```

- 고찰

2) 배제를 위한 수학적 아이디어 2

모든 자연수 n에 대하여,
2이상 n미만의 자연수들 중 가장 큰 n의 약수는 n/2를 넘지 않는다.

ex) 10의 약수
1, 2, 5, 10

ex) 16의 약수
1, 2, 4, 8, 16

```
for(int i=2; i<=n/2; i++) {
    if(n % i==0)
        ans+=i;
}
```

약수의 합

- 고찰

3) 배제를 위한 수학적 아이디어 3

임의의 자연수 n의 약수들 중 두 약수의 곱은, n이 되는 약수a와 약수b가 반드시 존재한다. 단, n이 완전제곱수 일 경우에는 약수 a와 약수 b가 같을 수 있다.

반쪽만 찾으면 됨

$$\{1, 2, 5, 10\}$$

반쪽만 찾으면 됨

10의 약수간 관계

$$\{1, 2, 4, 8, 16\}$$

16의 약수간 관계

약수의 개수를 c개라고 하고, d를 n의 약수 중 i번째 약수라 하면,

$$n = d_k \times d_{c-k+1}$$

완전 제곱수일 경우 우변 두 항이 동일,
최악의 경우 n 부터 $\sqrt{n}$ 까지만 검색하면 나머지 약수를 모두 찾아낼 수 있음

```
#include <math.h>
  :
    for(int i=1; i<=sqrt(n); i++) {
        if(n % i==0)
            ans+=i;
    }
```

```
    for(int i=1; i*i<=n; i++) {
        if(n % i==0)
            ans+=i;
    }
```

약수의 합

- 고찰

3) 배제를 위한 수학적 아이디어 3 구현

ex) 100의 약수 모두 구하기

① $1 \sim \sqrt{100} = 10$ 까지 조사

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

② 약수 집합a { 1, 2, 5, 10}으로부터

약수 집합b {100, 50, 20, 10}유도

③ 약수 합집합 {1,2,5,10,20,50,100}

- 수학적 배제 적용

```
#include <stdio.h>
long long int n;
long long int solve() {
    long long int i, ans = 0;









    return ans;
}
int main() {
    scanf("%lld", &n);
    printf("%lld\n", solve());
    return 0;
}
```

문제: 직소퍼즐

- 문제

소타는 최근 재미있게 본 영화 포스터의 퍼즐을 구매하여 퍼즐을 맞추고 있었다. 문득 퍼즐 조각의 총 개수에 따라 만들 수 있는 퍼즐의 종류는 어떻게 달라질지 궁금해지게 되었다. 소타가 맞추던 퍼즐은 900피스인데, 가로는 25개, 세로는 36개로 구성되어있었는데, 가로 18, 세로 50개로 900피스 퍼즐을 만들 수도 있는 것이다. 퍼즐 조각의 개수가 입력되었을 때, 규격에 맞는 퍼즐이 몇 종류가 나올지 출력하는 프로그램을 만들어보자.

<퍼즐 규격>

- 퍼즐은 한 면에 최소 2개 이상의 조각이 있어야 한다.
- 따라서 퍼즐조각의 개수가 소수(약수가 1과 자기 자신뿐인 자연수)인 경우 가로x세로 형태로 만들 수 없기 때문에 퍼즐 규격에 맞지 않다.
- 퍼즐은 적당한 비율이 있어야 하는데 가로와 세로 길이가 서로 3배를 초과하지 않아야 한다.(예를 들어 가로가 3개, 세로가 11개로 구성된 퍼즐이라면 세로의 길이가 가로의 길이의 3배를 초과하기 때문에 규격에 맞지 않다.)
- 가로, 세로의 개수가 다르면 다른 퍼즐로 본다. 즉, 2x3과 3x2는 다른 퍼즐이다.

- 출처: 2023 충북정올 학교예선 초등부 2번 문제

문제: 직소퍼즐

퍼즐 조각이 25개라면, 5x5 사이즈로 1개의 퍼즐밖에 만들 수 없다.

퍼즐 조각이 36개라면, 4x9, 6x6, 9x4로 3개의 퍼즐을 만들 수 있다.

- 입력형식

퍼즐 조각 개수(N)를 입력받는다. (0≤N≤2,147,483,647)

- 출력형식

생성할 수 있는 퍼즐의 개수를 출력한다.

규격에 맞지 않을 경우 –1을 출력한다.

- 입력과 출력의 예

입력 예1	출력 예1
25	1

입력 예2	출력 예2
36	3

- 출처: 2023 충북정올 학교예선 초등부 2번 문제

풀이: 직소퍼즐

- 시간복잡도 $O(N)$ 풀이

```c
#include <stdio.h>

int main() {
    int n;
    scanf("%d", &n);
    int a, cnt=0;
    for(a=2; a<n; a++) {
        if(n%a == 0) {
            int b=n/a;
            double r;
            if(a > b) r=(double)a/(double)b;
            else      r=(double)b/(double)a;

            if(r<=3) {
                cnt++;
                //printf("%.2lf: %d %d\n", r, a, b);
            }
        }
    }
    if(cnt==0) printf("-1");
    else       printf("%d", cnt);
}
```

- 고찰
  - 왼쪽과 같은 풀이를 사용한 참가자는 시간초과로 100점을 획득하지 못한다.
  - 더 빠르게 해를 구할 방법은?
- 힌트
  - 퍼즐 조각이 36개 일 때,
  - 가로 x 세로 조합

2 x 18	18 x 2	x 9
3 x 12	12 x 3	x 4
4 x 9	9 x 4	x2.25
6 x 6		x 1

풀이: 직소퍼즐

- 시간복잡도 $O(logN)$ 풀이

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int n;
    scanf("%d", &n);

    int a, cnt=0;
    for(a=2; a*a<n; a++) {
        if(n%a == 0) {
            int b=n/a;

            double r;
            if(a > b)
                r=(double)a/(double)b;
            else
                r=(double)b/(double)a;
```

- 빈칸을 채워보세요.

?

N번째 소수 찾기

- 문제

  한 정수 n을 입력 받는다.

  n번째로 큰 소수를 구하여 출력한다.

  예를 들어 n이 5라면,

  자연수들 중 소수는 2, 3, 5, 7, 11, 13, …

  이므로 구하고자 하는 5번째 소수는 11이 된다.

- 입력

  첫 번째 줄에 정수 n이 입력된다.

  (단, 1 <= n <= 100,000)

- 출력

  n 번째 소수를 출력한다.

입력 예	출력 예
5	11

입력 예	출력 예
77	389

N번째 소수 찾기

- 단순 풀이

```
#include <stdio.h>

bool is_prime(int k) {
    int cnt = 0;
    for(int i=1; i<=k; i++)
        if(k%i==0)  // k의 약수의 갯수 cnt를 구한다
            cnt++;
```

임의의 자연수 k가 소수라면 k의 약수는 1과 k만 존재한다. (약수가 2개 뿐임)

```
    if(cnt==2)
        return true;
    else
        return false;
}
```

```

int main() {
    int nth; // 몇 번째
    scanf("%d", &nth);

    int prime_cnt=0;
    int n=2;
    while(true) {
        if(is_prime(n)) //소수이면 cnt증가
            prime_cnt++;
        // 찾고자 하는 번째 이면
        if(prime_cnt == nth)
            break;
        n++;
    }
    printf("%d", n);
}
```

N번째 소수 찾기

- 고찰

1) 배제를 위한 수학적 아이디어 1

약수를 두 개 이상 발견하면 바로 탈출

```
bool is_prime(int k) {
    int cnt = 0;
    for(int i=1; i<=k; i++) {
        if(k%i==0) cnt++;
        if(cnt > 2)
            break;
    }
    return (cnt==2);
}
```

2) 배제를 위한 수학적 아이디어 2

임의의 자연수 k가 소수라면 구간 [2, k-1]에서 약수는 존재하지 않는다.

```
bool is_prime(int k) {
    for(int i=2; i<k; i++) {
        //2~ k-1사이 숫자로 나누어 떨이지면,
        // 즉, 약수가 존재하면
        if(k%i==0)
            return false;
    }
    return true;
}
```

N번째 소수 찾기

- 고찰

3) 배제를 위한 수학적 아이디어 3

k의 약수를 구하기 위해서는 ____ 까지만 검사하면 된다.

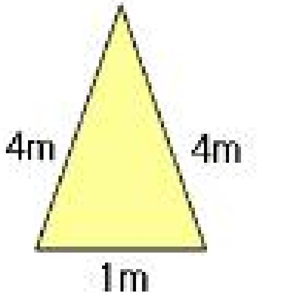
```
bool is_prime(int k) {
    for(int i=2;   ?   ; i++) {
        if(k%i==0)
            return false;
    }
    return true;
}
```

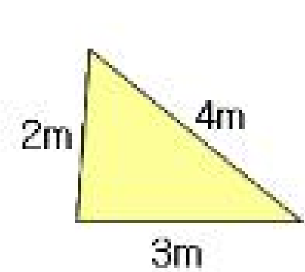
```
#include <stdio.h>

bool is_prime(int k) {
    for(int i=2; i*i<=k; i++) {
        if(k%i==0)
            return false;
    }
    return true;
}

int main() {
    int nth;
    scanf("%d", &nth);

    int prime_cnt=0;
    int n=2;
    while(true) {
        if(is_prime(n))
            prime_cnt++;
        if(prime_cnt == nth)
            break;
        n++;
    }
    printf("%d\n\n", n);
}
```

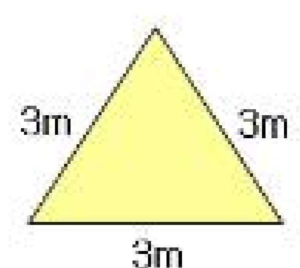
삼각화단 만들기

주어진 화단 둘레의 길이를 이용하여 삼각형 모양의 화단을 만들려고 한다. 이 때 만들어진 삼각형 화단 둘레의 길이는 반드시 주어진 화단 둘레의 길이와 같아야 한다. 또한, 화단 둘레의 길이와 각 변의 길이는 자연수이다. 예를 들어, 만들고자 하는 화단 둘레의 길이가 9m라고 하면,

- 한 변의 길이가 1m, 두 변의 길이가 4m인 화단
- 한 변의 길이가 2m, 다른 변의 길이가 3m, 나머지 변의 길이가 4m인 화단
- 세 변의 길이가 모두 3m인 3가지 경우의 화단을 만들 수 있다.







화단 둘레의 길이를 입력 받아서 만들 수 있는 서로 다른 화단의 수를 구하는 프로그램을 작성하시오.

- **입력**

  화단의 길이 n이 주어진다. (1<=n<=50,000)

- **출력**

  입력받은 n으로 만들 수 있는 서로 다른 화단의 수를 출력한다.

입력 예	출력 예
9	3

- 주의

  2,3,4 화단과 3,2,4 화단 2,4,3 화단은 모두 같은 모양의 화단임.

- 출처: 한국정보올림피아드(2002 전국본선 초등부)

삼각화단 만들기

- 단순 풀이 (오답)

```c
#include <stdio.h>

int main(void) {
    int n;
    int cnt=0;
    scanf("%d", &n);
    for(int a=1; a<=n; a++)
        for(int b=1; b<=n; b++)
            for(int c=1; c<=n; c++) {
                if(a+b+c==n) {
                    printf("[%d %d %d]\t", a, b, c);
                    cnt++;
                    // 5개 출력할 때마다 줄 내림
                    if(cnt%5 == 0) puts("");
                }
            }
    printf("\nfound %d\n", cnt);
}
```

- 평가
  - $O(n^3)$ 의 시간 소모
  - 중복된 삼각형이 포함됨
  - 삼각형 만들기가 불가능한 길이도 포함

```
9
[1 1 7]  [1 2 6]  [1 3 5]  [1 4 4]
[1 5 3]  [1 6 2]  [1 7 1]  [2 1 6]
[2 2 5]  [2 3 4]  [2 4 3]  [2 5 2]
[2 6 1]  [3 1 5]  [3 2 4]  [3 3 3]
[3 4 2]  [3 5 1]  [4 1 4]  [4 2 3]
[4 3 2]  [4 4 1]  [5 1 3]  [5 2 2]
[5 3 1]  [6 1 2]  [6 2 1]  [7 1 1]

found 28
```

삼각화단 만들기

- 풀이
  - 동일한 길이 쌍 제거 조건

    $a \le b \le c$

  - 삼각형의 조건
    - $a + b > c$
    - $a + b + c = n$

- 정답 알고리즘

```c
#include <stdio.h>
int n;
int solve() {
    int cnt = 0;
    scanf("%d", &n);

    for(int a=1; a<=n; a++)
        for(int b=a; b<=n; b++)
            for(int c=b; c<=n; c++ )
                if(a+b+c==n && a+b>c)
                    cnt++;
    return cnt;
}

int main() {
    printf("%d\n", solve());
}
```

삼각화단 만들기

- 고찰

1) 배제를 위한 수학적 아이디어 1

둘레 길이가 n인 삼각형의 a, b 길이가 정해지면 c변은 n-(a+b) 계산으로 구할 수 있다.

```
for(int a=1; a<=n; a++)
   for(int b=a; b<=n; b++) {
      int c=n-(a+b);    // a+b+c=n 조건만족
      if(b<=c && a+b>c) // a≤b는 이미 만족
         cnt++;
}
```

- 공간복잡도가 $O(n^3)$ 에서 $O(n^2)$ 으로 줄어든다.

2) 배제를 위한 수학적 아이디어 2

둘레가 n인 삼각형의 각 변의 길이를 오름차순으로 정렬한 결과를 a, b, c 라고 할 때, 다음 조건을 만족한다.

$$[\frac{n}{3}] \le c < [\frac{n}{2}],\ 1 \le a \le [\frac{n}{3}]$$

```
for(int c=n/3; c<=n/2; c++)
    for(int a=1; a<=n/3; a++) {
        int b=n-(a+c);
        if(a+b>c && (a<=b && b<=c))
           cnt++;
    }
```

삼각화단 만들기

- 실행시간 비교

1) 배제를 위한 수학적 아이디어 1

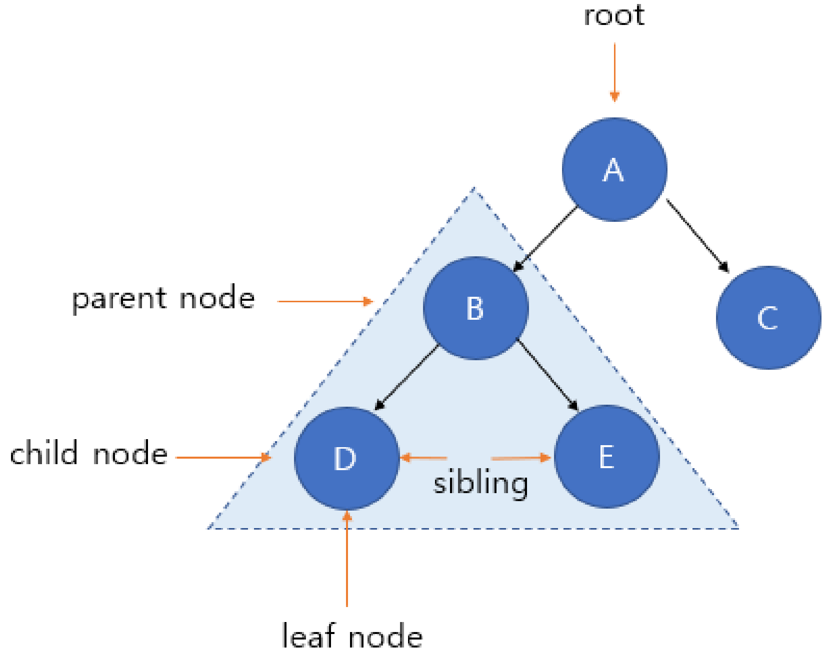
```
time_space_table:
/1030/sample.in:AC mem=0k time=3ms
/1030/test01.in:AC mem=0k time=2ms
/1030/test02.in:AC mem=0k time=2ms
/1030/test03.in:AC mem=0k time=3ms
/1030/test04.in:AC mem=0k time=3ms
/1030/test05.in:AC mem=0k time=11ms
/1030/test06.in:AC mem=0k time=38ms
/1030/test07.in:AC mem=0k time=149ms
/1030/test08.in:AC mem=0k time=355ms
/1030/test09.in:AC mem=0k time=586ms
/1030/test10.in:AC mem=0k time=925ms
```

2) 배제를 위한 수학적 아이디어 2

```
time_space_table:
/1030/sample.in:AC mem=0k time=2ms
/1030/test01.in:AC mem=0k time=2ms
/1030/test02.in:AC mem=0k time=2ms
/1030/test03.in:AC mem=0k time=3ms
/1030/test04.in:AC mem=0k time=3ms
/1030/test05.in:AC mem=0k time=4ms
/1030/test06.in:AC mem=0k time=7ms
/1030/test07.in:AC mem=0k time=19ms
/1030/test08.in:AC mem=0k time=40ms
/1030/test09.in:AC mem=0k time=68ms
/1030/test10.in:AC mem=0k time=107ms
```

트리

- 개념
  - 트리는 계층적 관계를 표현하는 비선형 자료구조
- 예시

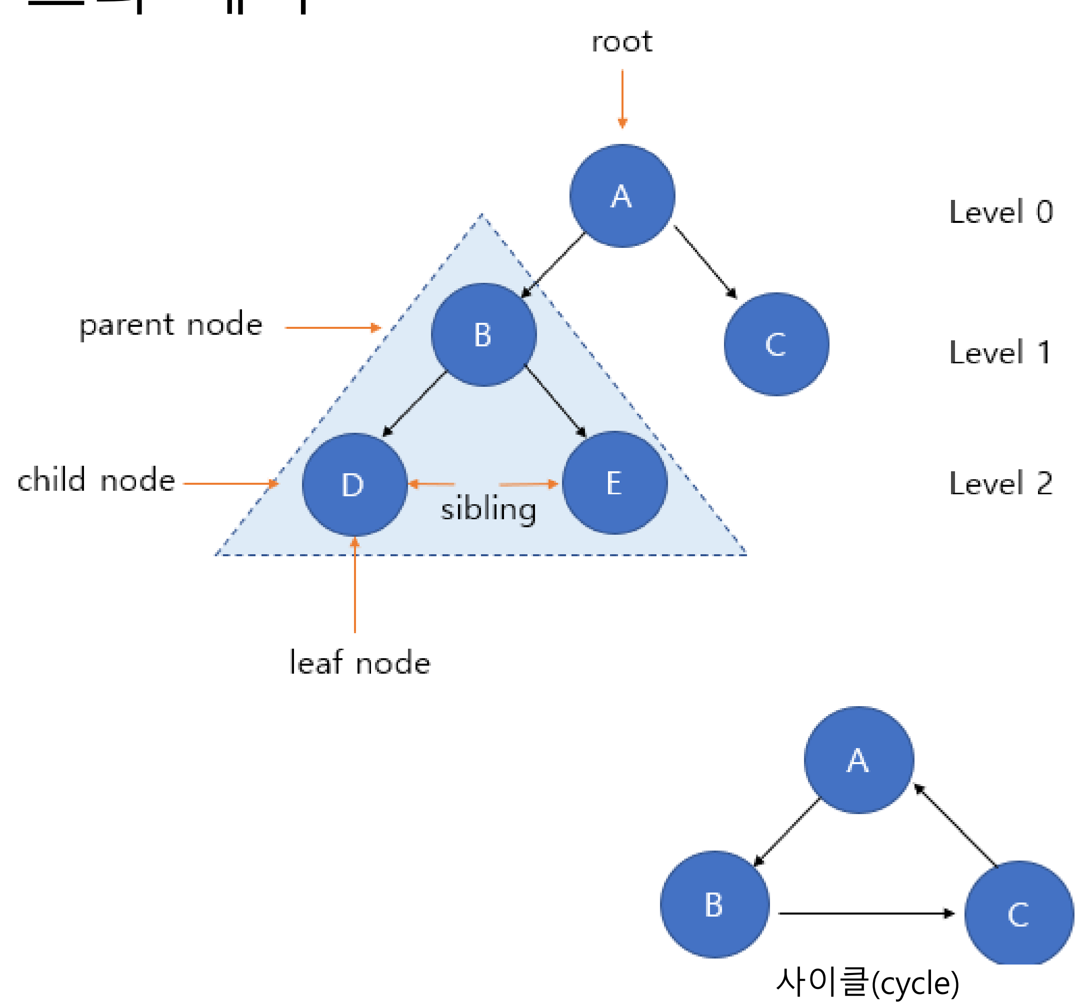


- 용어
  - 루트 노드(root node): 부모가 없는 노드로 트리는 단 하나의 루트 노드를 가진다. (ex : A- 루트노드)
  - 단말 노드(leaf node): 자식이 없는 노드로 terminal 노드라고도 부른다. (ex : C, D, E – 단말 노드)
  - 내부 노드(internal node): 단말 노드가 아닌 노드(ex : A, B – 내부 노드)
  - 간선(edge): 노드를 연결하는 선
  - 형제(sibling): 같은 부모 노드를 갖는 노드들 (ex : D-E, B-C : 형제)
  - 노드의 깊이(depth): 루트 노드에서 어떤 노드에 도달하기 위해 거쳐야 하는 간선의 수(ex: D의 depth : 2)
  - 노드의 레벨(level): 트리의 특정 깊이를 가지는 노드의 집합 (ex : level 1- {B, C})
  - 노드의 차수(degree): 자식 노드의 개수 (ex : B의 degree - 2, C의 degree - 0)
  - 트리의 차수(degree of tree): 트리의 최대 차수 (ex : 이 트리의 차수는 2)

트리의 특징

- 특징
  - 트리는 하나의 루트 노드를 갖는다.
  - 루트 노드는 0개 이상의 자식 노드를 갖는다.
  - 자식 노드 또한 0개 이상의 자식 노드를 갖는다.
  - 노드(node)들과 노드들을 연결하는 간선(edge)들로 구성되어 있다.
  - 사이클이 존재할 수 없다.
  - N개의 노드를 갖는 트리는 항상 N-1 개의 간선(edge)을 갖는다.
  - 모든 자식 노드는 한 개의 부모 노드만을 갖는다.

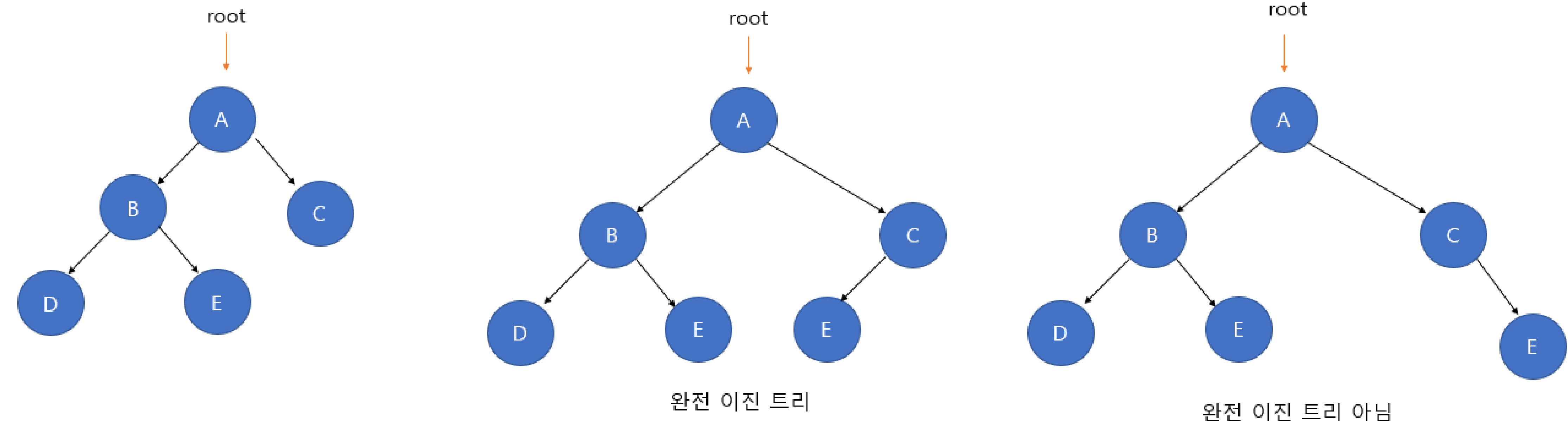
- 트리 예시



트리의 종류

- 이진트리
  - 이진트리는 각 노드가 최대 두 개의 자식을 갖는 트리를 뜻한다. 즉, 각 노드는 자식이 없거나 한 개 이거나 두 개 만을 갖는 것이다.

- 완전 이진트리
  - 완전 이진트리는 마지막 레벨을 제외 하고 모든 레벨이 완전히 채워져 있다.
  - 마지막 레벨은 꽉 차 있지 않아도 되지만, 노드가 왼쪽에서 오른쪽으로 채워져야 한다.



완전 이진 트리

완전 이진 트리 아님

문제: 개미는 어디 있을까?

- 문제

단테는 개미집에 관한 다큐멘터리를 보다가 개미가 개미집에서 어느 곳에 있는지 궁금해졌다. 개미집과 유사한 이진 트리 구조를 활용하기로 하였다. 개미집은 수 많은 방들로 구성되어 있으며 동그라미로 방을 나타내기로 했다. 개미집은 깊이가 증가할수록 방이 많아지는 구조인데, 한 방에서는 바로 아래로 최대 2개의 방을 만들 수 있다.

아래 그림은 깊이가 3인 개미집이고 왼쪽 개미집은 깊이가 3인 개미집들 중에서 최대 방 개수를 갖는 개미집이다. 오른쪽에는 깊이가 3인 다른 개미

방의 번호는 1번부터 시작하고 최대로 뻗어져 있는 개미집 모양을 기준으로 방 번호가 정해진다. 즉, 방 번호는 1씩 증가하지 않을 수 있다.

개미집의 상태를 나타내기 위해 최대로 뻗어져있는 개미집의 모양을 기준으로 방이 있으면 1, 없으면 0으로 표현한다. 예를 들어, 깊이가 3인 개미집은 총 7개의 방 상태로 표현할 수 있는데, 왼쪽 개미집의 경우 1 1 1 1 1 1 1 로 표현할 수 있고, 오른쪽 개미집의 경우 1 1 1 0 1 0 1 으로 표현할 수 있다.(4, 6번 방은 없다.)

개미는 개미집의 최상단 방부터 시작하여 왼쪽 또는 오른쪽으로 이동할 수 있다.(왼쪽 = 0, 오른쪽 = 1) 예를 들어 1 0이 입력되면 오른쪽 방으로 이동한 뒤 왼쪽 방으로 이동을 한다. 개미가 가야하는 방향에 한 번이라도 방이 없다면 개미는 이동하지 않으며 마지막에 있던 방에 가만히 있으며 그 이후 입력된 이동은 모두 무시한다.

- 출처: 2023 충북정올 학교예선 초등부 3번 문제

문제: 개미는 어디 있을까?

개미집의 상태와 개미의 이동방향 정보를 입력받아 개미의 최종 위치를 출력하는 프로그램을 작성하시오.

- 입력형식

  첫 번째 줄에 개미집의 깊이(d)가 자연수로 입력된다.(1≤d≤6)

  두 번째 줄에 개미집의 각 방의 상태가 공백으로 분리되어 입력된다.(0 : 없음, 1 : 있음)

  세 번째 줄에 개미의 이동 방향이 공백으로 분리되어 입력된다.(0 : 왼쪽, 1 : 오른쪽)

- 출력형식
  - 개미가 마지막에 위치하고 있는 방의 번호를 출력한다.

- 입력과 출력의 예

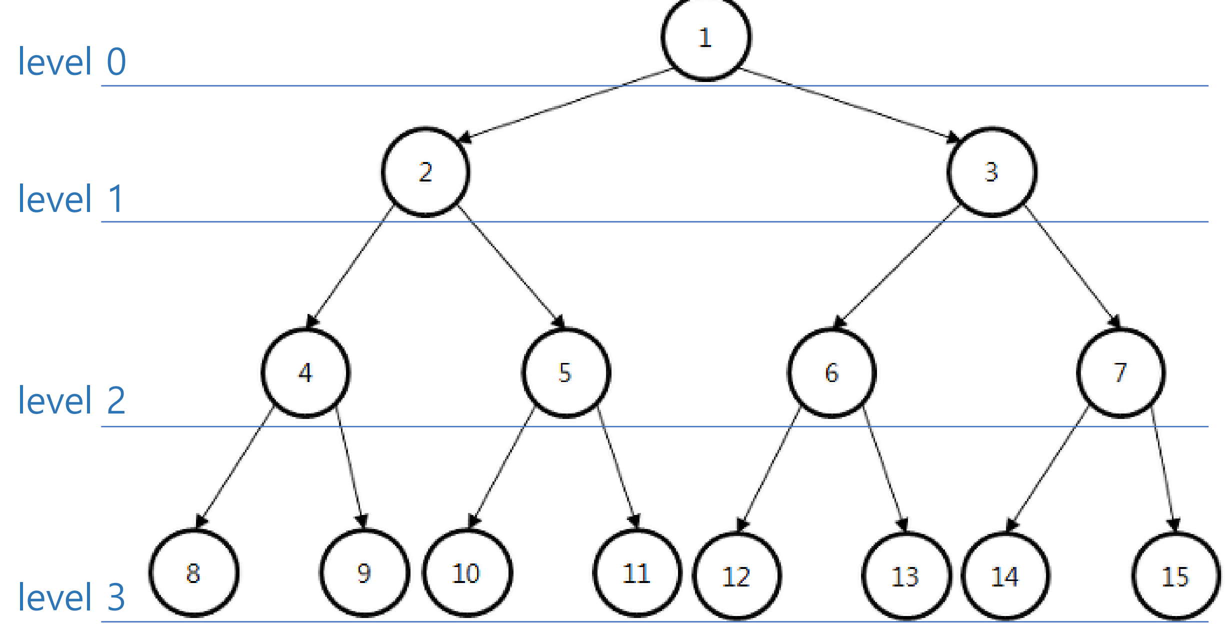
입력 예1	출력 예1
3 1 1 1 1 1 1 1 0 1	5

입력 예2	출력 예2
4 1 1 1 0 1 1 1 0 0 1 0 1 1 1 1 0 0 1	2

- 출처: 2023 충북정올 학교예선 초등부 3번 문제

풀이: 개미는 어디 있을까?

- 포화 이진 트리
  - 모든 노드가 꽉 차 있는 상태의 트리
  - 노드의 개수 = $2^{h+1} - 1$



- 배열을 이용한 이진트리 구현
  - 인덱스 계산
    - 루트 노드 인덱스 = 1
    - 왼쪽 자식 노드 인덱스
      = 부모 노드 인덱스*2
    - 오른쪽 자식 노드 인덱스
      = 부모 노드 인덱스*2 + 1

(ex) 5번 노드의

✓왼쪽자식: 5*2 = 10

✓오른쪽자식: 5*2+1 = 11

풀이: 개미는 어디 있을까?

- 모범답안

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

enum direction {
    LEFT, RIGHT
};

int main() {
    int d;
    scanf("%d", &d);

    int n = pow(2, d)-1;
    bool rooms[n];

    for(int i=1; i<=n; i++)
        scanf("%d", &rooms[i]);
```

```
    int pos=1;
    int dir;
    for(int i=0; i<d-1; i++) {
        scanf("%d", &dir);
        if(dir==LEFT) {
            if(rooms[pos*2]) pos = pos*2;
            else break;
        }
        else if(dir==RIGHT) {
            if(rooms[pos*2+1]) pos = pos*2+1;
            else break;
        }
    }
    printf("%d\n", pos);
    return 0;
}
```

질의 응답

STL

(Standard Template Library)

STL

Standard Template Library

1. Stack (잘 안씀)
2. Vector(Stack의 상위 호환)
3. Queue
4. Deque (Double Ended Queue)

vector 컨테이너

- vector의 특징
  - 크기를 바꿀 수 있는 순차 컨테이너
  - 어떤 자료형도 저장 가능
  - 특정 위치의 원소에 빠르게 접근 가능
  - 벡터에 원소가 삽입되고 삭제됨에 따라 자동으로 크기 조절됨
  - #include <vector> 필요
  - 원소의 추가/삭제

    벡터의 뒤쪽 끝에서만 삽입, 삭제 가능

    삽입: push_back(x)

    삭제: push_pop();

- vector의 선언

```
vector<자료형> 변수명;
vector<자료형> 변수명 = { 초기값 };

vector<int> v1;     // int를 담는 벡터
vector<double> v2; //double을 담는 벡터
```

vector 컨테이너

- vector의 사용 예시

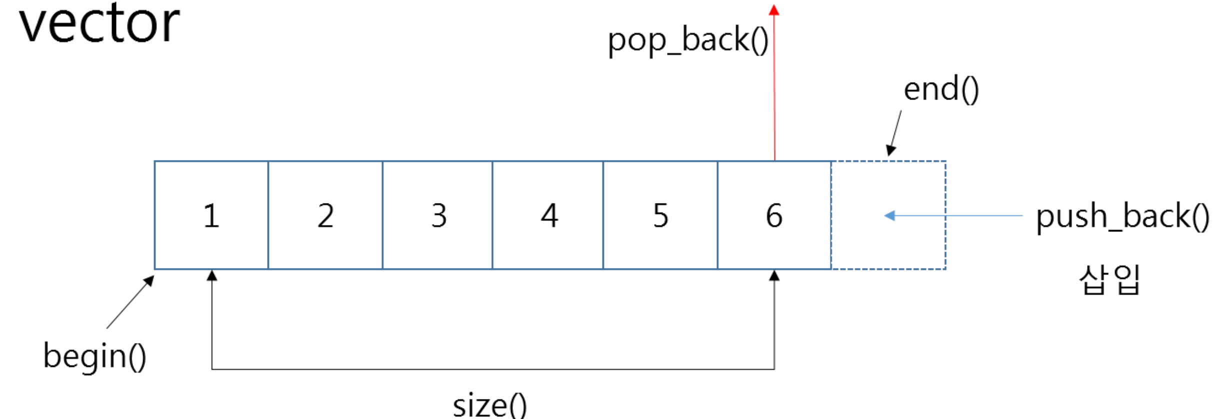
```
#include <stdio.h>
#include <vector>
using namespace std;

int main() {
    vector<int> v = {2, 4, 5};           // 벡터 v 선언 및 초기화
    v.push_back(6);                      // 맨 마지막에 6 삽입
    v.pop_back();                        // 맨 마지막 원소 제거
    v[1] = 3;                            // 1번 인덱스에 3 삽입

    printf("%d\n", v[2]);                // 2번 인덱스 원소 출력
    for(int x: v) printf("%d ", x);      // 벡터 순회하면서 출력
    v.reserve(8);                        // 벡터에 할당된 메모리 8칸으로 조정
    v.resize(5, 0);                      // 벡터의 크기 5로 조절하고 빈 공간 0으로 채움
    printf("\n%d\n", v.capacity());      // 벡터가 차지하는 공간 출력
    printf("%d\n", v.size());            // 벡터의 크기 출력
}
```

코드	결과
`vector<int> v = {2, 4, 5};`	2 4 5
`v.push_back(6);`	2 4 5 6
`v.pop_back();`	2 4 5
`v[1] = 3;`	2 3 5
`printf("%d\n", v[2]);`	prints 5
`for(int x: v) printf("%d ", x);`	prints 2 3 5
`v.reserve(8);`	2 3 5
`v.resize(5, 0);`	2 3 5 0 0 0
`printf("\n%d\n", v.capacity());`	prints 8
`printf("%d\n", v.size());`	prints 5

vector 컨테이너

- vector의 메소드

Member Function	Description
at(position)	at의 위치에 있는 값 리턴
capacity()	vector의 크기 리턴
clear()	Vector의 모든 값 삭제
empty()	Vector가 비었으면 true 리턴
pop_back()	Vector의 마지막 값 리턴
push_back(value)	Vector의 마지막에 값 저장
reverse()	Vector의 모든 값의 위치 반전
resize(n) resize(n, value)	Vector의 크기 조정 Vector의 크기, 초기값 조정
size()	Vector의 수의 개수 리턴
swap(vector)	Vector의 내용 교환



vector 컨테이너

- 1차원 벡터의 순회

```
#include <stdio.h>
#include <vector>
using namespace std;

int main() {
    vector <int> v = { 6,2,9,7 };
    //방법1
    for(int i=0; i<v.size(); i++) {
       printf("%d ", v[i]);
    }
    puts("");
    //방법2
    for(int i : v) {
       printf("%d ", i);
    }
}
```

- 2차원 백터의 순회

```
#include <stdio.h>
#include <vector>
using namespace std;

int main() {
    vector<vector<int>> v =
       { {3, 1}, {2, 1, 5}, {6} };

    for(int i=0; i<v.size(); i++) {
        for(int j : v[i])
            printf("%d ", j);
        puts("");
    }
}
```

vector 컨테이너

- 2차원 벡터의 순회와 정렬

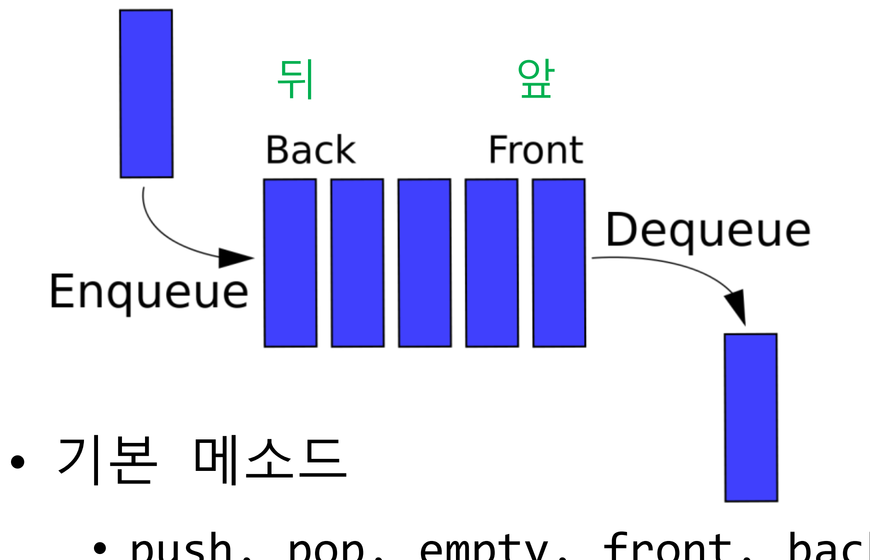
```
#include <stdio.h>
#include <vector>
#include <algorithm>

using namespace std;
int main(void) {            //  v[0]     v[1]       v[2]
    vector<vector<int>> v = { {3, 1}, {2, 1, 5}, {6, 4} };

    for (int i = 0; i < v.size(); i++) {
          sort(v[i].begin(), v[i].end());
    }

    for (int i = 0; i < v.size(); i++) {
        for (int j = 0; j < v[i].size(); j++) {
            printf("%d ", v[i][j]);
        }
        printf("\n");
    }
    return 0;
}
```



```
D:₩MyProjects₩Test₩Test₩bin₩Debug₩Test.exe
1 3
1 2 5
4 6

Process returned 0 (0x0)   execution time : 0.040 s
Press any key to continue.
```

queue

- Queue
  - 대표적인 FIFO(First In First Out) 구조



  - 기본 메소드
    - push, pop, empty, front, back

- 선언과 사용 예

```
#include <stdio.h>
#include <queue>
using namespace std;

int main(void) {
    queue<int> q;
    q.push(1);      q.push(2);
    q.push(10);     q.push(20);

    while(!q.empty()) {
        printf("%d\n", q.front());
        q.pop();  // 원소 제거
    }
}
```

queue

- Queue의 순회

```
#include <stdio.h>
#include <queue>
using namespace std;

// 큐의 다음 내용물을 보려면 pop()해야 하기 때문에
// 순회가 불가능하므로 인수로 사본을 받아 살펴본다
void output_Q(queue<int> Q) {
  printf("Q:[");
  while(!Q.empty()) {
    printf("%2d ", Q.front());
    Q.pop();
  }
  printf("], ");
}
```

Q	1	3	5	7	9

```
int main(void) {
    queue<int> q;

    // Q에 1부터 10사이 홀수를 채운다.
    for(int i=1; i<10; i+=2) {
        q.push(i);
    }

    output_Q(q);
}
```

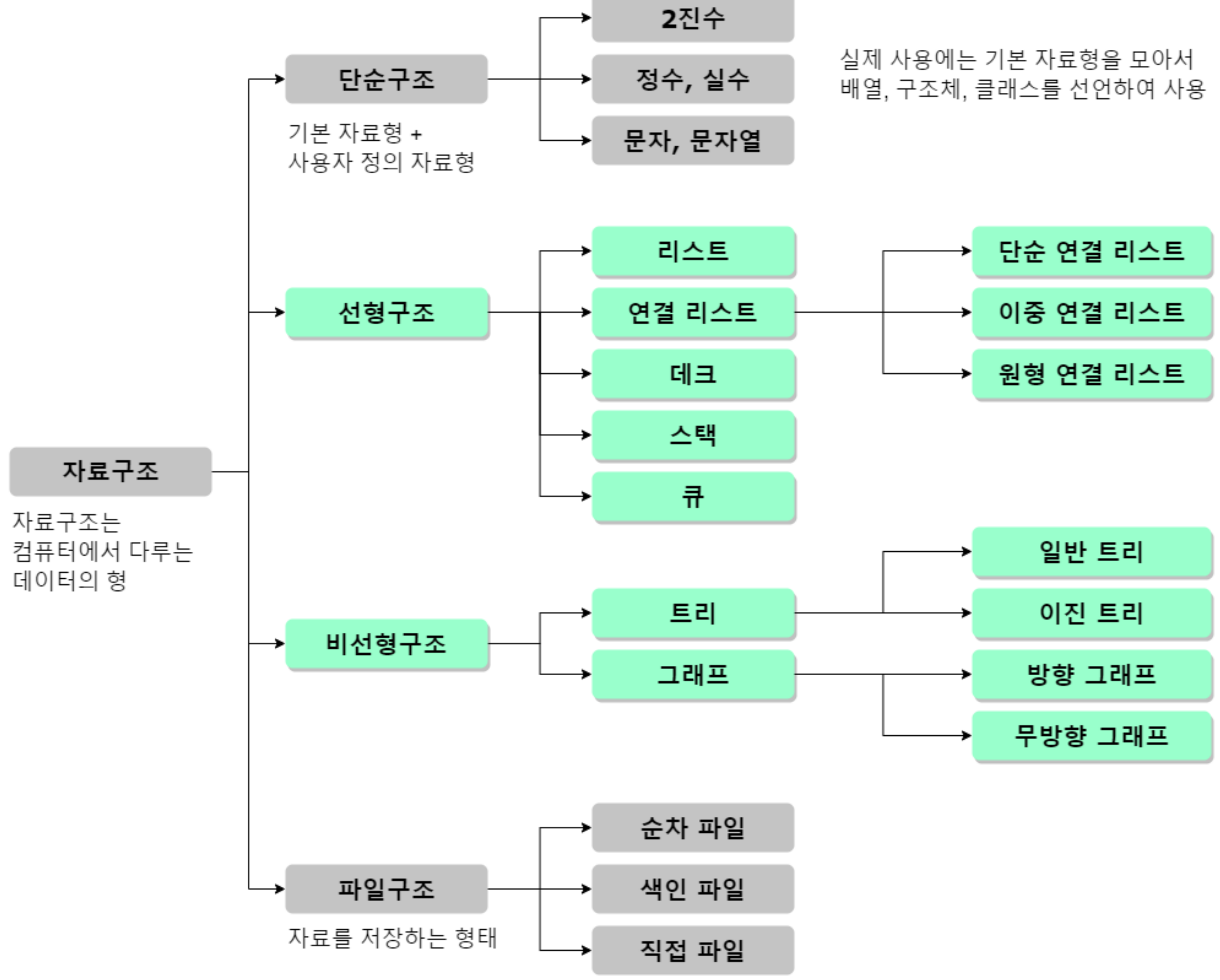
q	1	3	5	7	9

자료구조

선형구조와 비선형구조

자료구조

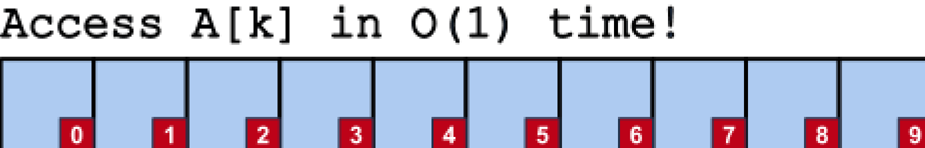
- 자료구조(data structure)
  - 전산학에서 자료를 효율적으로 이용할 수 있도록 컴퓨터에 저장하는 방법이다.
  - 신중히 선택한 자료구조는 보다 효율적인 알고리즘을 사용할 수 있게 한다.



선형구조

- 선형구조란?
  - 자료를 구성하는 데이터를 순차적으로 나열시킨 형태를 의미

Array & Linked List



Access L[k] in O(n) time!

- 탐색법
  - 순차탐색
  - 이분탐색

Binary search steps: 0

37

1 3 5 7 11 13 17 19 23 29 31 37 41 43 47 53 59

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

low mid high

Sequential search steps: 0

37

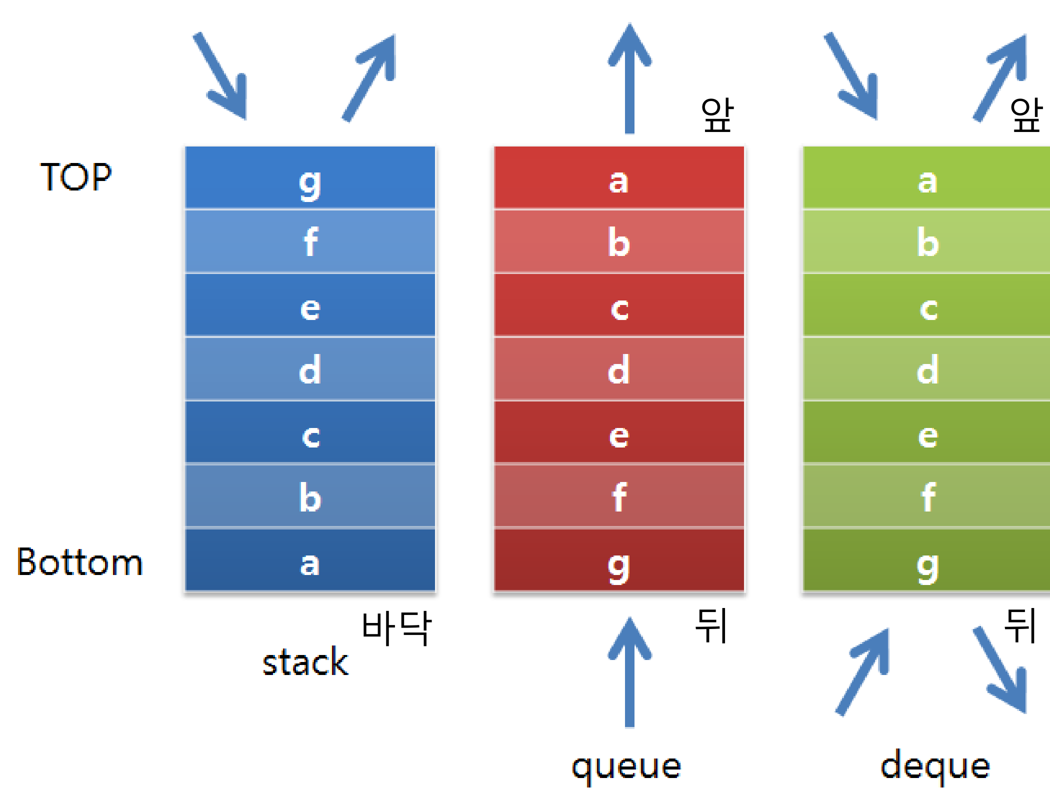
1 3 5 7 11 13 17 19 23 29 31 37 41 43 47 53 59

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

www.penjee.com

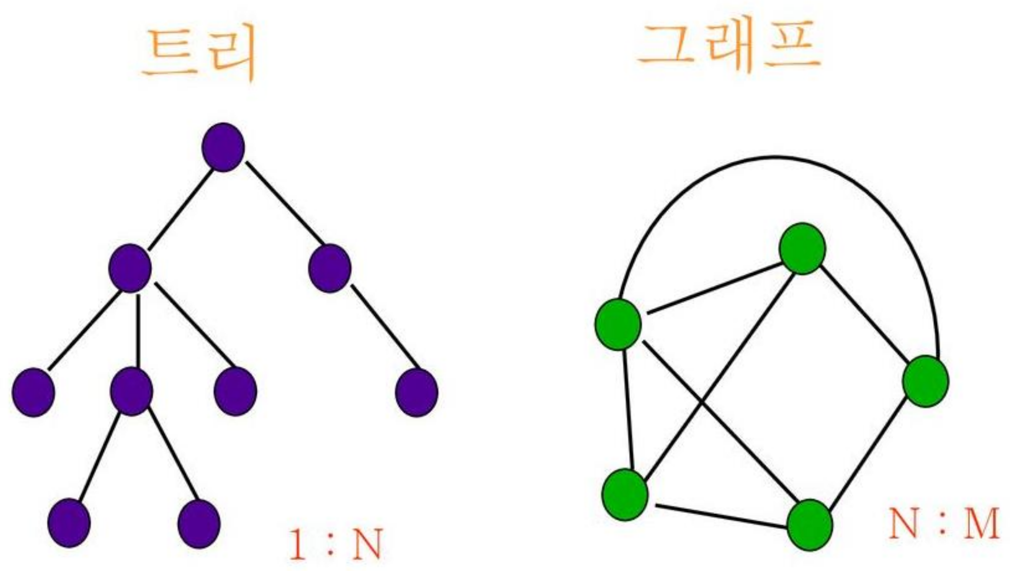
선형구조

- 배열
  - 고정 배열, 동적 배열(vector)
- 리스트
  - 연결리스트, 이중연결, 원형연결 리스트
- 스택
  - 후입선출(Last In First Out)
- 큐
  - 선입선출(First In First Out)
- 데크
  - Double Ended Queue



비선형구조

- 비선형구조란 i번째 원소를 탐색한 다음 그 원소와 연결된 다른 원소를 탐색하려고 할 때, 여러 개의 원소가 존재하는 탐색구조
- 트리나 그래프로 구성된 경우
- 선형과 달리 자료가 순차적이지 않으므로 단순히 반복문을 이용하여 탐색하기 어려움
- 비선형구조는 스택이나 큐와 같은 자료구조를 활용하여 탐색
- 비선형구조 탐색법
  - 깊이우선탐색(DFS, depth first search)
  - 너비우선탐색(BFS, breadth first searh)



- 그래프 중에 회로가 없는 그래프를 트리라고 한다.

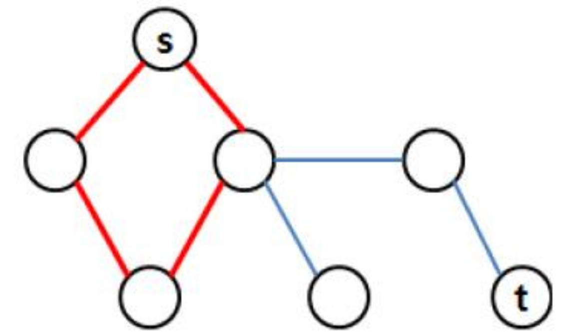
비선형구조 - 그래프

- 정점(vertex)
  - 노드(node)라 부르기도 한다
- 간선(edge)
  - 일반간선, 가중치 간선
  - 방향간선, 양방향간선, 무방향간선

정점
a
간선
b
15
d
가중치간선
방향간선
7
가중치
방향간선
c
e

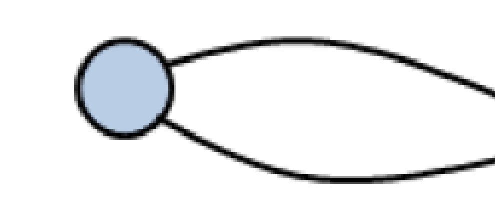
s
t

- 경로(path)
  - 임의의 정점 s에서 임의의 정점 t로 이동할 때, s에서 t로 이동하는데 사용한 정점들을 연결하고 있는 간선들의 순서로된 집합
- 회로(cycle)
  - 그래프에서 임의의 정점 s에서 같은 정점 s로의 경로들



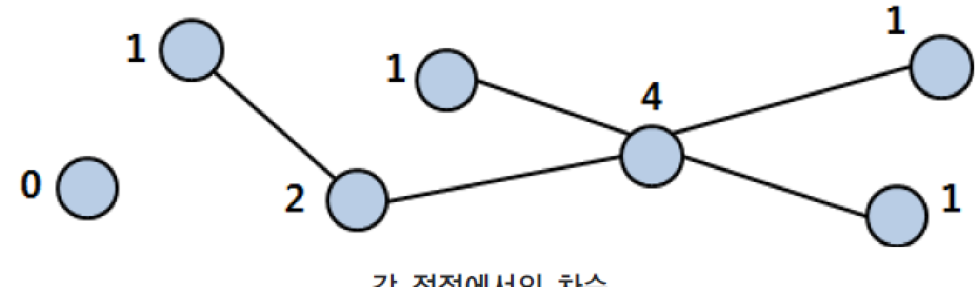
비선형구조 - 그래프

- 자기간선(loop)
  - 임의의 정점에서 자기 자신으로 연결하고 있는 간선
- 다중간선(multi edge)
  - 임의의 정점에서 다른 점점으로 연결된 간선의 수가 2개 이상일 경우



왼쪽은 자기간선 오른쪽은 다중간선을 나타낸다.

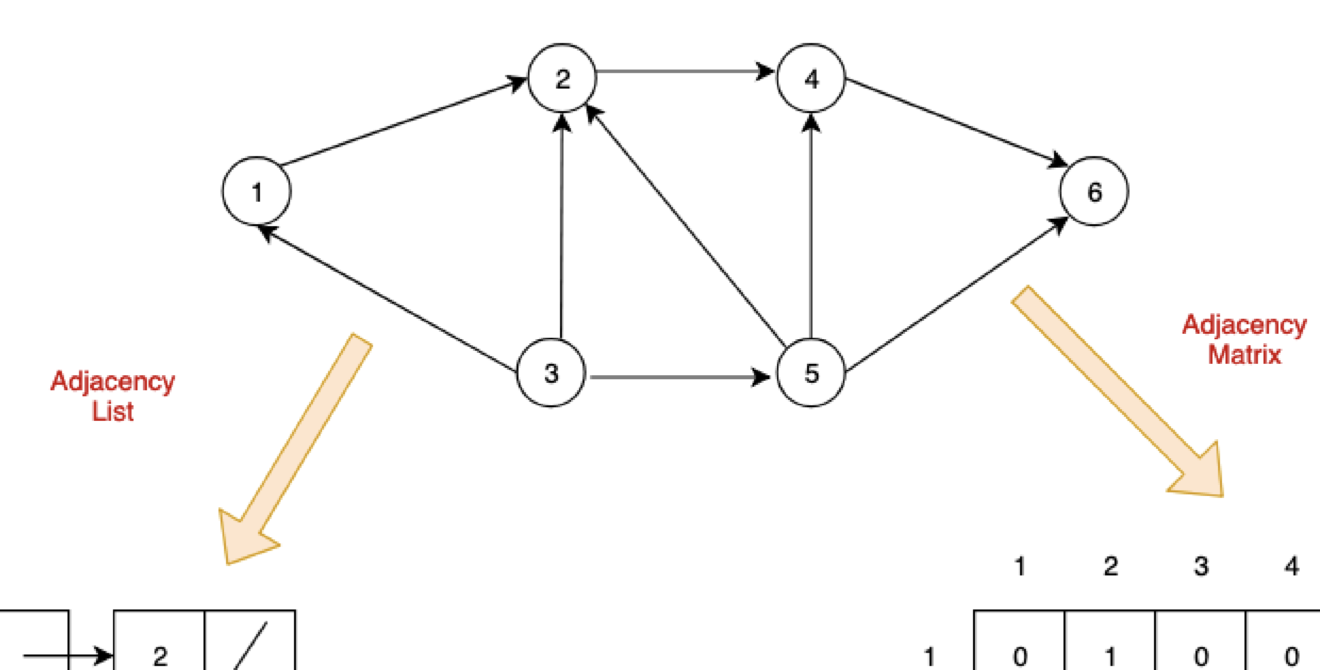
- 그래프의 차수
  - 그래프의 임의의 한 정점에서 다른 정점으로 연결된 간선의 수

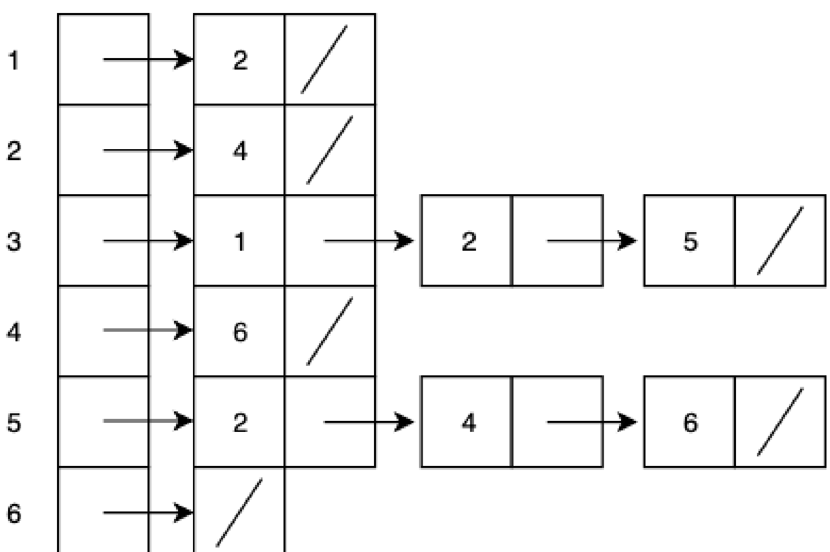


각 정점에서의 차수

비선형구조 - 그래프

- 그래프의 자료 구현
  - 인접리스트
    (adjacency list)
  - 인접행렬
    (adjacency matrix)
  - 기타방법 …





	1	2	3	4	5	6
1	0	1	0	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0
3	1	1	0	0	1	0
4	0	0	0	0	0	1
5	0	1	0	1	0	1
6	0	0	0	0	0	0

약수의 합

- 문제

  한 정수 n을 입력 받는다.

  1부터 n의 자연수들 중 n 약수의 합을 구하는 프로그램을 작성하시오.

  예를 들어 n이 10이라면,

  10의 약수는 1, 2, 5, 10이므로 구하고자 하는 값은 1 + 2 + 5 + 10을 더한 18이 된다.

- 입력

  첫 번째 줄에 정수 n이 입력된다.

  (단, 1 <= n <= 10,000,000,000(100억))

- 출력

  n의 약수의 합을 출력한다.

입력 예	출력 예
10	18

탐색공간이 매우
넓기 때문에
일반적인 방법으로는
시간 제한에 걸리게
된다.

약수의 합

- 단순 풀이

```
#include <stdio.h>
long long n;
long long solve() {
  long long ans=0;

  for(long long i=1; i<=n; i++) {
     //n이 i로 나누어 떨어지면 i는 n의 약수이다
     if(n%i==0)
        ans+=i;
  }
  return ans;
}

int main() {
    scanf("%lld", &n);
    printf("%lld\n", solve());
    return 0;
}
```

- 평가
  - 이 소스코드는 1부터 n까지의 모든 원소들을 탐색하여, 탐색 대상인 수 i가 n의 약수라면 취하는 방식으로 진행된다.
  - 따라서 계산량은 O(n)이다.
  - 이번 문제는 n의 최댓값이 100억이므로 이 방법으로는 너무 많은 시간이 걸린다.
  - 따라서 탐색영역을 배제해야 할 필요가 있다.

약수의 합

- 고찰

1) 배제를 위한 수학적 아이디어 1

모든 자연수 n에 대하여 1 과 n 은 항상 n 의 약수이다.

ex) 10의 약수
1, 2, 5, 10

ex) 16의 약수
1, 2, 4, 8, 16

```
for(int i=2; i<n; i++) {
    if(n % i==0)
        ans+=i;
}
```

- 고찰

2) 배제를 위한 수학적 아이디어 2

모든 자연수 n에 대하여,
2이상 n미만의 자연수들 중 가장 큰 n의 약수는 n/2를 넘지 않는다.

ex) 10의 약수
1, 2, 5, 10

ex) 16의 약수
1, 2, 4, 8, 16

```
for(int i=2; i<=n/2; i++) {
    if(n % i==0)
        ans+=i;
}
```

약수의 합

- 고찰

3) 배제를 위한 수학적 아이디어 3

임의의 자연수 n의 약수들 중 두 약수의 곱은, n이 되는 약수a와 약수b가 반드시 존재한다. 단, n이 완전제곱수 일 경우에는 약수 a와 약수 b가 같을 수 있다.

반쪽만 찾으면 됨

$\{1, 2, 5, 10\}$

10의 약수간 관계

반쪽만 찾으면 됨

$\{1, 2, 4, 8, 16\}$

16의 약수간 관계

약수의 개수를 c개라고 하고, d를 n의 약수 중 i번째 약수라 하면,

$$n = d_k \times d_{c-k+1}$$

완전 제곱수일 경우 우변 두 항이 동일, 최악의 경우 n 부터 $\sqrt{n}$ 까지만 검색하면 나머지 약수를 모두 찾아낼 수 있음

```
#include <math.h>
  :
    for(int i=1; i<=sqrt(n); i++) {
        if(n % i==0)
            ans+=i;
    }
```

```
    for(int i=1; i*i<=n; i++) {
        if(n % i==0)
            ans+=i;
    }
```

약수의 합

- 고찰

3) 배제를 위한 수학적 아이디어 3 구현

ex) 100의 약수 모두 구하기

① $1 \sim \sqrt{100} = 10$ 까지 조사

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

② 약수 집합a { 1, 2, 5, 10}으로부터

약수 집합b {100, 50, 20, 10}유도

③ 약수 합집합 {1,2,5,10,20,50,100}

- 수학적 배제 적용

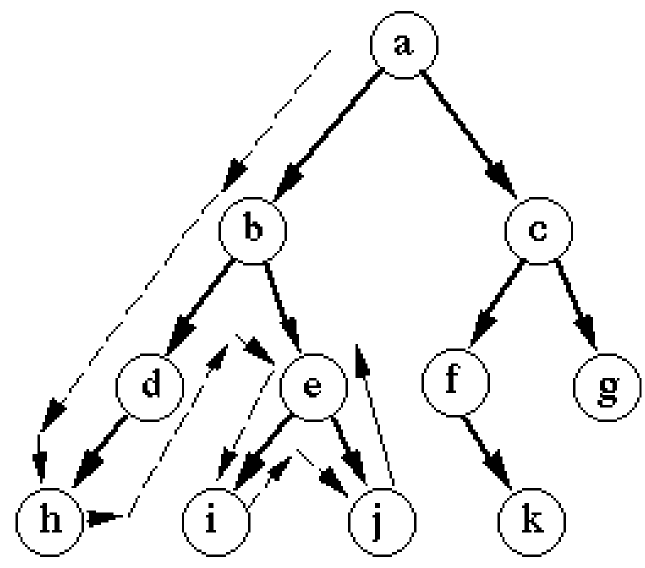
```
#include <stdio.h>
long long int n;
long long int solve() {
    long long int i, ans = 0;




    return ans;
}
int main() {
    scanf("%lld", &n);
    printf("%lld\n", solve());
    return 0;
}
```

비선형 탐색

비선형구조의 전체탐색(DFS vs BFS)

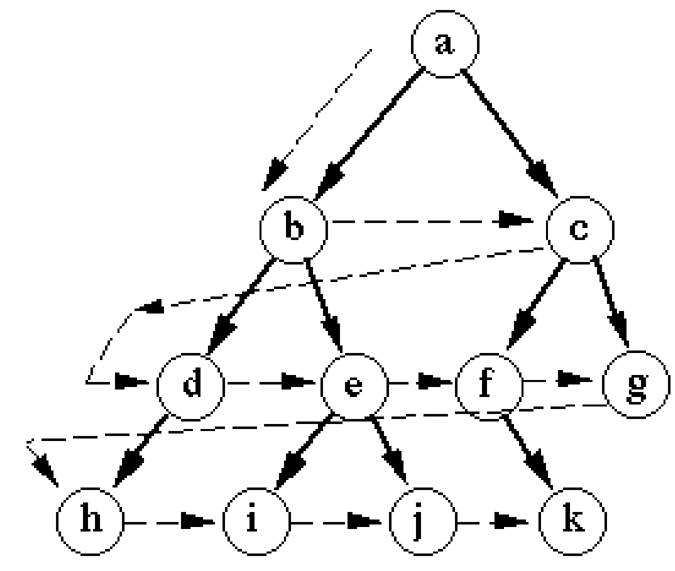
탐색

- 깊이우선탐색(DFS)



Depth-first search

- 너비우선탐색(BFS)



Breadth-first search

DFS(깊이우선탐색)	BFS(너비우선탐색)
현재 정점에서 갈 수 있는 점들까지 들어가면서 탐색	현재 정점에 연결된 가까운 점들부터 탐색
스택 또는 재귀함수로 구현	큐를 이용해서 구현

탐색

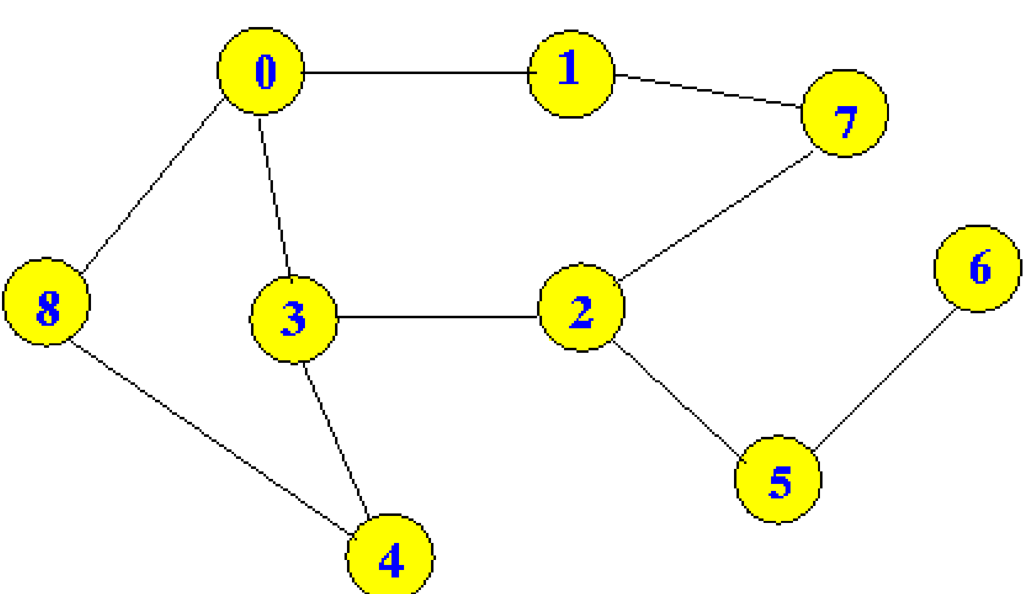
- 깊이우선탐색(DFS)
  - 최대한 깊이 내려간 뒤, 더이상 깊이 갈 곳이 없을 경우 옆으로 이동
  - 루트 노드(혹은 다른 임의의 노드)에서 시작해서 다음 분기(branch)로 넘어가기 전에 해당 분기를 완벽하게 탐색하는 방식
- 평가
  1. 깊이 우선 탐색(DFS)이 너비 우선 탐색(BFS)보다 좀 더 간단함
  2. 검색 속도 자체는 너비 우선 탐색(BFS)에 비해서 느림
- 너비우선탐색(BFS)
  - 최대한 넓게 이동한 다음, 더 이상 갈 수 없을 때 아래로 이동
  - 루트 노드(혹은 다른 임의의 노드)에서 시작해서 인접한 노드를 먼저 탐색하는 방법
  - 시작 정점으로부터 가까운 정점을 먼저 방문하고 멀리 떨어져 있는 정점을 나중에 방문하는 순회 방법

깊이우선탐색(DFS)

- 그래프의 순회

  트리와 달리 그래프는 사이클이 존재함

  방문정보를 유지하여 재방문을 막아야 함



- 깊이우선탐색 알고리즘

  : go deep(before going wide)

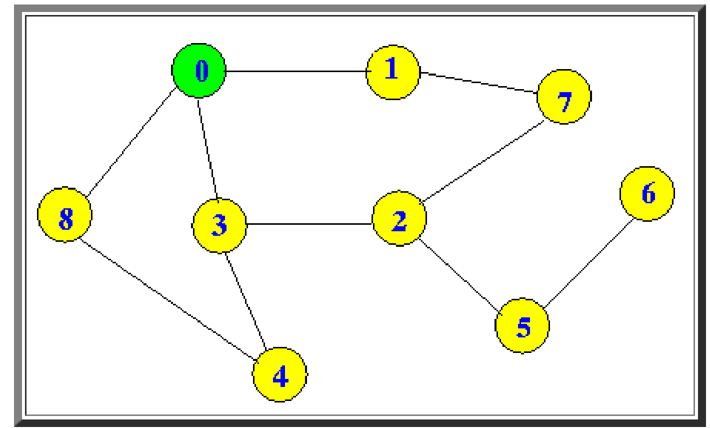
```
def dfs(k):
1) 정점 k를 처리하고 방문한 것으로 표시
2) 정점 k와 연결된 모든 정점에 대하여 방문한적이 없으면 그 정점에서 dfs, 완료되면 되돌아오기(백트랙)
```

image source: https://www.cs.emory.edu/~cheung/Courses/253/Syllabus/Graph/bfs.html

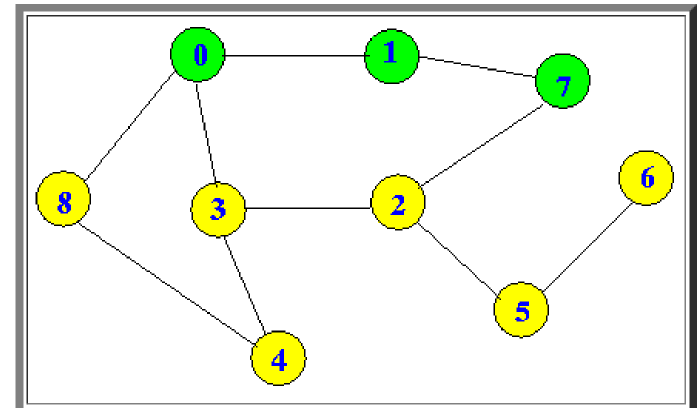
깊이우선탐색(DFS)

- 탐색순서

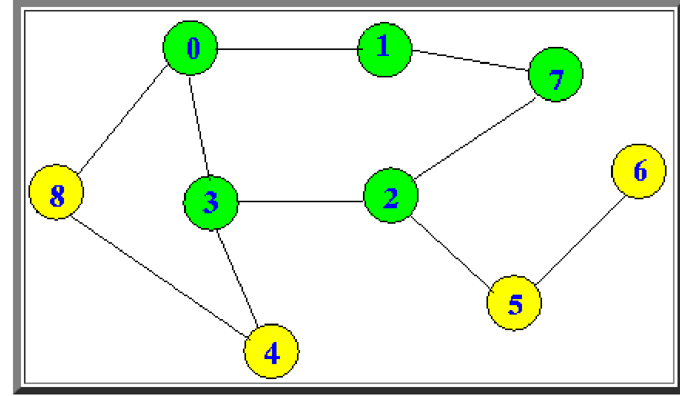
① dfs(0):



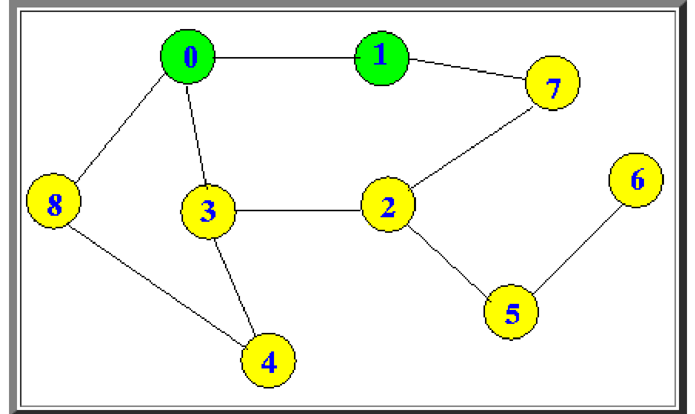
- ~~dfs(1) → dfs(0)~~ (because node 0 is "visited"); dfs(1) → dfs(7)



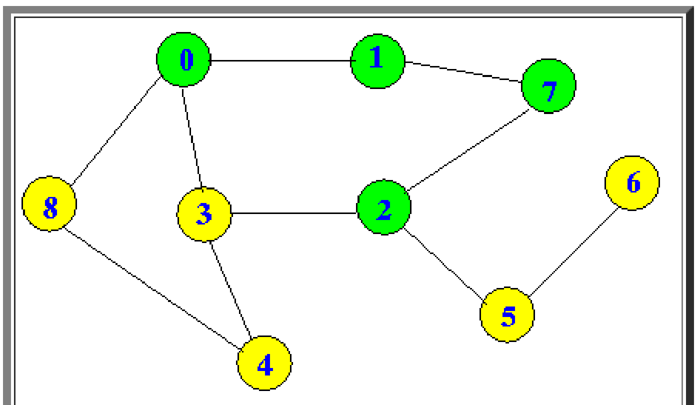
- dfs(2) → dfs(3)



② dfs(0) → dfs(1)



- ~~dfs(7) → dfs(1)~~; dfs(7) → dfs(2)



- ~~dfs(3) → dfs(0)~~; ~~dfs(3) → dfs(2)~~; dfs(3) → dfs(4)

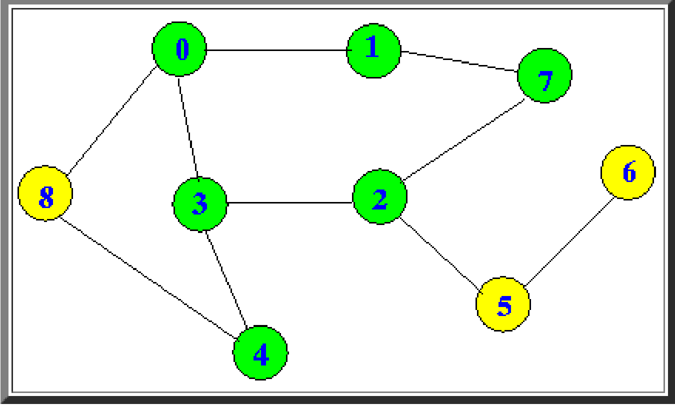
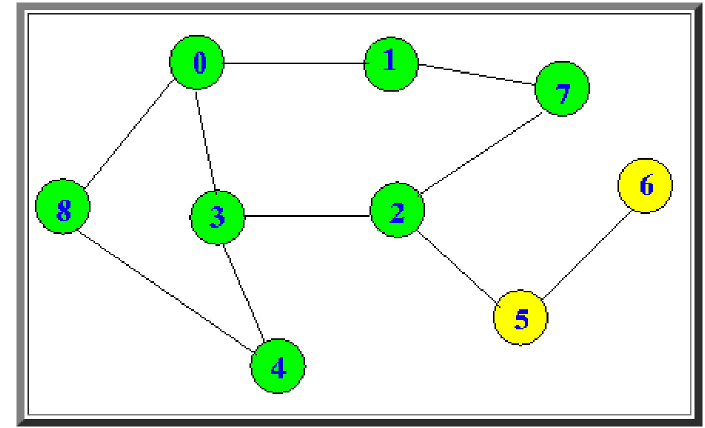


image source: https://www.cs.emory.edu/~cheung/Courses/253/Syllabus/Graph/bfs.html

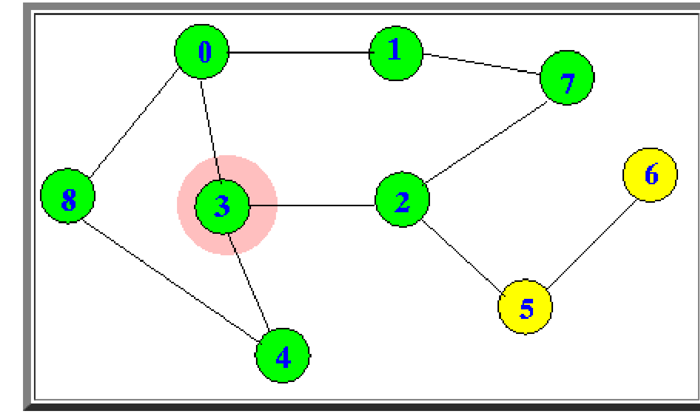
깊이우선탐색(DFS)

- 탐색순서

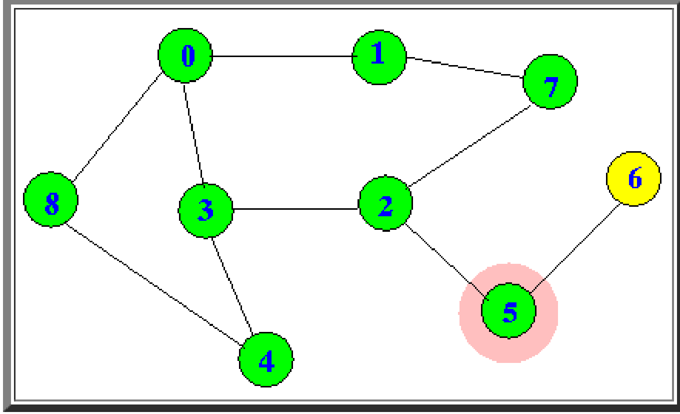
- ~~dfs(4) → dfs(3)~~; dfs(4) → dfs(8)



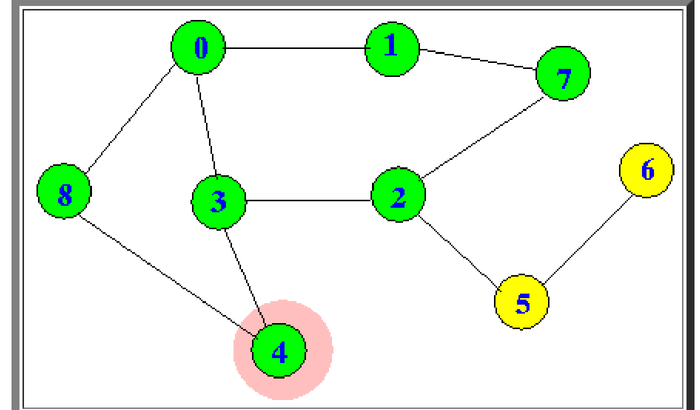
- return to dfs(3)



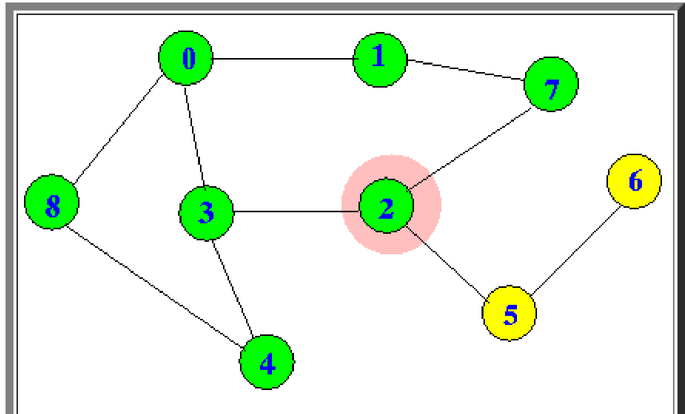
- ~~dfs(2) → dfs(3)~~; dfs(2) → dfs(5)



- ~~dfs(8) → dfs(0)~~; ~~dfs(8) → dfs(4)~~; return to dfs(4)



- return to dfs(2)



- ~~dfs(5) → dfs(2)~~; dfs(5) → dfs(6)

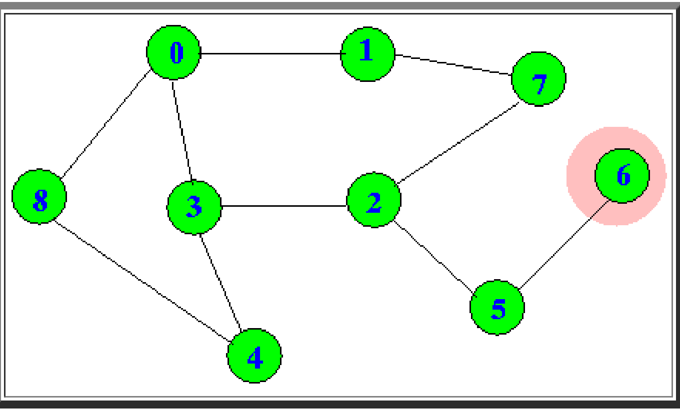
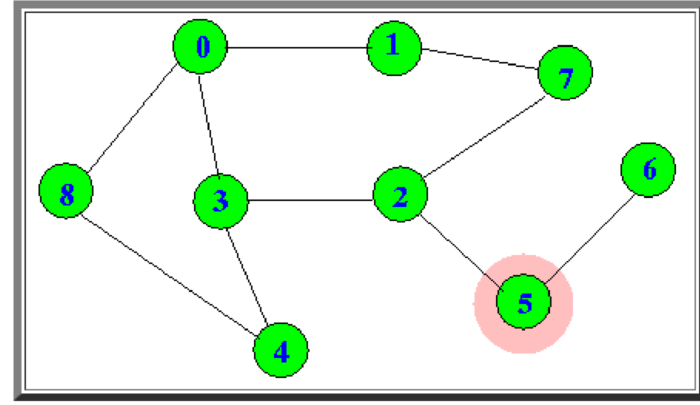


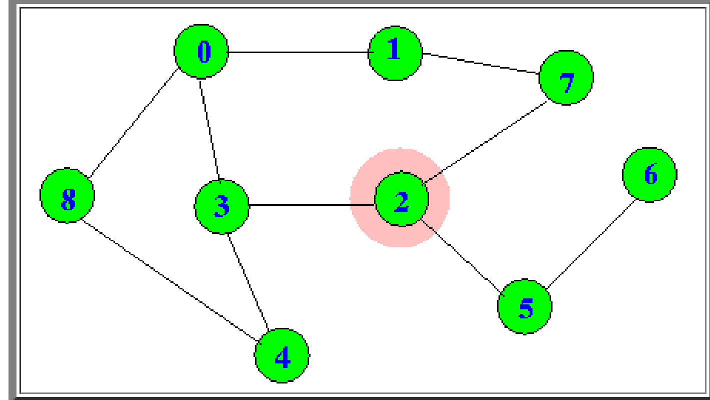
image source: https://www.cs.emory.edu/~cheung/Courses/253/Syllabus/Graph/bfs.html

깊이우선탐색(DFS)

- 탐색순서
  - ~~dfs(6) → dfs(5)~~; return to dfs(5)



  - return to dfs(2)



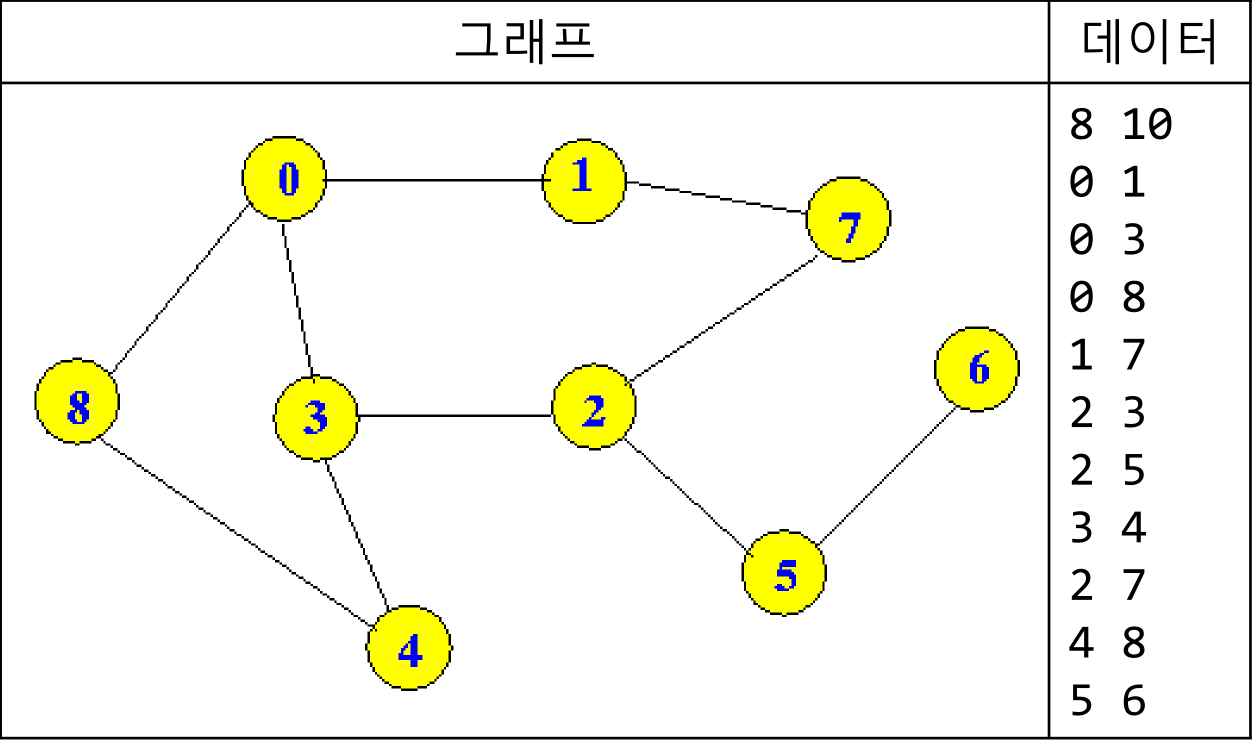
  - return to dfs(7)
  - return to dfs(1)
  - return to dfs(0)

    DONE

image source: https://www.cs.emory.edu/~cheung/Courses/253/Syllabus/Graph/bfs.html

깊이우선탐색(DFS)

- vector를 인접리스트로 활용




```
int n, m;
vector<vector<int>> G;
vector<bool> visited;

void input_G() {
   scanf("%d %d", &n, &m);
   // 정점이 0부터 시작하므로 n+1
   G.resize(n+1); // 공간확보
   visited.assign(n+1, 0);

   for(int i=0; i<m; i++) {
      int a, b;
      scanf("%d %d", &a, &b);
      // 양방향 연결이므로 a→b, a←b
      G[a].push_back(b);
      G[b].push_back(a);
   }
}

int main() {
   input_G();
}
```

```
 idx   [0][1][2]
G[0]:  1  3  8
G[1]:  0  7
G[2]:  3  5  7
G[3]:  0  2  4
G[4]:  3  8
G[5]:  2  6
G[6]:  5
G[7]:  1  2
G[8]:  0  4

visited[0]: 0
visited[1]: 0
visited[2]: 0
visited[3]: 0
visited[4]: 0
visited[5]: 0
visited[6]: 0
visited[7]: 0
visited[8]: 0
```

깊이우선탐색(DFS)

- DFS 알고리즘 구현(인접리스트)
  - DFS 알고리즘

def dfs(k):

1) 정점 k를 처리하고 방문한 것으로 표시
2) 정점 k와 연결된 모든 정점에 대하여 방문한 적이 없으면 그 정점에서 dfs, dfs 완료되면 되돌아오기(백트랙)

dfs함수가 종료되면 호출 위치로 알아서 되돌아오므로 딱히 백트랙을 구현할 필요는 없음.

```
int n, m;
vector<vector<int>> G;
vector<bool> visited;

// 정점 k에서 dfs
void dfs(int k) {
  // 정점 k를 방문하였음을 출력
  printf("dfs(%d) started.\n", k);
  // 나중에 다시오지 않기 위해 방문을 표시하고,
           ?

  // 정점 k와 연결된 모든 정점에 대하여
  for (int i=0; i<G[k].size(); i++) {
    // k와 연결된 i번째 정점에 방문한 적 없으면,
    if (        ?        ) {
      // 그 정점에서 다시 dfs 시작
               ?
      // dfs 완료하고 돌아왔다고 메시지 출력
      printf("return to dfs(%d).\n", k);
    }
  }
  return; //연결된 모든 정점을 방문완료하여 되돌아가기
}
```

idx	[0]	[1]	[2]
G[0]:	1	3	8
G[1]:	0	7	
G[2]:	3	5	7
G[3]:	0	2	4
G[4]:	3	8	
G[5]:	2	6	
G[6]:	5		
G[7]:	1	2	
G[8]:	0	4	

visited[0]: 0
visited[1]: 0
visited[2]: 0
visited[3]: 0
visited[4]: 0
visited[5]: 0
visited[6]: 0
visited[7]: 0
visited[8]: 0

깊이우선탐색(DFS) 전체 소스코드

https://algo.datahub.pe.kr/src/dfs_full_src_quiz.cpp

```
#include <stdio.h>
#include <vector>
using namespace std;
int n, m;
vector<vector<int>> G;
vector<bool> visited;

void input_G() {
  scanf("%d %d", &n, &m);
  G.resize(n+1);  // 정점이 0부터 시작하므로 n+1
  visited.assign(n+1, 0);
  for(int i=0; i<m; i++) {
    int a, b;
    scanf("%d %d", &a, &b);
    G[a].push_back(b);
    G[b].push_back(a);
  }
}
void output_G() {
  printf("\n");
  for(int a=0; a<G.size(); a++) {
    printf("%2d:", a);
    for(int i : G[a])
      printf("%3d", i);
    printf("\n");
  }
  printf("\n");
}
```

```
// 정점 k에서 dfs
void dfs(int k) {
  // 정점 k를 방문하였음을 출력
  printf("dfs(%d) started.\n", k);
  // 나중에 다시오지 않기 위해 방문을 표시하고,


  // 정점 k와 연결된 모든 정점에 대하여
  for (int i=0; i<          ; i++) {
    // 정점k의 i번째 정점에 방문한 적이 없으면,
    if (              ) {
      // 그 정점에서 다시 dfs 시작

      // dfs 완료하고 돌아왔다고 메시지 출력
      printf("return to dfs(%d).\n", k);
    }
  }
  return;
}

int main() {
  input_G();
  output_G();
  dfs(0);
}
```



```
0:  1  3  8
1:  0  7
2:  3  5  7
3:  0  2  4
4:  3  8
5:  2  6
6:  5
7:  1  2
8:  0  4

dfs(0) started.
dfs(1) started.
dfs(7) started.
dfs(2) started.
dfs(3) started.
dfs(4) started.
dfs(8) started.
return to dfs(4).
return to dfs(3).
return to dfs(2).
dfs(5) started.
dfs(6) started.
return to dfs(5).
return to dfs(2).
return to dfs(7).
return to dfs(1).
return to dfs(0).
```

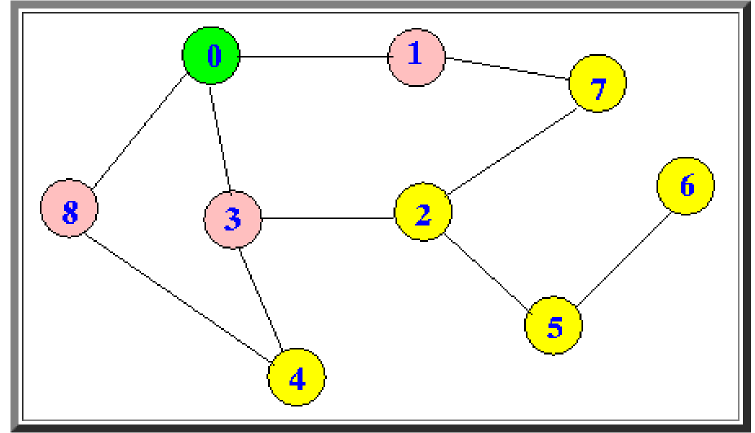
너비우선탐색(BFS)

- 너비우선탐색 알고리즘

  : Breadth First Search

1. 정점 k를 처리하고 큐에 삽입, k를 방문한 것으로 표시
2. 큐가 빌 때까지 다음을 반복:
   1) 큐에서 첫 번째 항목 삭제
   2) 삭제된 항목과 이웃하는 모든 정점에 대하여 방문하지 않은 정점이라면,
      ① 그 정점을 처리하고 큐에 삽입
      ② 그 정점에 방문을 표시

- 너비 우선의 의미
  - Visit ***all*** **the neighbors** first:



  - ***Only*** then visit the ***neighbors'*** **neighbors**:

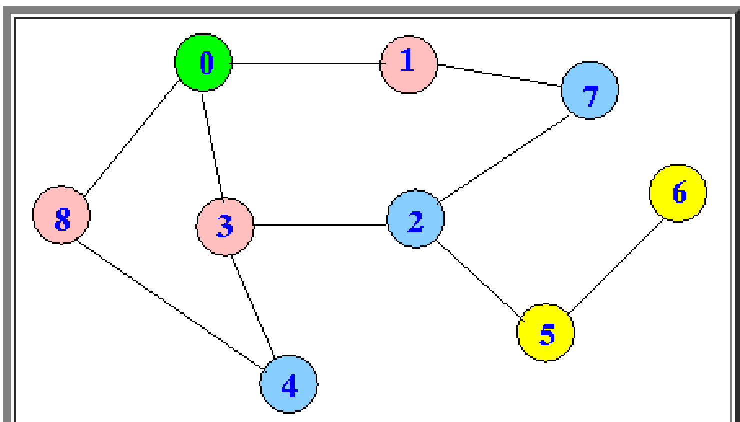
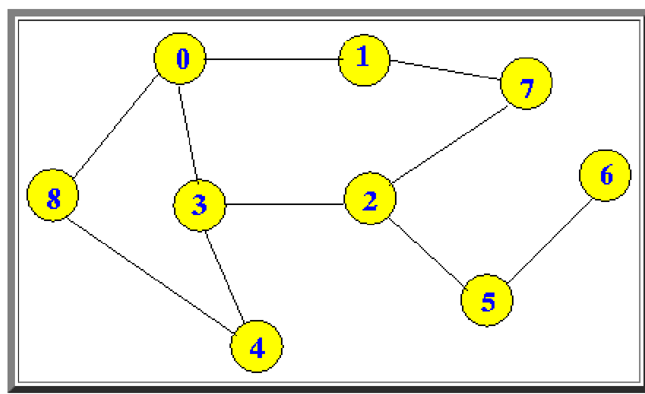


image source: https://www.cs.emory.edu/~cheung/Courses/253/Syllabus/Graph/bfs.html

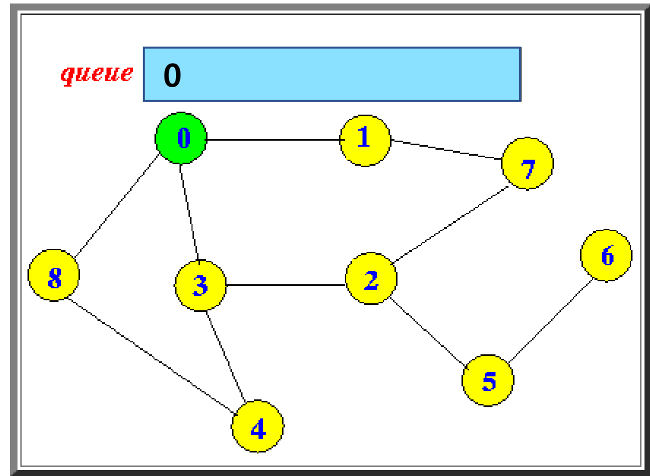
너비우선탐색(BFS)

1. 정점 k를 처리하고 큐에 삽입, k를 방문한 것으로 표시
2. 큐가 빌 때까지 다음을 반복:
   1) 큐에서 첫 번째 항목 삭제
   2) 삭제된 항목과 이웃하는 모든 정점에 대하여 방문하지 않은 정점이라면,
      ① 그 정점을 처리하고 큐에 삽입
      ② 그 정점에 방문을 표시

① **Graph:**

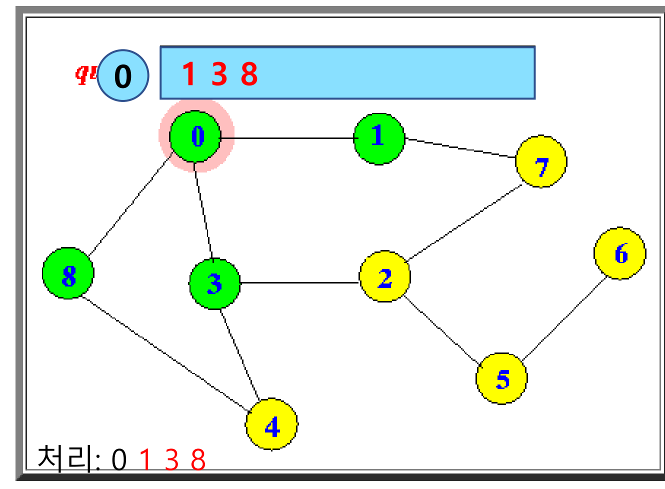


② **Initial state:**

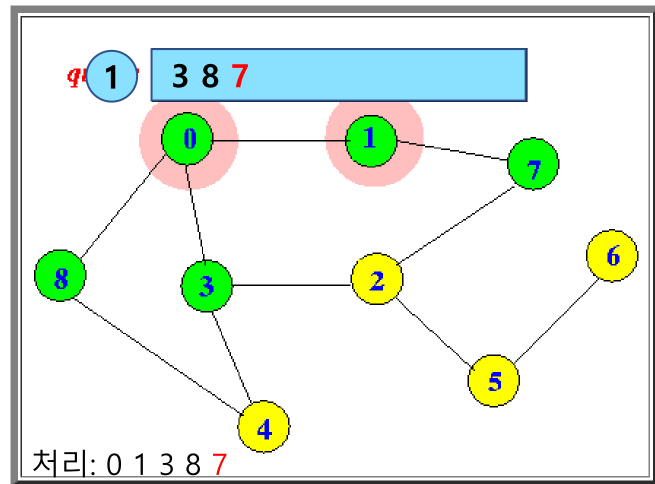


처리: 0

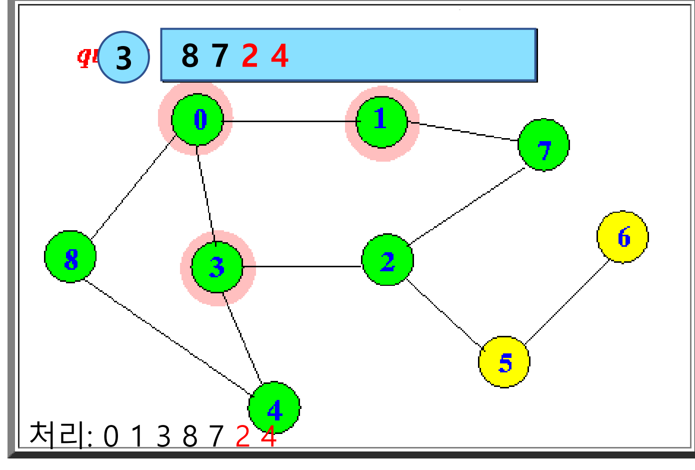
- State *after* processing 0



- State *after* processing 1



- State *after* processing 3



- State *after* processing 8

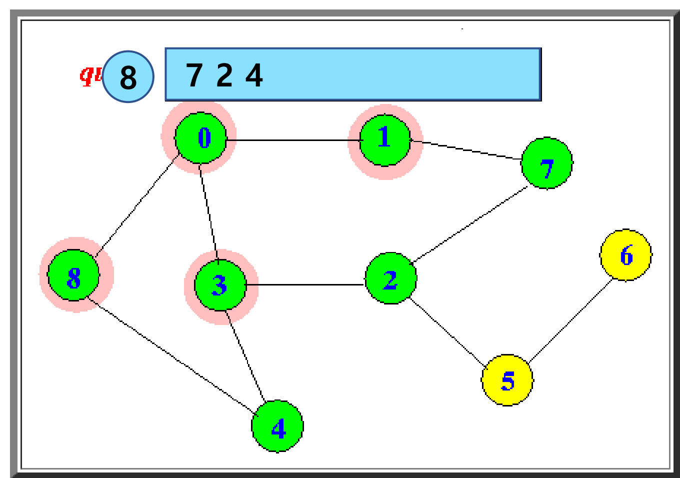
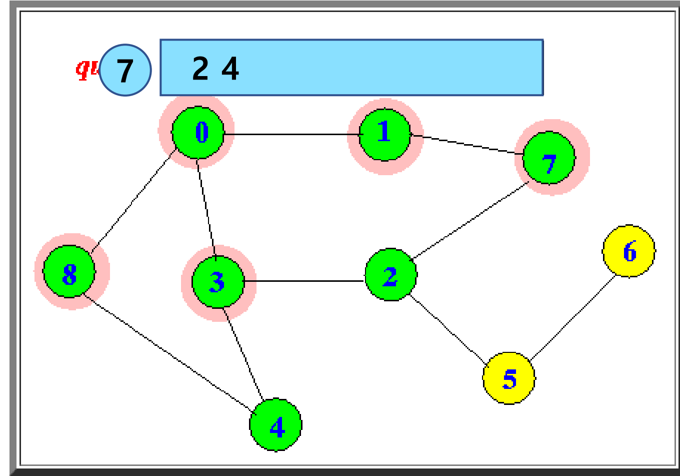


image source: https://www.cs.emory.edu/~cheung/Courses/253/Syllabus/Graph/bfs.html

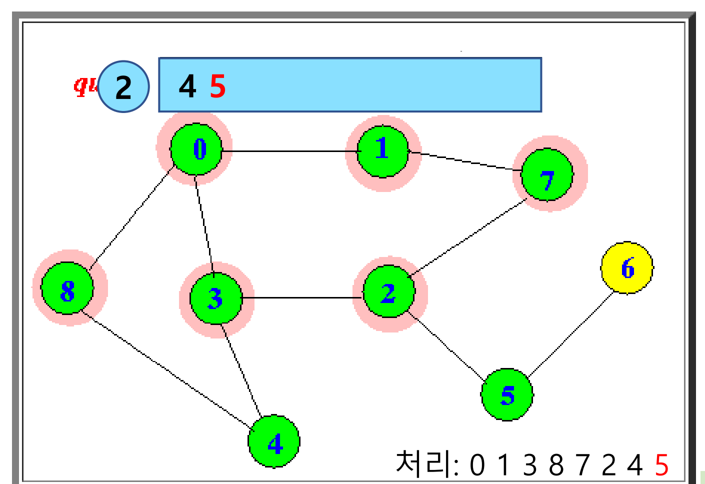
너비우선탐색(BFS)

① State *after* processing 7

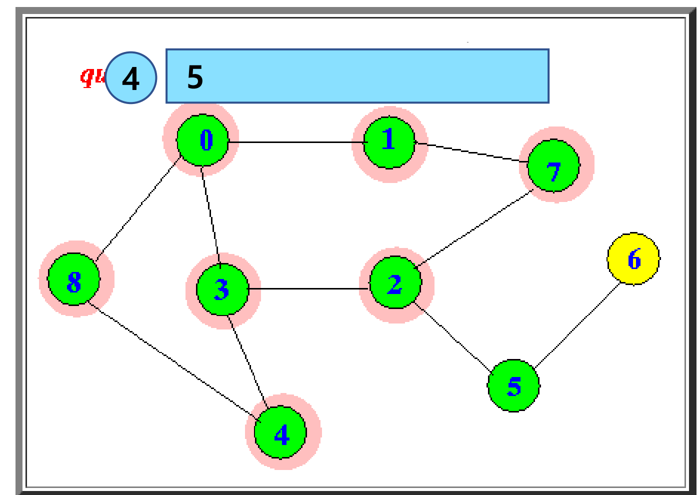


②

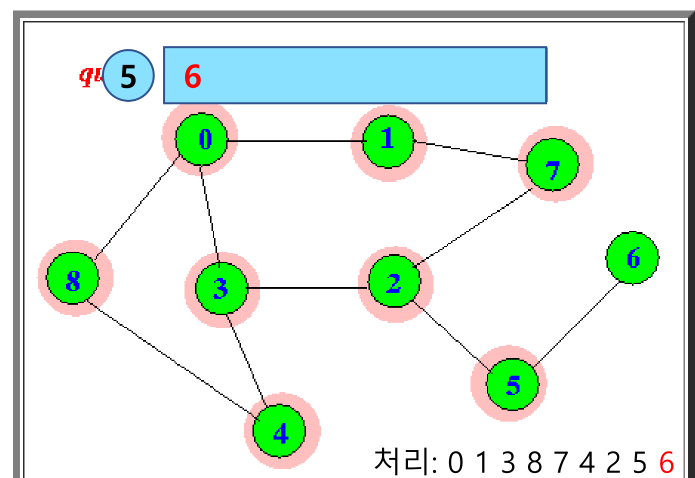
- State *after* processing 2



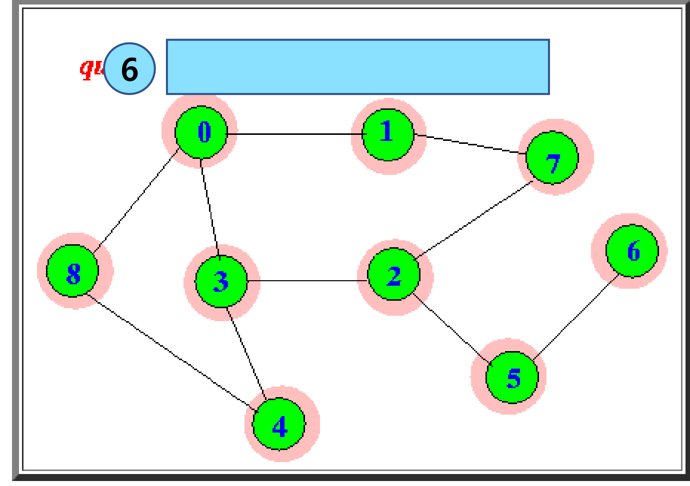
- State *after* processing 4



- State *after* processing 5



- State *after* processing 6



- DONE

(The **queue** has become **empty**)

image source: https://www.cs.emory.edu/~cheung/Courses/253/Syllabus/Graph/bfs.html

너비우선탐색

- 너비우선탐색 알고리즘
  : Breadth First Search
  1. 정점 k를 처리하고 큐에 삽입, k를 방문한 것으로 표시
  2. 큐가 빌 때까지 다음을 반복:
     1) 큐에서 첫 번째 항목 삭제
     2) 삭제된 항목과 이웃하는 모든 정점에 대하여 방문하지 않은 정점이라면,
        ① 그 정점을 처리하고 큐에 삽입
        ② 그 정점에 방문을 표시

```
int n, m;
vector<vector<int>> G;
vector<bool> visited;

// 정점 k에서 bfs 시작
void bfs(int k) {
  queue<int> Q;   // 방금 방문한 이웃의 정점을 넣어 놓는 큐

  printf("bfs: (%d)\n", k);
  Q.push(k);          // 시작 정점을 Q에 삽입
  visited[k]=1;       // 시작 정점 방문했다고 표시

  while(    ?    ) {     // 큐에 내용물 있으면 계속반복
    int cur=Q.front();   // 큐의 첫번째 원소
    Q.pop();             // 빼냄(삭제)
    printf("%d deleted.\nbfs: ", cur);

    // 방금 전에 삭제한 정점과 이웃하는 모든 정점에 대하여
    for(int i=0; i<G[cur].size(); i++) {
      // 방문한 적이 없으면
      if(      ?      ) {
        printf("(%d) ", G[cur][i]);
              ?
              ?
      }
    }
    printf("\n");
  }
}
```

idx	[0]	[1]	[2]
G[0]:	1	3	8
G[1]:	0	7	
G[2]:	3	5	7
G[3]:	0	2	4
G[4]:	3	8	
G[5]:	2	6	
G[6]:	5		
G[7]:	1	2	
G[8]:	0	4	

너비우선탐색(BFS) 전체 소스코드

https://algo.datahub.pe.kr/src/bfs_full_src_quiz.cpp

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

int n, m;
vector<vector<int>> G;
vector<bool> visited;

// 현재 큐의 모습을 출력
void output_Q(queue<int> Q) {
  printf("Q:[");
  while(!Q.empty()) {
    int cur=Q.front();
    printf("%3d", cur);
    Q.pop();
  }
  printf("], ");
}
```

1. 정점 k를 처리하고 큐에 삽입, k를 방문한 것으로 표시
2. 큐가 빌 때까지 다음을 반복:
   1) 큐에서 첫 번째 항목 삭제
   2) 삭제된 항목과 이웃하는 모든 정점에 대하여 방문하지 않은 정점이라면,
      ① 그 정점을 처리하고 큐에 삽입
      ② 그 정점에 방문을 표시

```
// 정점 k에서 bfs
void bfs(int k) {
  queue<int> Q;

  printf("bfs: (%d)\n", k);
  Q.push(k);          // 시작 정점을 Q에 삽입
  visited[k]=1;       // 시작 정점 방문했다고 표시

  while(!Q.empty()) {
    output_Q(Q);

    int cur=                  // 큐의 첫번째 원소
    Q.    ();                 // 빼냄(삭제)
    printf("%d deleted.\nbfs: ", cur);

    // 삭제한 정점과 이웃하는 모든 정점에 대하여
    for(int i=0; i<                ; i++) {
      // 방문한 적이 없으면
      if(!visited[           ]) {
        printf("(%d) ", G[cur][i]);
        Q.push(         );
        visited[      ]=1;
      }
    }
    printf("\n");
  }
}
```

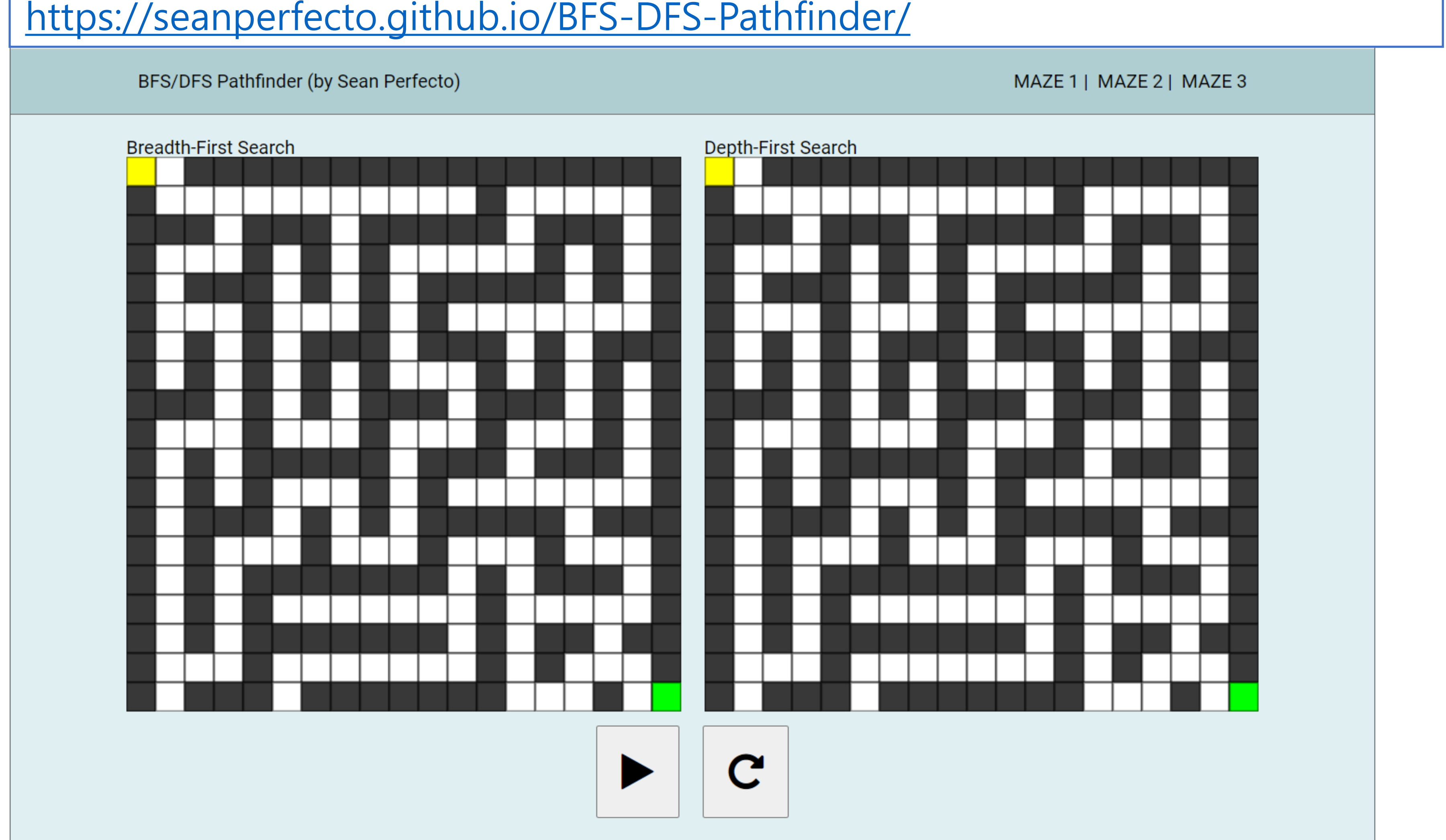


```
void output_G() {
  printf("\n");
  for(int a=0; a<=n; a++) {
    printf("%2d:", a);
    for(int i : G[a])
      printf("%3d", i);
    printf("\n");
  }
  printf("\n");
}

void input_G() {
  scanf("%d %d", &n, &m);
  // 정점이 0부터 시작하므로 n+1
  G.resize(n+1);
  visited.assign(n+1, 0);

  for(int i=0; i<m; i++) {
    int a, b;
    scanf("%d %d", &a, &b);
    G[a].push_back(b);
    G[b].push_back(a);
  }
}

int main() {
  input_G();
  output_G();
  bfs(0);
}
```

```
0:  1  3  8
1:  0  7
2:  3  5  7
3:  0  2  4
4:  3  8
5:  2  6
6:  5
7:  1  2
8:  0  4

bfs: (0)
Q:[ 0], 0 deleted.
bfs: (1) (3) (8)
Q:[ 1 3 8], 1 deleted.
bfs: (7)
Q:[ 3 8 7], 3 deleted.
bfs: (2) (4)
Q:[ 8 7 2 4], 8 delete
bfs:
Q:[ 7 2 4], 7 deleted.
bfs:
Q:[ 2 4], 2 deleted.
bfs: (5)
Q:[ 4 5], 4 deleted.
bfs:
Q:[ 5], 5 deleted.
bfs: (6)
Q:[ 6], 6 deleted.
bfs:
```

미로 탈출 (BFS vs DFS)

https://seanperfecto.github.io/BFS-DFS-Pathfinder/



미로 탈출

▪ 문제

정진이는 벽과 길로 만들어진 N행 M열(세로 N칸, 가로 M칸) 크기의 미로에 갇혀 있다.

미로에서는 한 번에 한 칸씩만 이동할 수 있다. 벽은 0으로, 길은 0아닌 수로 표시된다.

정진이가 미로에서 탈출하기 위해 이동하여야 하는 최소 칸수를 구하시오. 시작 칸과 마지막 칸도 이동거리에 포함시킨다.

입력 예	출력 예
7 8 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 1 1 1 1 1 8 1 1 1 0 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 9 0 0 0 1 1 1 0 1	11

▪ 입력

첫 번째 줄에 두 정수 N, M이 주어진다.

(4 ≤ N, M ≤ 200)

다음 N개의 줄에는 각각 M개의 정수로 미로의 정보가 주어진다. 숫자는 각각 다음을 의미한다.

(0: 벽, 1: 길, 8: 시작위치, 9: 도착위치)

▪ 출력

첫 번째 줄에 최소 이동 칸의 개수를 출력한다.

미로 탈출

- 지도 데이터

  7 8

  1 0 1 0 0 0 0 1

  1 0 1 0 0 1 1 1

  1 1 8 1 1 1 0 1

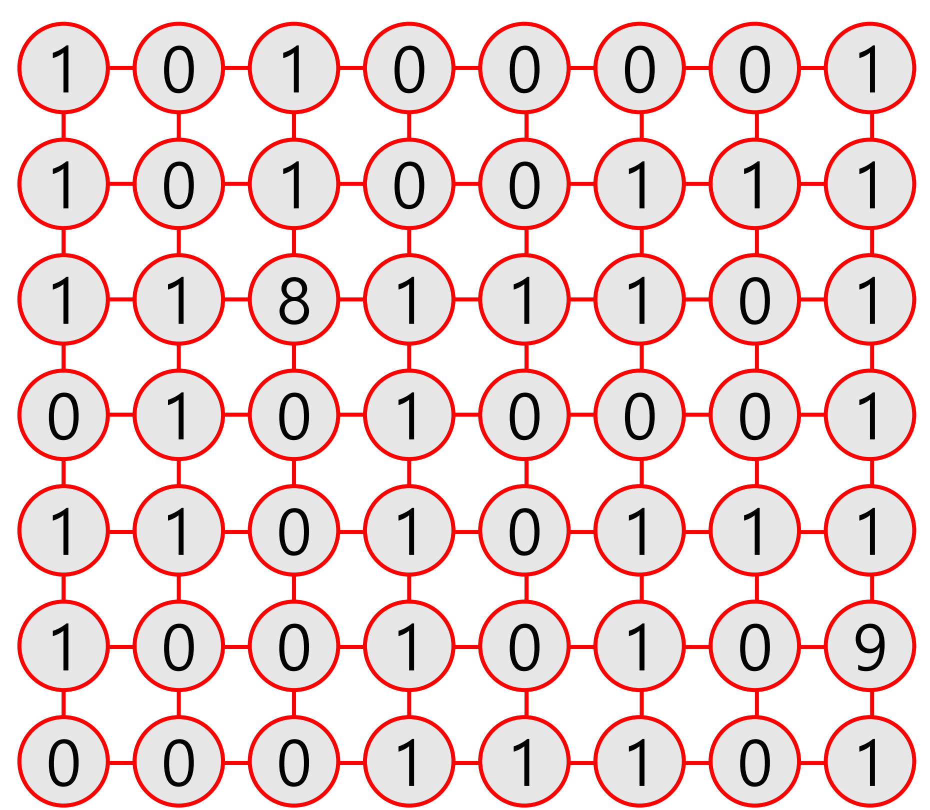
  0 1 0 1 0 0 0 1

  1 1 0 1 0 1 1 1

  1 0 0 1 0 1 0 9

  0 0 0 1 1 1 0 1

- 그래프로 해석
  - 지도데이터를 그래프로보고 탐색기법 적용



미로 탈출 (초기설계)

```
#include <stdio.h>
#include <algorithm>
#include <queue>
#define  MAX_INT 0x7fffffff
using namespace std;

typedef struct {
    int a, b;    // a행 b열
} vertex;

int n, m;          // n행 m열
int M[201][201]; // 지도 정보
int Sa, Sb;  //출발지 a행 b열
int Ga, Gb;  //목적지 a행 b열

// 이동할 네 가지 방향 정의, 아래와 같이 적으면
// 아래, 오른쪽, 위쪽, 왼쪽 순서로 탐색하게 됨.
int da[] = {1, 0,-1, 0}; // 행(세로) 방향
int db[] = {0, 1, 0,-1}; // 열(가로) 방향

bool safe(int a, int b) {  // a행 b열
    return (0<=a && a<n) && (0<=b && b<m);
}
```

```
void input() {
   // (n행 m열)
   scanf("%d %d", &n, &m);
   // 2차원 리스트의 맵 정보 입력 받기
   for(int a=0; a<n; a++) {
       for(int b=0; b<m; b++) {
          int c;
          scanf("%d", &c);

          if(c==8) // 출발지 설정
             Sa=a, Sb=b;
          else if(c==9) // 목적지 설정
             Ga=a, Gb=b;

          // 모든 길을 -1로 변경
          // a행 b열에 삽입
          if(c>=1)
             M[a][b]=-1;
          else
             M[a][b]=0;
      }
   }
}
```

```
// 현재 맵에서 탐색 상태를 출력
void output(const char* title, int dist) {
    // 제목출력
    printf("\n[%s] (%d)\n", title, dist);

    for(int a = 0; a < n; a++) {
        for(int b = 0; b < m; b++) {
            printf("%3d", M[a][b]);
        }
        printf("\n");
    }
}

void dfs(int a, int b, int d) {
}

int main(void) {
    input();
    output("initial state",-1);
    // dfs 또는 bfs 하나의 함수만 호출할 것!
    dfs(Sa, Sb, 1);  // Sa행 Sb열에서 DFS시작
    //bfs(Sa, Sb, 1);  //Sa행 Sb열에서 BFS시작
    output("last state", -1);
    return 0;
}
```

미로 탈출 - DFS로 구현

▪ DFS 알고리즘

```
def dfs(k):
 1)정점 k를 처리하고 방문한 것으로 표시
 2)k와 연결된 모든 정점에 대하여
   방문한적이 없으면 그 정점에서 dfs,
   방문이 완료되면 되돌아 오기
```

▪ 초기맵 상태

Sa, Sb = (2, 2)
Ga, Gb = (5, 7)

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	-1	0	-1	0	0	0	0	-1
1	-1	0	-1	0	0	-1	-1	-1
2	-1	-1	**-1**	-1	-1	-1	0	-1
3	0	-1	0	-1	0	0	0	-1
4	-1	-1	0	-1	0	-1	-1	-1
5	-1	0	0	-1	0	-1	0	**-1**
6	0	0	0	-1	-1	-1	0	-1

▪ DFS 구현

```
// a행, b열에서 dfs, 현재까지 계산한 거리는 d
void dfs(int a, int b, int d) {
        ?          //① a행 b열에 거리 기록
    //② 방문한 것으로 표시 이거 안해도 됨?
    //④ 목적지에 도착하면 맵상태와 도달거리 출력

                 ?

    //③ 4방향으로 dfs
    // da, db배열을 이용하여 for문으로 간략화 가능
                                     // ↓
                                     // →
                 ?
                                     // ↑
                                     // ←
}
```

미로 탈출 - DFS로 구현

- 결과 고찰

```
7 8
1 0 1 0 0 0 0 1
1 0 1 0 0 1 1 1
1 1 8 1 1 1 0 1
0 1 0 1 0 0 0 1
1 1 0 1 0 1 1 1
1 0 0 1 0 1 0 9
0 0 0 1 1 1 0 1

[initial state] (-1)
 -1  0 -1  0  0  0  0 -1
 -1  0 -1  0  0 -1 -1 -1
 -1 -1 -1 -1 -1 -1  0 -1
  0 -1  0 -1  0  0  0 -1
 -1 -1  0 -1  0 -1 -1 -1
 -1  0  0 -1  0 -1  0 -1
  0  0  0 -1 -1 -1  0 -1
```

```
[DFS success] (13)
 -1  0 -1  0  0  0  0 -1
 -1  0 -1  0  0 -1 -1 -1
 -1 -1  1  2 -1 -1  0 -1
  0 -1  0  3  0  0  0 -1
 -1 -1  0  4  0 10 11 12
 -1  0  0  5  0  9  0 13
  0  0  0  6  7  8  0 -1

[last state] (-1)
  5  0  3  0  0  0  0 16
  4  0  2  0  0 17 16 15
  3  2  1  2 19 18  0 14
  0  3  0  3  0  0  0 13
  5  4  0  4  0 10 11 12
  6  0  0  5  0  9  0 13
  0  0  0  6  7  8  0 -1
```

  - 엥? 최적해가 아닌데…
  - 왜 최적해를 못 찾지?
  - 원래 전체탐색이 진행되어야 하는데…

- DFS 구현

```
// a행, b열에서 dfs, 현재까지 계산한 거리는 d
void dfs(int a, int b, int d) {
    M[a][b] = d;  //① a행 b열에 거리 기록
    //② 방문한 것으로 표시 이거 안해도 됨?
    //④ 목적지에 도착하면 맵상태와 도달거리 출력
    if(a==Ga && b==Gb) {
        output("DFS success", d);
        return;
    }

    //③ 4방향으로 dfs
    // da, db배열을 이용하여 for문으로 간략화 가능
    if(safe(a+1, b) && M[a+1][b]==-1) // ↓
        dfs(a+1, b, d+1);
    if(safe(a, b+1) && M[a][b+1]==-1) // →
        dfs(a, b+1, d+1);
    if(safe(a-1, b) && M[a-1][b]==-1) // ↑
        dfs(a-1, b, d+1);
    if(safe(a, b-1) && M[a][b-1]==-1) // ←
        dfs(a, b-1, d+1);
}
```

미로 탈출 - DFS로 구현

- 이전 버전

```
// a행, b열에서 dfs, 현재까지 계산한 거리는 d
void dfs(int a, int b, int d) {
    M[a][b] = d;  //① a행 b열에 거리 기록
    //② 방문한 것으로 표시 이거 안해도 됨?
    //④ 목적지에 도착하면 맵상태와 도달거리 출력
    if(a==Ga && b==Gb) {
        output("DFS success", d);
        return;
    }

    //③ 4방향으로 dfs
    // da, db배열을 이용하여 for문으로 간략화 가능
    if(safe(a+1, b) && M[a+1][b]==-1) // ↓
        dfs(a+1, b, d+1);
    if(safe(a, b+1) && M[a][b+1]==-1) // →
        dfs(a, b+1, d+1);
    if(safe(a-1, b) && M[a-1][b]==-1) // ↑
        dfs(a-1, b, d+1);
    if(safe(a, b-1) && M[a][b-1]==-1) // ←
        dfs(a, b-1, d+1);
}
```

- 방향 탐색 배열이용 업데이트

```
// 이동할 네 가지 방향 정의, 아래와 같이 적으면
// 아래, 오른쪽, 위쪽, 왼쪽 순서로 탐색하게 됨.
int da[] = {1, 0,-1, 0}; // 행(세로) 방향
int db[] = {0, 1, 0,-1}; // 열(가로) 방향

// a행, b열에서 dfs, 현재까지 계산한 거리는 d
void dfs(int a, int b, int d) {
    M[a][b] = d;
    if(a==Ga && b==Gb) {
        output("DFS success", d);
        return;
    }

    //③ 4방향으로 dfs
    for(int i=0; i<4; i++) {
        int na = a+da[i], nb = b+db[i];
        if(safe(na, nb) && M[na][nb]==-1) {
            dfs(na, nb, d+1);
        }
    }
}
```

미로 탈출 - DFS로 구현

- DFS 구현 업데이트

```
// 최소거리(최적해)를 저장하기 위한 변수 셋팅
              ?
// a행, b열에서 dfs, 현재까지 계산한 거리는 d
void dfs(int a, int b, int d) {
    M[a][b] = d;
    if(a==Ga && b==Gb) {
        // 더 짧은 방법을 찾으면 최소거리 업데이트
                ?
        output("DFS success", d);
        return;
    }
    //③ 4방향으로 dfs 방법 업데이트, 백트랙시 길 복원
                    ?
}
```

- 결과 확인

```
[initial state] (-1)
 -1  0 -1  0  0  0  0 -1
 -1  0 -1  0  0 -1 -1 -1
 -1 -1 -1 -1 -1 -1  0 -1
  0 -1  0 -1  0  0  0 -1
 -1 -1  0 -1  0 -1 -1 -1
 -1  0  0 -1  0 -1  0 -1
  0  0  0 -1 -1 -1  0 -1

[DFS success] (11)
 -1  0 -1  0  0  0  0 -1
 -1  0 -1  0  0  5  6  7
 -1 -1  1  2  3  4  0  8
  0 -1  0 -1  0  0  0  9
 -1 -1  0 -1  0 -1 -1 10
 -1  0  0 -1  0 -1  0 11
  0  0  0 -1 -1 -1  0 -1

[DFS success] (13)
 -1  0 -1  0  0  0  0 -1
 -1  0 -1  0  0 -1 -1 -1
 -1 -1  1  2 -1 -1  0 -1
  0 -1  0  3  0  0  0 -1
 -1 -1  0  4  0 10 11 12
 -1  0  0  5  0  9  0 13
  0  0  0  6  7  8  0 -1

[last state] (-1)
 -1  0 -1  0  0  0  0 -1
 -1  0 -1  0  0 -1 -1 -1
 -1 -1  1 -1 -1 -1  0 -1
  0 -1  0 -1  0  0  0 -1
 -1 -1  0 -1  0 -1 -1 -1
 -1  0  0 -1  0 -1  0 -1
  0  0  0 -1 -1 -1  0 -1
```

미로 탈출 – DFS 최종 구현

```
int min_dist=MAX_INT;
// a행, b열에서 dfs, 현재까지 계산한 거리는 d
void dfs(int a, int b, int d) {
    M[a][b] = d;

    // 목적지에 도달하면,
    if(a==Ga && b==Gb) {
        if(min_dist > d)
            min_dist=d;
        output("DFS search success", d);
        return;
    }

    int noway=0;  // 현재 위치에서 이동 불가능 방향 개수
    for(int i=0; i<4; i++) {
        int na = a+da[i];
        int nb = b+db[i];

        if(safe(na, nb) && M[na][nb]==-1) {
            dfs(na, nb, d+1);
            M[na][nb]=-1;  // 백트랙할 경우 길복원
        }
        else
            noway++; // 이동불가 카운터 증가

        if(noway==4) // 4방향 모두 길이 막혀있으면,
            output("DFS search fail", -1);
    }
}
```

```
[initial state] (-1)
-1  0 -1  0  0  0  0 -1
-1  0 -1  0  0 -1 -1 -1
-1 -1 -1 -1 -1 -1  0 -1
 0 -1  0 -1  0  0  0 -1
-1 -1  0 -1  0 -1 -1 -1
-1  0  0 -1  0 -1  0 -1
 0  0  0 -1 -1 -1  0 -1
```

```
[DFS search success] (13)
-1  0 -1  0  0  0  0 -1
-1  0 -1  0  0 -1 -1 -1
-1 -1  1  2 -1 -1  0 -1
 0 -1  0  3  0  0  0 -1
-1 -1  0  4  0 10 11 12
-1  0  0  5  0  9  0 13
 0  0  0  6  7  8  0 -1
```

```
[DFS search fail] (-1)
-1  0 -1  0  0  0  0 16
-1  0 -1  0  0 -1 -1 15
-1 -1  1  2 -1 -1  0 14
 0 -1  0  3  0  0  0 13
-1 -1  0  4  0 10 11 12
-1  0  0  5  0  9  0 -1
 0  0  0  6  7  8  0 -1
```

```
[DFS search fail] (-1)
-1  0 -1  0  0  0  0 -1
-1  0 -1  0  0 17 16 15
-1 -1  1  2 19 18  0 14
 0 -1  0  3  0  0  0 13
-1 -1  0  4  0 10 11 12
-1  0  0  5  0  9  0 -1
 0  0  0  6  7  8  0 -1
```

```
[DFS search success] (11)
-1  0 -1  0  0  0  0 -1
-1  0 -1  0  0  5  6  7
-1 -1  1  2  3  4  0  8
 0 -1  0 -1  0  0  0  9
-1 -1  0 -1  0 -1 -1 10
-1  0  0 -1  0 -1  0 11
 0  0  0 -1 -1 -1  0 -1
```

```
[DFS search fail] (-1)
-1  0 -1  0  0  0  0 -1
-1  0 -1  0  0  5  6  7
-1 -1  1  2  3  4  0  8
 0 -1  0 19  0  0  0  9
-1 -1  0 18  0 12 11 10
-1  0  0 17  0 13  0 -1
 0  0  0 16 15 14  0 -1
```

```
[DFS search fail] (-1)
-1  0 -1  0  0  0  0  8
-1  0 -1  0  0  5  6  7
-1 -1  1  2  3  4  0 -1
 0 -1  0 -1  0  0  0 -1
-1 -1  0 -1  0 -1 -1 -1
-1  0  0 -1  0 -1  0 -1
 0  0  0 -1 -1 -1  0 -1
```

```
[DFS search fail] (-1)
-1  0  3  0  0  0  0 -1
-1  0  2  0  0 -1 -1 -1
-1 -1  1 -1 -1 -1  0 -1
 0 -1  0 -1  0  0  0 -1
-1 -1  0 -1  0 -1 -1 -1
-1  0  0 -1  0 -1  0 -1
 0  0  0 -1 -1 -1  0 -1
```

```
[DFS search fail] (-1)
-1  0 -1  0  0  0  0 -1
-1  0 -1  0  0 -1 -1 -1
-1  2  1 -1 -1 -1  0 -1
 0  3  0 -1  0  0  0 -1
 5  4  0 -1  0 -1 -1 -1
 6  0  0 -1  0 -1  0 -1
 0  0  0 -1 -1 -1  0 -1
```

```
[DFS search fail] (-1)
 5  0 -1  0  0  0  0 -1
 4  0 -1  0  0 -1 -1 -1
 3  2  1 -1 -1 -1  0 -1
 0 -1  0 -1  0  0  0 -1
-1 -1  0 -1  0 -1 -1 -1
-1  0  0 -1  0 -1  0 -1
 0  0  0 -1 -1 -1  0 -1
```

```
[last state] (-1)
-1  0 -1  0  0  0  0 -1
-1  0 -1  0  0 -1 -1 -1
-1 -1  1 -1 -1 -1  0 -1
 0 -1  0 -1  0  0  0 -1
-1 -1  0 -1  0 -1 -1 -1
-1  0  0 -1  0 -1  0 -1
 0  0  0 -1 -1 -1  0 -1
```

미로 탈출 - BFS로 구현

- BFS 알고리즘

> 1. 정점 k를 처리하고 큐에 삽입, k를 방문한 것으로 표시
> 2. 큐가 빌 때까지 다음을 반복:
>   1) 큐에서 첫 번째 항목 삭제
>   2) 삭제된 항목과 이웃하는 모든 정점에 대하여 방문하지 않은 정점이라면,
>   ① 그 정점을 처리하고 큐에 삽입
>   ② 그 정점에 방문을 표시

- 초기 맵 상태

Sa, Sb = (2, 2)
Ga, Gb = (5, 7)

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	-1	0	-1	0	0	0	0	-1
1	-1	0	-1	0	0	-1	-1	-1
2	-1	-1	**-1**	-1	-1	-1	0	-1
3	0	-1	0	-1	0	0	0	-1
4	-1	-1	0	-1	0	-1	-1	-1
5	-1	0	0	-1	0	-1	0	**-1**
6	0	0	0	-1	-1	-1	0	-1

```
// bfs(시작행a, 시작열b, 거리d)
void bfs(int sa, int sb, int d) {
    [        ?        ]  // 시작위치에 거리 d표시, 방문표시 안함?
    queue<vertex> q;
    [        ?        ]  // 큐에 현재 위치 삽입

    while(!q.empty()) {  // 큐가 빌 때까지 반복
        [                    ]// 큐의 첫 번째 정점 a행
        [         ?          ]// 큐의 첫 번째 정점 b열
        [                    ]// 큐에서 첫 번째 항목 삭제

        // 현재 위치에서 4가지 방향으로의 위치 확인
        for(int i = 0; i < 4; i++) {
            [        ]  // na: next a
            [   ?    ]  // nb: next b
            if (safe(na, nb) && M[na][nb] == -1) {
                [          ?           ]  // 다음 위치에 거리 표시
                // 목적지에 도달하면 성공 출력하고 탈출
                [                                 ]
                [                 ?               ]
                [                                 ]
                [       ?        ]  // 다음 위치를 큐에 삽입
            }
        }
    }
    output("BFS search fail", -1); // 여기까지 오면 탐색 실패임
}
```

미로 탈출 - BFS로 구현

```
// bfs(시작행a, 시작열b, 거리d)
void bfs(int sa, int sb, int d) {
    M[sa][sb] = d;      // 시작위치에 거리 d표시
    queue<vertex> q;
    q.push({sa, sb});  // 큐에 현재 위치 삽입

    while(!q.empty()) {  // 큐가 빌 때까지 반복
        int a = q.front().a; // 큐의 첫 번째 정점 a행
        int b = q.front().b; // 큐의 첫 번째 정점 b열
        q.pop();             // 큐에서 첫 번째 항목 삭제
        // 현재 위치에서 4가지 방향으로의 위치 확인
        for(int i=0; i<4; i++) {
            int na=a+da[i];  // na: next a
            int nb=b+db[i];  // nb: next b
            if (safe(na, nb) && M[na][nb] == -1) {
                M[na][nb] = M[a][b] + 1;  // 다음 위치에 거리 표시
                // 목적지에 도달하면 성공 출력하고 탈출
                if(na==Ga && nb==Gb) {
                    output("BFS search success", M[na][nb]);
                    return;
                }
                q.push({na, nb});   // 다음 위치를 큐에 삽입
            }
        }
    }
    output("BFS search fail", -1); // 여기까지 오면 탐색 실패임
}
```

- 결과 확인

```
7 8
1 0 1 0 0 0 0 1
1 0 1 0 0 1 1 1
1 1 8 1 1 1 0 1
0 1 0 1 0 0 0 1
1 1 0 1 0 1 1 1
1 0 0 1 0 1 0 9
0 0 0 1 1 1 0 1

[initial state] (-1)
 -1  0 -1  0  0  0  0 -1
 -1  0 -1  0  0 -1 -1 -1
 -1 -1 -1 -1 -1 -1  0 -1
  0 -1  0 -1  0  0  0 -1
 -1 -1  0 -1  0 -1 -1 -1
 -1  0  0 -1  0 -1  0 -1
  0  0  0 -1 -1 -1  0 -1
```

```
[BFS search success] (11)
  5  0  3  0  0  0  0  8
  4  0  2  0  0  5  6  7
  3  2  1  2  3  4  0  8
  0  3  0  3  0  0  0  9
  5  4  0  4  0 10 11 10
  6  0  0  5  0  9  0 11
  0  0  0  6  7  8  0 -1

[last state] (-1)
  5  0  3  0  0  0  0  8
  4  0  2  0  0  5  6  7
  3  2  1  2  3  4  0  8
  0  3  0  3  0  0  0  9
  5  4  0  4  0 10 11 10
  6  0  0  5  0  9  0 11
  0  0  0  6  7  8  0 -1
```

미로 탈출 - BFS로 구현

- 탐색 과정을 보여주는 업데이트

```
if (safe(na, nb) && M[na][nb] == -1) {
    int new_d = M[a][b] + 1;  // 새로운 거리 계산

    // 새롭게 계산된 거리가 지금 거리보다 멀어지면,
    if(new_d > d) { // 현재 맵상태 일단 출력하고
        output("BFS searched new distance", -1);
        d = new_d;
    }
    M[na][nb] = new_d; // 다음 위치에 거리 표시
    // 목적지에 도달하면 성공 출력하고 탈출
    if(na==Ga && nb==Gb) {
        output("BFS search success", M[na][nb]);
        return;
    }
    q.push({na, nb});   // 다음 위치를 큐에 삽입
}
```

```
[BFS searched new distance]
-1  0 -1  0  0  0  0 -1
-1  0 -1  0  0 -1 -1 -1
-1 -1  1 -1 -1 -1  0 -1
 0 -1  0 -1  0  0  0 -1
-1 -1  0 -1  0 -1 -1 -1
-1  0  0 -1  0 -1  0 -1
 0  0  0 -1 -1 -1  0 -1

[BFS searched new distance]
-1  0 -1  0  0  0  0 -1
-1  0  2  0  0 -1 -1 -1
-1  2  1  2 -1 -1  0 -1
 0 -1  0 -1  0  0  0 -1
-1 -1  0 -1  0 -1 -1 -1
-1  0  0 -1  0 -1  0 -1
 0  0  0 -1 -1 -1  0 -1

[BFS searched new distance]
-1  0  3  0  0  0  0 -1
-1  0  2  0  0 -1 -1 -1
 3  2  1  2  3 -1  0 -1
 0  3  0  3  0  0  0 -1
-1 -1  0 -1  0 -1 -1 -1
-1  0  0 -1  0 -1  0 -1
 0  0  0 -1 -1 -1  0 -1

[BFS searched new distance]
-1  0  3  0  0  0  0 -1
 4  0  2  0  0 -1 -1 -1
 3  2  1  2  3  4  0 -1
 0  3  0  3  0  0  0 -1
-1  4  0  4  0 -1 -1 -1
-1  0  0 -1  0 -1  0 -1
 0  0  0 -1 -1 -1  0 -1
```

```
[BFS searched new distance]
 5  0  3  0  0  0  0 -1
 4  0  2  0  0  5 -1 -1
 3  2  1  2  3  4  0 -1
 0  3  0  3  0  0  0 -1
 5  4  0  4  0 -1 -1 -1
-1  0  0  5  0 -1  0 -1
 0  0  0 -1 -1 -1  0 -1

[BFS searched new distance]
 5  0  3  0  0  0  0 -1
 4  0  2  0  0  5  6 -1
 3  2  1  2  3  4  0 -1
 0  3  0  3  0  0  0 -1
 5  4  0  4  0 -1 -1 -1
 6  0  0  5  0 -1  0 -1
 0  0  0  6 -1 -1  0 -1

[BFS searched new distance]
 5  0  3  0  0  0  0 -1
 4  0  2  0  0  5  6  7
 3  2  1  2  3  4  0 -1
 0  3  0  3  0  0  0 -1
 5  4  0  4  0 -1 -1 -1
 6  0  0  5  0 -1  0 -1
 0  0  0  6  7 -1  0 -1

[BFS searched new distance]
 5  0  3  0  0  0  0  8
 4  0  2  0  0  5  6  7
 3  2  1  2  3  4  0  8
 0  3  0  3  0  0  0 -1
 5  4  0  4  0 -1 -1 -1
 6  0  0  5  0 -1  0 -1
 0  0  0  6  7  8  0 -1
```

https://algo.datahub.pe.kr/src/maze/bfs/2.%20maze_bfs_show_process.cpp

미로 탈출 DFS + BFS 전체 소스코드

```
//written by akapo@naver.com
#include <stdio.h>
#include <algorithm>
#include <queue>
#define  MAX_INT 0x7fffffff
using namespace std;

typedef struct {
    int a, b;
} vertex;

int n, m;
int M[201][201]; // 지도 정보
int Sa, Sb;  //출발지 a행 b열
int Ga, Gb;  //목적지 a행 b열

// 이동할 네 가지 방향 정의, 아래와 같이 적으면
// 아래, 오른쪽, 위쪽, 왼쪽 순서로 탐색하게 됨.
int da[] = {1, 0,-1, 0}; // 행 방향
Int db[] = {0, 1, 0,-1}; // 열 방향

bool safe(int a, int b) {  // a행 b열
    return (0<=a && a<n) && (0<=b && b<m);
}

void input() {
    // N, M을 공백을 기준으로 구분하여 입력 받기(n행 m열)
    scanf("%d %d", &n, &m);
    // 2차원 리스트의 맵 정보 입력 받기
    for(int a=0; a<n; a++) {
        for(int b=0; b<m; b++) {
            int c;
            scanf("%d", &c);

            if(c==8) Sa=a, Sb=b;    // 출발지 설정
            else if(c==9) Ga=a, Gb=b; // 목적지 설정

            // 출발지 목적지 포함 모든 길을 -1로 변경함
            if(c>=1) M[a][b]=-1;
            else M[a][b]=0; // a행 b열에 삽입
        }
    }
}
```

```
// 현재 맵에서 탐색 상태를 출력
void output(const char* title, int dist) {
    if(dist > 0)
        printf("\n[%s] (%d)\n", title, dist);
    else
        printf("\n[%s]\n", title);

    for(int a=0; a<n; a++) {
        for(int b = 0; b < m; b++) {
            printf("%3d", M[a][b]);
        }
        printf("\n");
    }
}
// bfs(시작행a, 시작열b, 거리d)
void bfs(int sa, int sb, int d) {
    M[sa][sb] = d;
    queue<vertex> q;
    q.push({sa, sb});

    while(!q.empty()) {  // 큐가 빌 때까지 반복하기
        int a = q.front().a;
        int b = q.front().b;
        q.pop();

        // 현재 위치에서 4가지 방향으로의 위치 확인
        for(int i=0; i<4; i++) {
            int na=a+da[i]; // na: next a
            int nb=b+db[i]; // nb: next b

            if (safe(na, nb) && M[na][nb] == -1) {
                M[na][nb] = M[a][b] + 1;

                if(na==Ga && nb==Gb) { // 목적지에 도달하면,
                    output("BFS search success", M[na][nb]);
                    return;
                }
                q.push({na, nb});
            }
        }
    }
    output("BFS search fail", -1);
}
```

```
int min_dist=MAX_INT;
// a행, b열에서 dfs, 현재까지 계산한 거리는 d
void dfs(int a, int b, int d) {
    M[a][b] = d;

    // 목적지에 도달하면,
    if(a==Ga && b==Gb) {
        if(min_dist > d)
            min_dist=d;
        output("DFS search success", d);
        return;
    }

    int noway=0;  // 현재 위치에서 이동 불가능 방향 개수
    for(int i=0; i<4; i++) {
        int na = a+da[i];
        int nb = b+db[i];

        if(safe(na, nb) && M[na][nb]==-1) {
            dfs(na, nb, d+1);
            M[na][nb]=-1;  // 백트랙할 경우 길복원
        }
        else
            noway++; // 이동불가 카운터 증가

        if(noway==4) // 4방향 모두 길이 막혀있으면,
            output("DFS search fail", -1);
    }
}

int main(void) {
    input();
    output("initial state",-1);
    // dfs 또는 bfs 하나의 함수만 호출할 것!
    // Sa행 Sb열에서 DFS시작
    dfs(Sa, Sb, 1);
    // Sa행 Sb열에서 BFS시작
    //bfs(Sa, Sb, 1);
    output("last state",-1);
    return 0;
}
```