

1 | 그래프의 개념과 종류

1 | 그래프의 개념과 종류

1 그래프(Graph)

- ▶ 연결되어 있는 원소 사이의 다:다 관계를 표현하는 자료구조
- ▶ 버스노선도나 전철 노선도, 인간관계를 나타내는 인맥 지도, 수도 배관에 따른 배수 시스템, 물질의 분자구조 등은 선형자료구조나 트리 자료구조로 표현할 수 없음, 이런 경우에 사용할 수 있는 자료구조가 그래프
- ▶ 그래프 G
 - 객체를 나타내는 정점(Vertex)과 객체를 연결하는 간선(Edge)의 집합
 - $G = (V, E)$

1 | 그래프의 개념과 종류

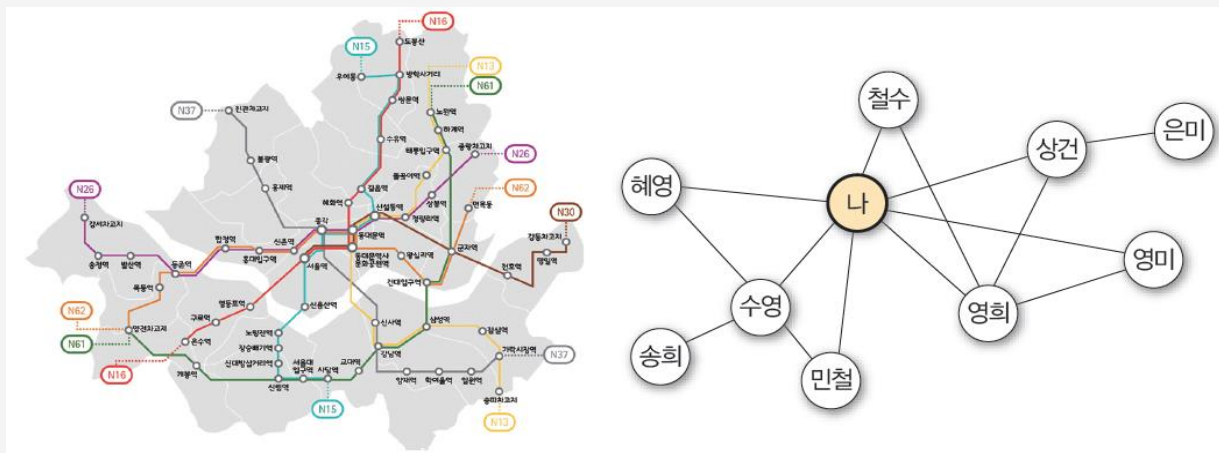
1 그래프(Graph)

- ▶ 그래프 G
 - 객체를 나타내는 정점(Vertex)과 객체를 연결하는 간선(Edge)의 집합
 - $G = (V, E)$
 - V는 그래프에 있는 정점들의 집합
 - E는 정점을 연결하는 간선들의 집합

1 | 그래프의 개념과 종류

1 그래프(Graph)

[그래프의 사용 예 : 버스 노선도, 인맥 지도]



※출처: 이지영(2016). IT CookBook, C로 배우는 쉬운 자료구조(개정3판). 한빛미디어

1 | 그래프의 개념과 종류

2 그래프의 종류

▶ 방향성과 연결 정도에 따라 여러 형태로 나뉨

1 | 그래프의 개념과 종류

2 그래프의 종류

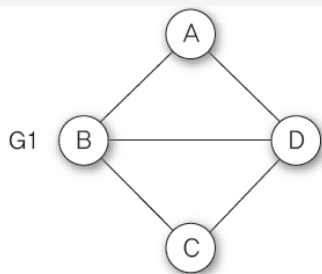
무방향 그래프(Undirected graph)

- ▶ 두 정점을 연결하는 간선에 방향이 없는 그래프
- ▶ 정점 V_i 와 정점 V_j 을 연결하는 간선을 (V_i, V_j) 로 표현
 - (V_i, V_j) 와 (V_j, V_i) 는 같은 간선을 의미

1 | 그래프의 개념과 종류

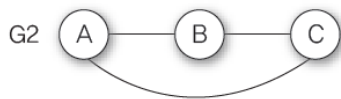
2 그래프의 종류

무방향 그래프(Undirected graph)



$V(G1) = \{A, B, C, D\}$

$E(G1) = \{(A, B), (A, D), (B, C), (B, D), (C, D)\}$



$V(G2) = \{A, B, C\}$

$E(G2) = \{(A, B), (A, C), (B, C)\}$

[무방향 그래프의 예]

※출처: 이지영(2016). IT CookBook, C로 배우는 쉬운 자료구조(개정3판). 한빛미디어

1 | 그래프의 개념과 종류

2 그래프의 종류

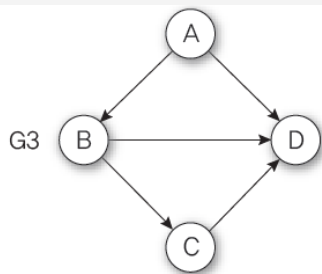
방향 그래프(Directed graph) , 다이그래프(Digraph)

- ▶ 간선에 방향이 있는 그래프
- ▶ 정점 V_i 에서 정점 V_j 를 연결하는 간선
즉, $V_i \rightarrow V_j$ 를 $\langle V_i, V_j \rangle$ 로 표현
 - V_i 를 꼬리(Tail), V_j 를 머리(Head)라고 함
 - $\langle V_i, V_j \rangle$ 와 $\langle V_j, V_i \rangle$ 는 서로 다른 간선을 의미

1 | 그래프의 개념과 종류

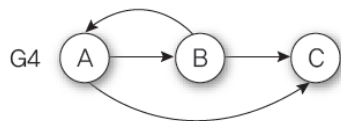
2 그래프의 종류

방향 그래프(Directed graph) , 다이그래프(Digraph)



$V(G3) = \{A, B, C, D\}$

$E(G3) = \{\langle A, B \rangle, \langle A, D \rangle, \langle B, C \rangle, \langle B, D \rangle, \langle C, D \rangle\}$



$V(G4) = \{A, B, C\}$

$E(G4) = \{\langle A, B \rangle, \langle A, C \rangle, \langle B, C \rangle, \langle C, A \rangle\}$

[방향 그래프의 예]

※출처: 이지영(2016). IT CookBook, C로 배우는 쉬운 자료구조(개정3판). 한빛미디어

1 | 그래프의 개념과 종류

2 그래프의 종류

완전 그래프(Complete graph)

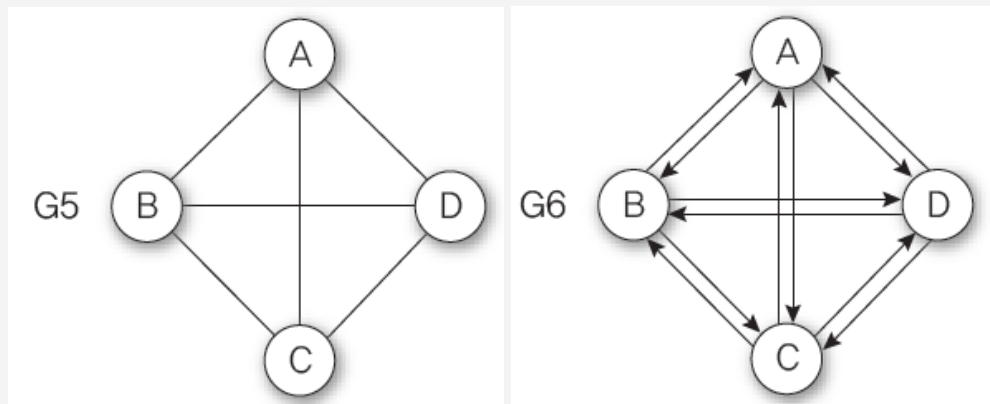
- ▶ 각 정점에서 다른 모든 정점을 연결하여 최대한 많은 간선 수를 가진 그래프
- ▶ 정점이 n 개인 무방향 그래프에서 최대의 간선 수 : $n(n-1)/2$ 개
- ▶ 정점이 n 개인 방향 그래프의 최대 간선 수 : $n(n-1)$ 개

1 | 그래프의 개념과 종류

2 그래프의 종류

완전 그래프(Complete graph)

- ▶ 완전 그래프의 예
 - G5는 정점의 개수가 4개인 무방향 그래프이므로 완전 그래프가 되려면 $4(4-1)/2=6$ 개의 간선 연결
 - G6은 정점의 개수가 4개인 방향 그래프이므로 완전 그래프가 되려면 $4(4-1)=12$ 개의 간선 연결



[완전 그래프의 예]

※출처: 이지영(2016). IT CookBook, C로 배우는 쉬운 자료구조(개정3판). 한빛미디어

1 | 그래프의 개념과 종류

2 그래프의 종류

부분 그래프(Subgraph)

- ▶ 원래의 그래프에서 정점이나 간선을 일부만 제외하여 만든 그래프
- ▶ 그래프 G 와 부분 그래프 G' 의 관계

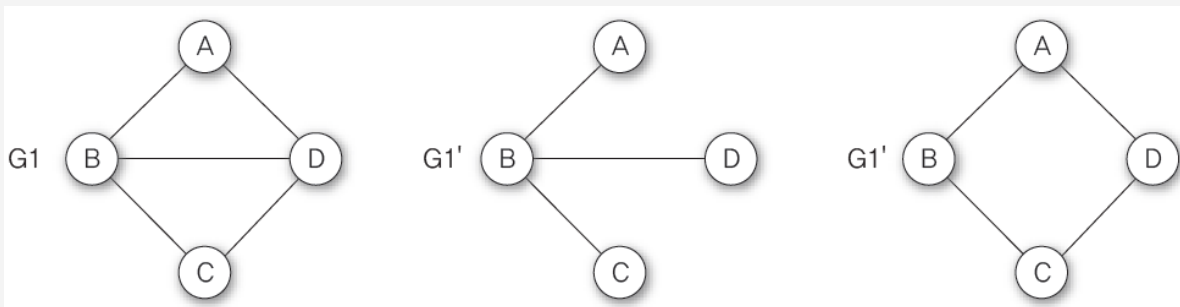
$$V(G') \subseteq V(G), E(G') \subseteq E(G)$$

1 | 그래프의 개념과 종류

2 그래프의 종류

부분 그래프(Subgraph)

▶ 그래프 G_1 에 대한 부분 그래프의 예



[그래프 G_1 과 부분 그래프 G_1' 예]

※출처: 이지영(2016). IT CookBook, C로 배우는 쉬운 자료구조(개정3판). 한빛미디어

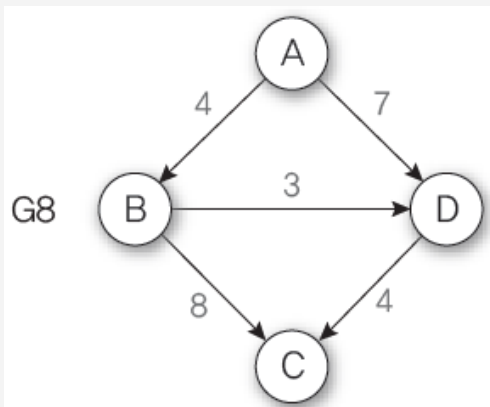
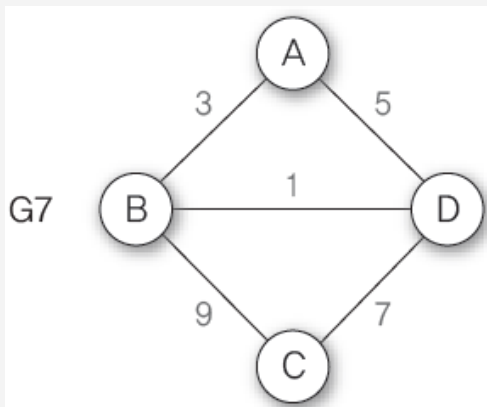
1 | 그래프의 개념과 종류

2 그래프의 종류

가중 그래프(Weight graph) , 네트워크(Network)

▶ 정점을 연결하는 간선에 가중치(Weight)를 할당한 그래프

[가중치
그래프 예]



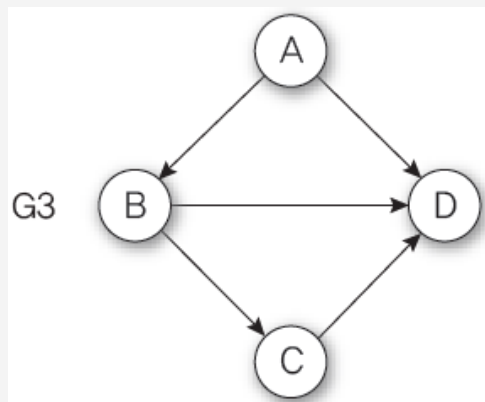
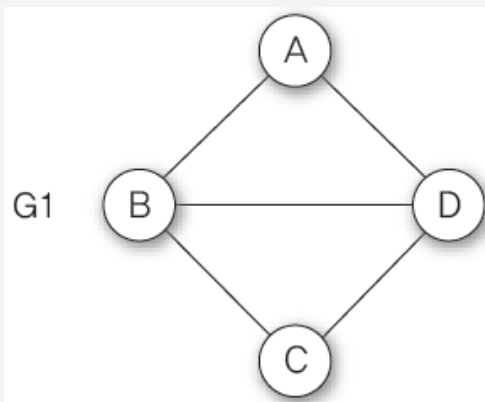
※출처: 이지영(2016). IT CookBook, C로 배우는 쉬운 자료구조(개정3판). 한빛미디어

1 | 그래프의 개념과 종류

3 그래프 관련 용어

▶ 그래프에서 두 정점 V_i 과 V_j 를 연결하는 간선 (V_i, V_j) 가 있을 때, 두 정점 V_i 와 V_j 를 인접(Adjacent)되어 있다고 하고, 간선 (V_i, V_j) 는 정점 V_i 와 V_j 에 부속(Incident)되어있다고 함

- 그래프 G1에서 정점 A와 인접한 정점은 B와 D이고, 정점 A에 부속되어 있는 간선은 (A,B)와 (A,D)



[그래프 용어 설명을 위한 예]

※출처: 이지영(2016). IT CookBook, C로 배우는 쉬운 자료구조(개정3판). 한빛미디어

1 | 그래프의 개념과 종류

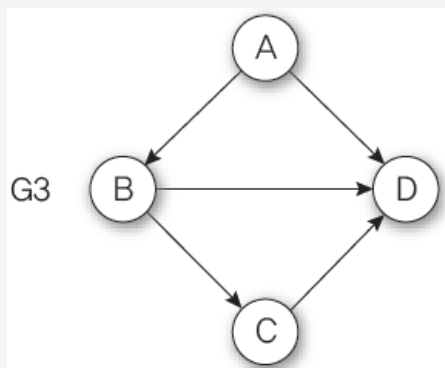
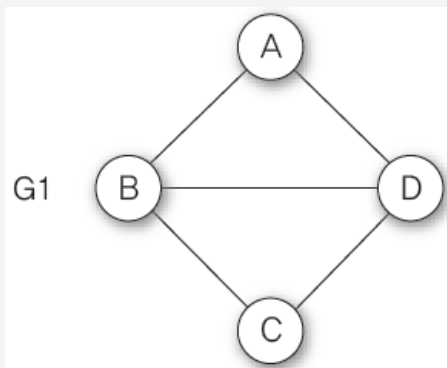
3 그래프 관련 용어

- ▶ 차수(Degree) : 정점에 부착되어있는 간선의 수
 - 무방향 그래프 G_1 에서 정점 A의 차수는 2, 정점 B의 차수는 3
 - 방향 그래프의 정점의 차수 = 진입차수 + 진출차수
 - 방향 그래프의 진입차수 (In-degree)
: 정점을 머리로 하는 간선의 수
 - 방향 그래프의 진출차수 (Out-degree)
: 정점을 꼬리로 하는 간선의 수

1 | 그래프의 개념과 종류

3 그래프 관련 용어

[그래프 용어 설명을 위한 예]



방향 그래프 G3에서
정점 B의 진입차수는 1,
진출차수는 2
정점 B의 전체 차수는
(진입차수 + 진출차수)
이므로 3임

※출처: 이지영(2016). IT CookBook, C로 배우는 쉬운 자료구조(개정3판). 한빛미디어

1 | 그래프의 개념과 종류

3 그래프 관련 용어

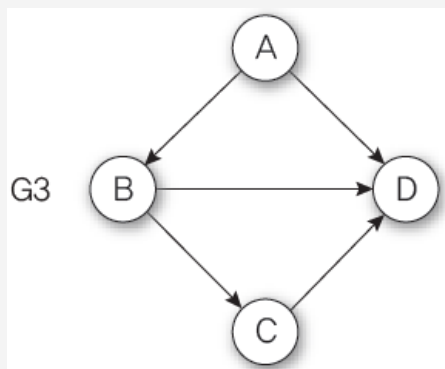
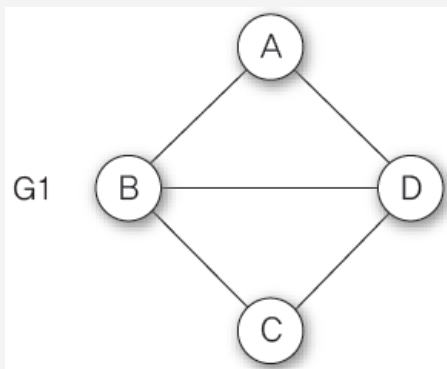
▶ 경로(Path)

- 그래프에서 간선을 따라 갈 수 있는 길을 순서대로 나열한 것 즉, 정점 V_i 에서 V_j 까지 간선으로 연결된 정점을 순서대로 나열한 리스트
- 경로길이(Path length) : 경로를 구성하는 간선의 수

1 | 그래프의 개념과 종류

3 그래프 관련 용어

[그래프 용어 설명을 위한 예]



무방향 그래프 G1에서
정점 A에서 정점 C까지는
A-B-C 경로와 A-B-D-C 경로,
A-D-C 경로, 그리고
A-D-B-C 경로가 있음

※출처: 이지영(2016). IT CookBook, C로 배우는 쉬운 자료구조(개정3판). 한빛미디어

1 | 그래프의 개념과 종류

3 그래프 관련 용어

- ▶ 단순경로(Simple path)
 - 모두 다른 정점으로 구성된 경로
 - 그래프 G_1 에서 정점 A에서 정점 C까지의 경로 A-B-C는 단순경로이고, 경로 A-B-D-A-B-C는 단순경로가 아님
- ▶ 사이클(Cycle)
 - 단순경로 중에서 경로의 시작 정점과 마지막 정점이 같은 경로
 - 그래프 G_1 에서 단순경로 A-B-C-D-A와 그래프 G_4 에서 단순경로 A-B-A는 사이클이 됨

1 | 그래프의 개념과 종류

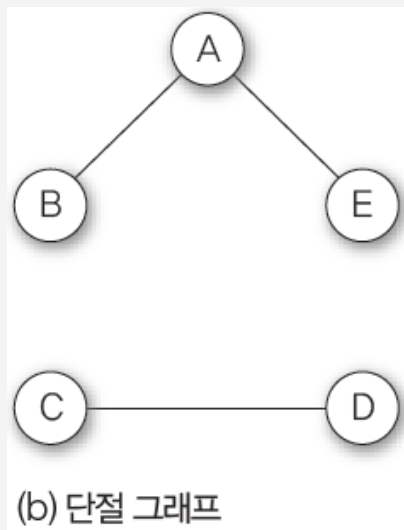
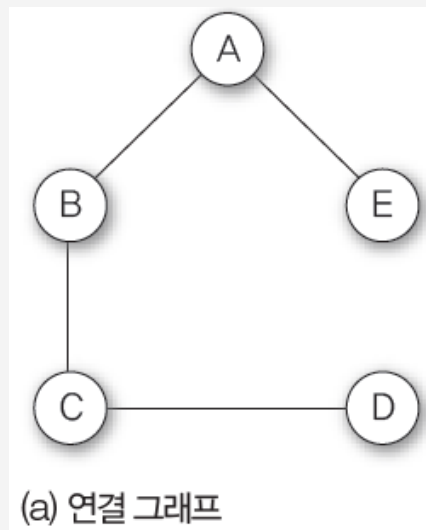
3 그래프 관련 용어

- ▶ DAG(Directed acyclic graph)
 - 방향 그래프이면서 사이클이 없는 그래프
- ▶ 연결 그래프(Connected graph)
 - 서로 다른 모든 쌍의 정점들 사이에 경로가 있는 그래프 즉, 떨어져있는 정점이 없는 그래프
 - 그래프에서 두 정점 V_i 에서 V_j 까지의 경로가 있으면 정점 V_i 와 V_j 가 연결(Connected)되었다고 함, 트리는 사이클이 없는 연결 그래프
 - 단절 그래프(Disconnected Graph)
: 연결되지 않은 정점이 있는 그래프

1 | 그래프의 개념과 종류

3 그래프 관련 용어

[연결 그래프와 단절 그래프의 예]



※출처: 이지영(2016). IT CookBook, C로 배우는 쉬운 자료구조(개정3판). 한빛미디어

2 | 인접 행렬

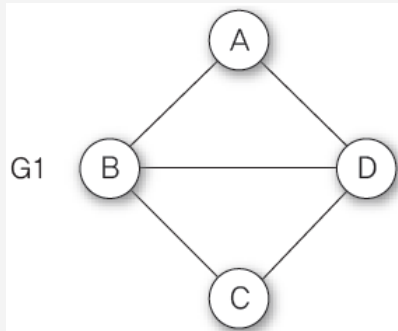
1 순차 자료구조를 이용한 그래프의 구현 : 인접 행렬

- ▶ 행렬에 대한 2차원 배열을 사용하는 순차 자료구조 방법
- ▶ 그래프의 두 정점을 연결한 간선의 유무를 행렬로 저장
 - n 개의 정점을 가진 그래프 : $n \times n$ 정방행렬
 - 행렬의 행번호와 열번호 : 그래프의 정점
 - 행렬 값 : 두 정점이 인접되어 있으면 1, 인접되어 있지 않으면 0

1 순차 자료구조를 이용한 그래프의 구현 : 인접 행렬

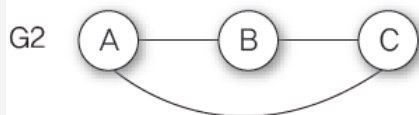
- ▶ 무방향 그래프의 인접 행렬
 - 행 i 의 합 = 열 i 의 합 = 정점 i 의 차수
- ▶ 방향 그래프의 인접 행렬
 - 행 i 의 합 = 정점 i 의 진출차수
 - 열 i 의 합 = 정점 i 의 진입차수

2 그래프의 인접 행렬 표현 예



| | A | B | C | D |
|---|---|---|---|---|
| A | 0 | 1 | 0 | 1 |
| B | 1 | 0 | 1 | 1 |
| C | 0 | 1 | 0 | 1 |
| D | 1 | 1 | 1 | 0 |

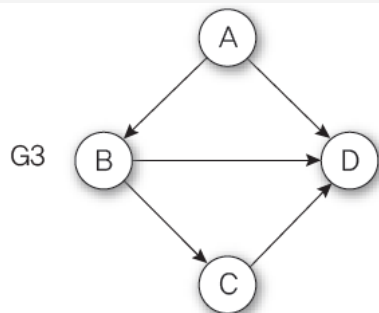
1+0+1+1=3 정점 B의 차수



| | A | B | C |
|---|---|---|---|
| A | 0 | 1 | 1 |
| B | 1 | 0 | 1 |
| C | 1 | 1 | 0 |

※출처: 이지영(2016). IT CookBook, C로 배우는 쉬운 자료구조(개정3판). 한빛미디어

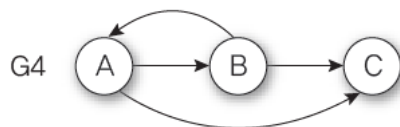
2 그래프의 인접 행렬 표현 예



| | A | B | C | D |
|---|---|---|---|---|
| A | 0 | 1 | 0 | 1 |
| B | 0 | 0 | 1 | 1 |
| C | 0 | 0 | 0 | 1 |
| D | 0 | 0 | 0 | 0 |

0+0+1+1=2 정점 B의 진출 차수

1+0+0+0=1 정점 B의 진입 차수

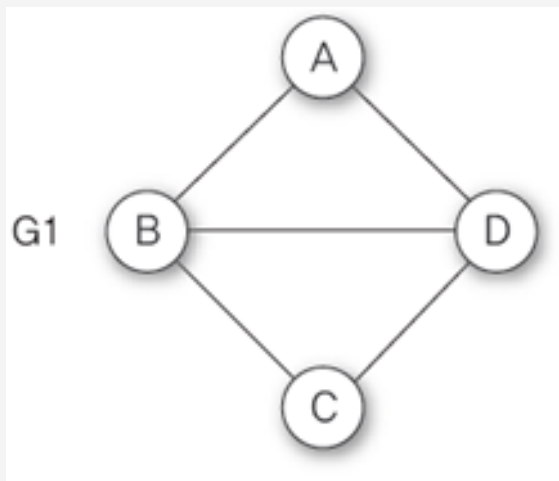


| | A | B | C |
|---|---|---|---|
| A | 0 | 1 | 1 |
| B | 1 | 0 | 1 |
| C | 0 | 0 | 0 |

※출처: 이지영(2016). IT CookBook, C로 배우는 쉬운 자료구조(개정3판). 한빛미디어

3 G1 그래프를 인접행렬로 표현하기

- 1 G1에 대해 2차원 배열의 메모리를 할당하고 0으로 초기화한 공백 그래프를 생성



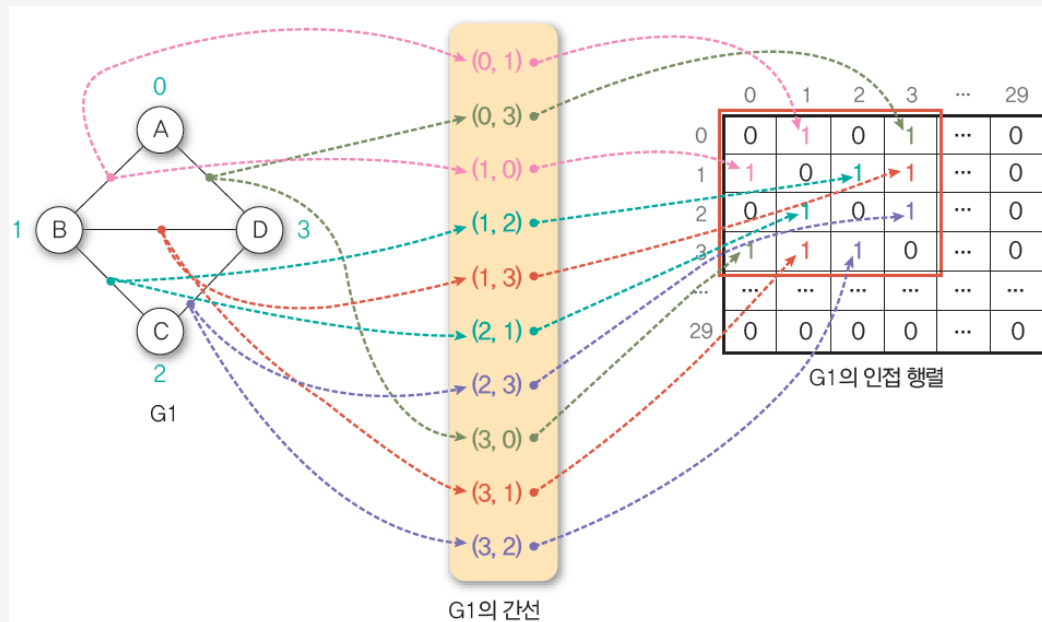
| | 0 | 1 | 2 | 3 | ... | 29 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 |

G1

※출처: 이지영(2016). IT CookBook, C로 배우는 쉬운 자료구조(개정3판). 한빛미디어

3 G1 그래프를 인접행렬로 표현하기

- 2 그래프 G1에 간선 열 개
 ((0,1), (0,3), (1,0), (1,2),
 (1,3), (2,1), (2,3), (3,0),
 (3,1), (3,2)) 삽입



※출처: 이지영(2016). IT CookBook, C로 배우는 쉬운 자료구조(개정3판). 한빛미디어

3 | 인접 리스트

1 연결 자료구조를 이용한 그래프의 구현 : 인접 리스트

- ▶ 각 정점에 대한 인접 정점들을 연결하여 만든 단순 연결 리스트
- ▶ 각 정점의 차수만큼 노드를 연결
 - 리스트 내의 노드들은 인접 정점에 대해서 오름차순으로 연결

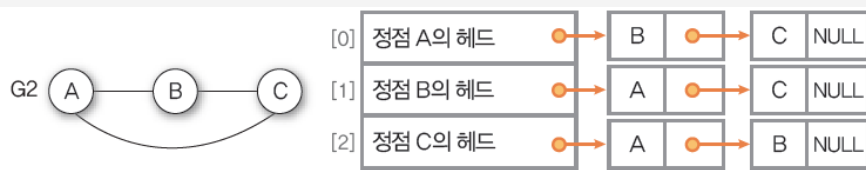
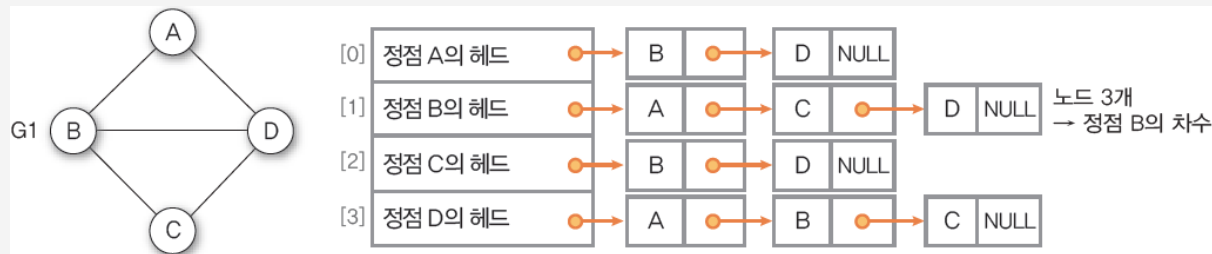
1 연결 자료구조를 이용한 그래프의 구현 : 인접 리스트

- ▶ 인접 리스트의 각 노드
 - 정점을 저장하는 필드와 다음 인접 정점을 연결하는 링크 필드로 구성
 - 정점에 대한 인접 리스트의 헤드포인터는 정점 개수만큼 필요
 - 그래프는 정점의 집합이므로 각 정점에 대한 헤드 포인터를 그룹으로 묶어서 포인터 배열로 구성함

1 연결 자료구조를 이용한 그래프의 구현 : 인접 리스트

- ▶ n 개의 정점과 e 개의 간선을 가진 **무방향** 그래프의 인접 리스트
 - 헤드 노드 배열의 크기 : n
 - 연결하는 노드의 수 : $2e$
 - 각 정점의 헤드에 연결된 노드의 수 : 정점의 차수
- ▶ n 개의 정점과 e 개의 간선을 가진 **방향** 그래프의 인접 리스트
 - 헤드 노드 배열의 크기 : n
 - 연결하는 노드의 수 : e
 - 각 정점의 헤드에 연결된 노드의 수 : 정점의 진출 차수

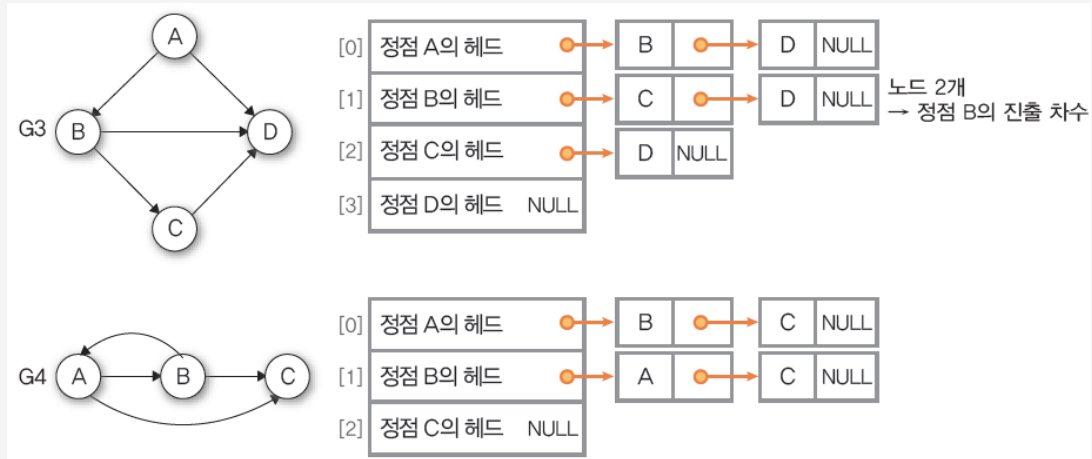
2 그래프 G1, G2, G3, G4에 대한 인접 리스트



[그래프의 인접 리스트 표현 예]

※출처: 이지영(2016). IT CookBook, C로 배우는 쉬운 자료구조(개정3판). 한빛미디어

2 그래프 G1, G2, G3, G4에 대한 인접 리스트

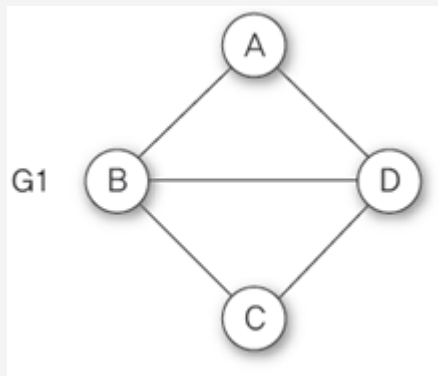


[그래프의 인접 리스트 표현 예]

※출처: 이지영(2016). IT CookBook, C로 배우는 쉬운 자료구조(개정3판). 한빛미디어

3 그래프를 인접리스트로 표현하기

- 1 그래프 G1에 대한 메모리를 할당하고, 헤드 포인터 배열이 NULL로 초기화된 공백 그래프를 생성



| adjList_H | |
|-----------|-----------------|
| 0 | 정점 A의 헤드 ○ NULL |
| 1 | 정점 B의 헤드 ○ NULL |
| 2 | 정점 C의 헤드 ○ NULL |
| 3 | 정점 D의 헤드 ○ NULL |
| ... | ... |
| 29 | ○ NULL |

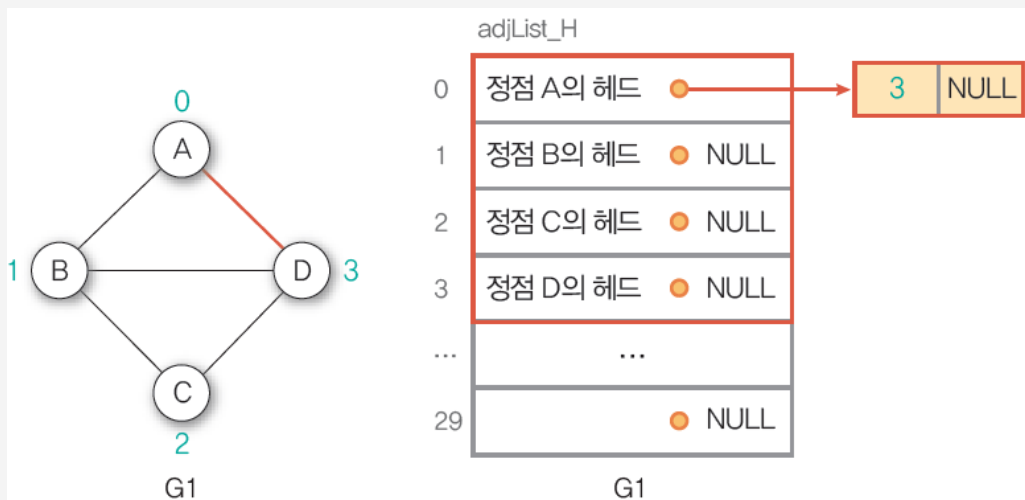
G1

※출처: 이지영(2016). IT CookBook, C로 배우는 쉬운 자료구조(개정3판). 한빛미디어

3 | 인접 리스트

3 그래프를 인접리스트로 표현하기

2 그래프 G1에 간선 (0, 3)을 삽입



※출처: 이지영(2016). IT CookBook, C로 배우는 쉬운 자료구조(개정3판). 한빛미디어

3 | 인접 리스트

3 그래프를 인접리스트로 표현하기

3 그래프 G1에 간선 (0, 1)을 삽입



※출처: 이지영(2016). IT CookBook, C로 배우는 쉬운 자료구조(개정3판). 한빛미디어

3 | 인접 리스트

3 그래프를 인접리스트로 표현하기

4 그래프 G1에 간선 (1, 3)을 삽입



※출처: 이지영(2016). IT CookBook, C로 배우는 쉬운 자료구조(개정3판). 한빛미디어

3 | 인접 리스트

3 그래프를 인접리스트로 표현하기

5 그래프 G1에 간선 (1, 2)를 삽입

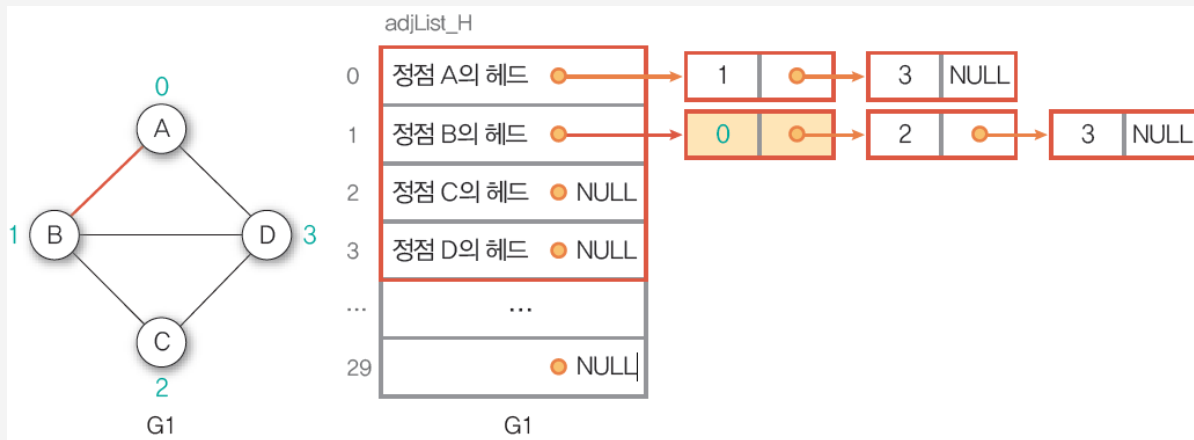


※출처: 이지영(2016). IT CookBook, C로 배우는 쉬운 자료구조(개정3판). 한빛미디어

3 | 인접 리스트

3 그래프를 인접리스트로 표현하기

6 그래프 G1에 간선 (1, 0)을 삽입

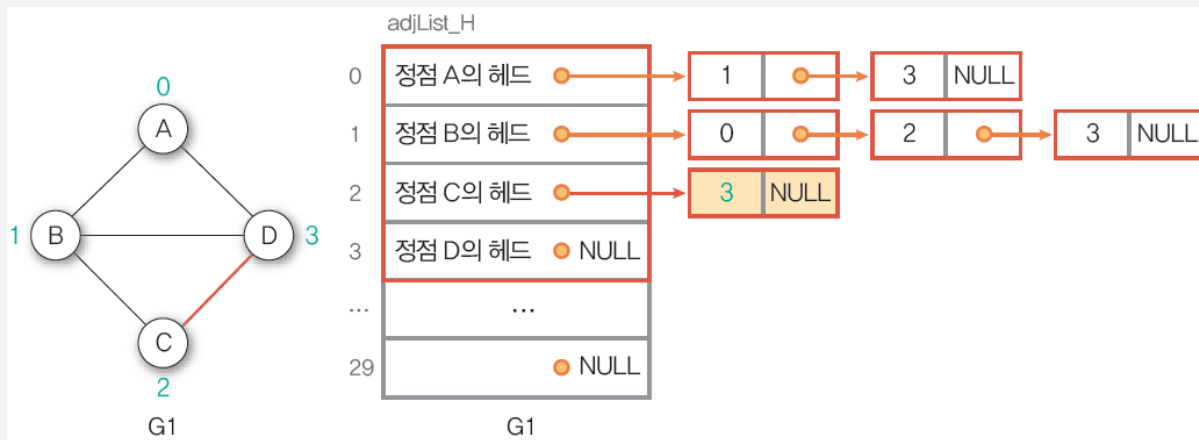


※출처: 이지영(2016). IT CookBook, C로 배우는 쉬운 자료구조(개정3판). 한빛미디어

3 | 인접 리스트

3 그래프를 인접리스트로 표현하기

7 그래프 G1에 간선 (2, 3)을 삽입

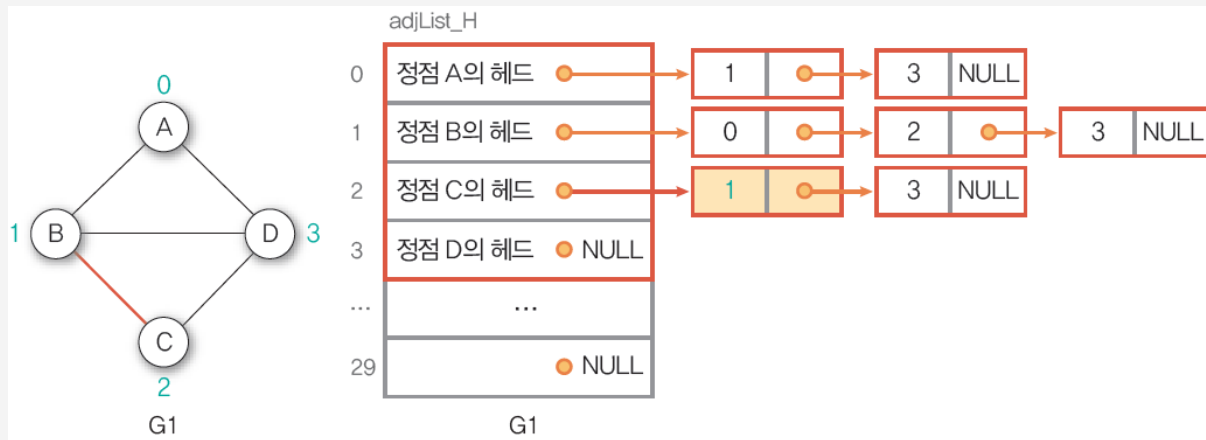


※출처: 이지영(2016). IT CookBook, C로 배우는 쉬운 자료구조(개정3판). 한빛미디어

3 | 인접 리스트

3 그래프를 인접리스트로 표현하기

8 그래프 G1에 간선 (2, 1)을 삽입



※출처: 이지영(2016). IT CookBook, C로 배우는 쉬운 자료구조(개정3판). 한빛미디어

3 | 인접 리스트

3 그래프를 인접리스트로 표현하기

9 그래프 G1에 간선 (3, 2)를 삽입



※출처: 이지영(2016). IT CookBook, C로 배우는 쉬운 자료구조(개정3판). 한빛미디어

3 | 인접 리스트

3 그래프를 인접리스트로 표현하기

10 그래프 G1에 간선 (3, 1)을 삽입

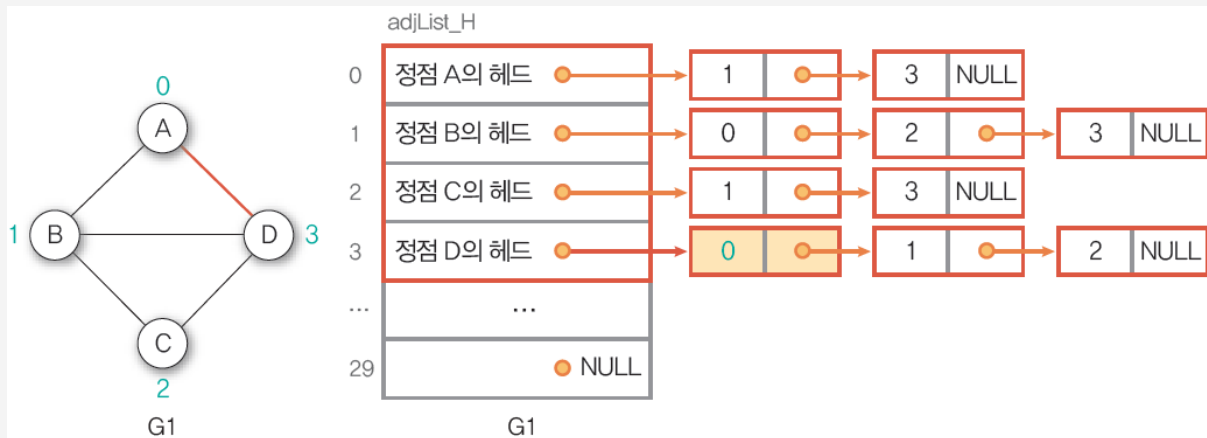


※출처: 이지영(2016). IT CookBook, C로 배우는 쉬운 자료구조(개정3판). 한빛미디어



3 그래프를 인접리스트로 표현하기

11 그래프 G1에 간선 (3, 0)을 삽입



※출처: 이지영(2016). IT CookBook, C로 배우는 쉬운 자료구조(개정3판). 한빛미디어