자료구조 실습

12/02

김민서 (imkmsh@khu.ac.kr)

목차

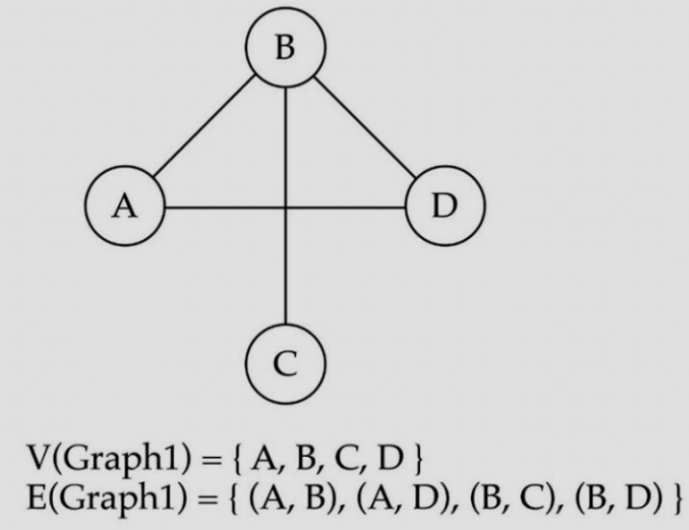
- Graph란?
- 인접 행렬로 구현
- 인접 리스트로 구현

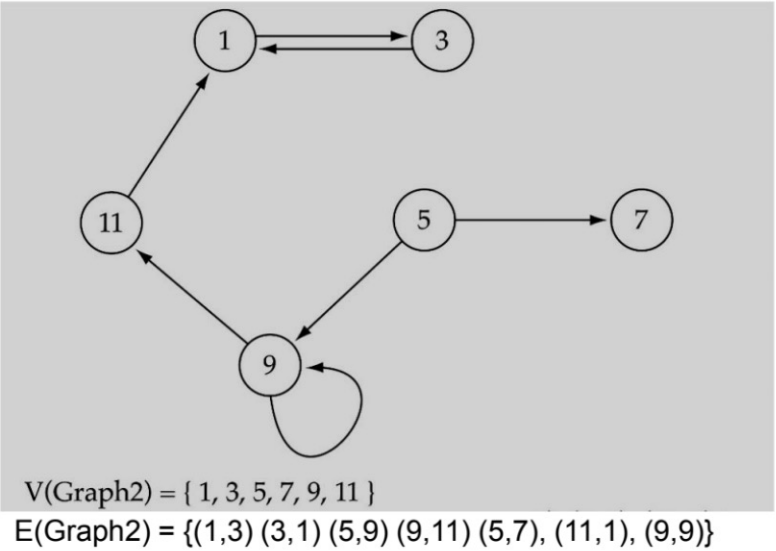
- 실행 결과

김민서 (imkmsh@khu.ac.kr)

Graph란?

- **정점**(Vertex)과 **간선**(Edge)
- **방향성 여부** : 무방향(undirected) / 방향(directed)
- **가중치 여부** : 가중치 없는(unweighted) / 가중치 있는(weighted)





인접 행렬로 구현

- **정점 수 × 정점 수의 2차원 배열**
  정점 i, j 연결 여부를 값으로
- **장점**
  - **간선 존재 여부 확인 O(1)**
  - 구현이 단순함
  - 간선이 많은 그래프에 적합
- **단점**
  - 정점이 많으면 **메모리 사용량이 큼** (n^2 공간)
  - 간선 추가/삭제는 빠르지만
    연결된 정점 전체 탐색은 느릴 수 있음

graph
.numVertices 7

.vertices

[0]	"Atlanta "
[1]	"Austin "
[2]	"Chicago "
[3]	"Dallas "
[4]	"Denver "
[5]	"Houston "
[6]	"Washington"
[7]	
[8]	
[9]	

.edges

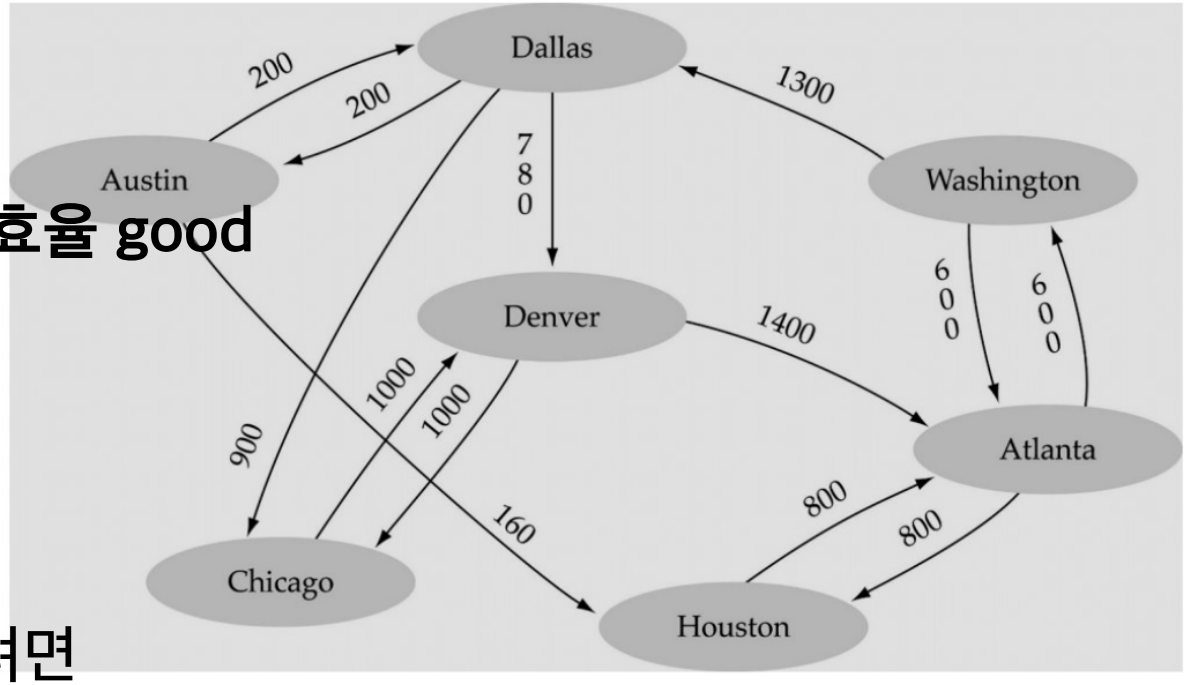
	[0]	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
[0]	0	0	0	0	0	800	600	•	•	•
[1]	0	0	0	200	0	160	0	•	•	•
[2]	0	0	0	0	1000	0	0	•	•	•
[3]	0	200	900	0	780	0	0	•	•	•
[4]	1400	0	1000	0	0	0	0	•	•	•
[5]	800	0	0	0	0	0	0	•	•	•
[6]	600	0	0	1300	0	0	0	•	•	•
[7]	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
[8]	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
[9]	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

(Array positions marked '•' are undefined)

김민서 (imkmsh@khu.ac.kr)

인접 리스트로 구현

- **연결된 정점을 단일 연결 리스트로 나열**
  - 2 → 0 → 1 → 3 → NULL
- **장점**
  - **필요한 연결만 저장하므로 메모리 효율 good**
  - 간선이 적은 그래프에 적합
  - 정점의 이웃을 탐색하는 데 유리
    (연결된 노드만 보면 됨)
- **단점**
  - 두 정점이 연결되어 있는지 확인하려면
    기준으로 잡은 정점 u에 연결된 이웃 정점의 수 만큼 탐색 필요
  - 구현이 행렬보다 복잡함



인접 행렬로 구현

```c
#define MAX_VERTICES 10   // 그래프에서 사용할 수 있는 최대 정점 개수를 상수로 정의

// ==============================
// 인접 행렬(Adjacency Matrix) 기반 그래프 구조체 정의
// ==============================

typedef struct {                            // 인접 행렬 그래프를 표현하기 위한 구조체 정의 시작
    int n;                                  // 현재 그래프에 존재하는 정점의 개수를 저장할 변수
    int adj_mat[MAX_VERTICES][MAX_VERTICES]; // 정점 사이의 간선을 0/1로 표현하는 인접 행렬
} GraphMatrix;                              // 이 구조체의 이름을 GraphMatrix로 사용

// 인접 행렬 그래프 초기화 함수
void init_matrix(GraphMatrix *g) {                  // GraphMatrix 포인터를 인자로 받아 초기화하는 함수
    g->n = [redacted]                               // 처음에는 정점 개수가 0개이므로 0으로 초기화
    for (int i = 0; i < MAX_VERTICES; i++) {        // 모든 행을 순회하기 위한 반복문
        for (int j = 0; j < MAX_VERTICES; j++) {    // 모든 열을 순회하기 위한 반복문
            g->adj_mat[i][j] = [redacted]           // 모든 위치를 0으로 초기화하여 간선이 없음을 의미
        }                                           // 내부 for문 끝
    }                                               // 외부 for문 끝
}                                                   // init_matrix 함수 끝
```

김민서 (imkmsh@khu.ac.kr)

인접 행렬로 구현

```c
#define MAX_VERTICES 10   // 그래프에서 사용할 수 있는 최대 정점 개수를 상수로 정의

// ================================
// 인접 행렬(Adjacency Matrix) 기반 그래프 구조체 정의
// ================================

typedef struct {                            // 인접 행렬 그래프를 표현하기 위한 구조체 정의 시작
    int n;                                  // 현재 그래프에 존재하는 정점의 개수를 저장할 변수
    int adj_mat[MAX_VERTICES][MAX_VERTICES]; // 정점 사이의 간선을 0/1로 표현하는 인접 행렬
} GraphMatrix;                              // 이 구조체의 이름을 GraphMatrix로 사용

// 인접 행렬 그래프 초기화 함수
void init_matrix(GraphMatrix *g) {                  // GraphMatrix 포인터를 인자로 받아 초기화하는 함수
    g->n = 0;                                       // 처음에는 정점 개수가 0개이므로 0으로 초기화
    for (int i = 0; i < MAX_VERTICES; i++) {        // 모든 행을 순회하기 위한 반복문
        for (int j = 0; j < MAX_VERTICES; j++) {    // 모든 열을 순회하기 위한 반복문
            g->adj_mat[i][j] =                      // 모든 위치를 0으로 초기화하여 간선이 없음을 의미
        }                                           // 내부 for문 끝
    }                                               // 외부 for문 끝
}                                                   // init_matrix 함수 끝
```

김민서 (imkmsh@khu.ac.kr)

인접 행렬로 구현

```c
#define MAX_VERTICES 10   // 그래프에서 사용할 수 있는 최대 정점 개수를 상수로 정의

// ================================
// 인접 행렬(Adjacency Matrix) 기반 그래프 구조체 정의
// ================================

typedef struct {                            // 인접 행렬 그래프를 표현하기 위한 구조체 정의 시작
    int n;                                  // 현재 그래프에 존재하는 정점의 개수를 저장할 변수
    int adj_mat[MAX_VERTICES][MAX_VERTICES]; // 정점 사이의 간선을 0/1로 표현하는 인접 행렬
} GraphMatrix;                              // 이 구조체의 이름을 GraphMatrix로 사용

// 인접 행렬 그래프 초기화 함수
void init_matrix(GraphMatrix *g) {                  // GraphMatrix 포인터를 인자로 받아 초기화하는 함수
    g->n = 0;                                       // 처음에는 정점 개수가 0개이므로 0으로 초기화
    for (int i = 0; i < MAX_VERTICES; i++) {        // 모든 행을 순회하기 위한 반복문
        for (int j = 0; j < MAX_VERTICES; j++) {    // 모든 열을 순회하기 위한 반복문
            g->adj_mat[i][j] = 0;                   // 모든 위치를 0으로 초기화하여 간선이 없음을 의미
        }                                           // 내부 for문 끝
    }                                               // 외부 for문 끝
}                                                   // init_matrix 함수 끝
```

김민서 (imkmsh@khu.ac.kr)

인접 행렬로 구현

```
// 인접 행렬 그래프에 정점 하나를 추가하는 함수
void insert_vertex_matrix(GraphMatrix *g) {          // 정점을 하나 추가하는 함수(정점 번호는 0부터 차례대로 부여)
    if (g->n + 1 > MAX_VERTICES) {                   // 최대 정점 개수를 넘어가는지 검사
        printf("정점 개수 초과\n");                  // 초과할 경우 오류 메시지 출력
        return;                                      // 함수 종료
    }                                                // if 문 끝
    [redacted]                                       // 정점을 하나 추가했으므로 정점 개수 증가
}                                                    // insert_vertex_matrix 함수 끝

// 인접 행렬 그래프에 간선을 추가하는 함수 (무방향 그래프 기준)
void insert_edge_matrix(GraphMatrix *g, int u, int v) { // 정점 u와 v 사이에 간선을 추가하는 함수
    if (u < 0 || v < 0 || u >= g->n || v >= g->n) {     // 정점 번호가 유효 범위를 벗어나는지 검사
        printf("잘못된 정점 번호입니다: %d - %d\n", u, v); // 범위를 벗어나면 경고 메시지 출력
        return;                                          // 함수 종료
    }                                                    // if 문 끝
    [redacted]                                           // u에서 v로 가는 간선이 있음을 1로 표시
    [redacted]                                           // 무방향 그래프이므로 v에서 u로도 간선이 있음을 1로 표시
}                                                        // insert_edge_matrix 함수 끝
```

김민서 (imkmsh@khu.ac.kr)

인접 행렬로 구현

```c
// 인접 행렬 그래프에 정점 하나를 추가하는 함수
void insert_vertex_matrix(GraphMatrix *g) {          // 정점을 하나 추가하는 함수(정점 번호는 0부터 차례대로 부여)
    if (g->n + 1 > MAX_VERTICES) {                   // 최대 정점 개수를 넘어가는지 검사
        printf("정점 개수 초과\n");                  // 초과할 경우 오류 메시지 출력
        return;                                      // 함수 종료
    }                                                // if 문 끝
    g->n++;                                          // 정점을 하나 추가했으므로 정점 개수 증가
}                                                    // insert_vertex_matrix 함수 끝

// 인접 행렬 그래프에 간선을 추가하는 함수 (무방향 그래프 기준)
void insert_edge_matrix(GraphMatrix *g, int u, int v) { // 정점 u와 v 사이에 간선을 추가하는 함수
    if (u < 0 || v < 0 || u >= g->n || v >= g->n) {     // 정점 번호가 유효 범위를 벗어나는지 검사
        printf("잘못된 정점 번호입니다: %d - %d\n", u, v); // 범위를 벗어나면 경고 메시지 출력
        return;                                          // 함수 종료
    }                                                    // if 문 끝
    [redacted]                                           // u에서 v로 가는 간선이 있음을 1로 표시
    [redacted]                                           // 무방향 그래프이므로 v에서 u로도 간선이 있음을 1로 표시
}                                                        // insert_edge_matrix 함수 끝
```

김민서 (imkmsh@khu.ac.kr)

인접 행렬로 구현

```c
// 인접 행렬 그래프에 정점 하나를 추가하는 함수
void insert_vertex_matrix(GraphMatrix *g) {          // 정점을 하나 추가하는 함수(정점 번호는 0부터 차례대로 부여)
    if (g->n + 1 > MAX_VERTICES) {                   // 최대 정점 개수를 넘어가는지 검사
        printf("정점 개수 초과\n");                  // 초과할 경우 오류 메시지 출력
        return;                                      // 함수 종료
    }                                                // if 문 끝
    g->n++;                                          // 정점을 하나 추가했으므로 정점 개수 증가
}                                                    // insert_vertex_matrix 함수 끝

// 인접 행렬 그래프에 간선을 추가하는 함수 (무방향 그래프 기준)
void insert_edge_matrix(GraphMatrix *g, int u, int v) { // 정점 u와 v 사이에 간선을 추가하는 함수
    if (u < 0 || v < 0 || u >= g->n || v >= g->n) {     // 정점 번호가 유효 범위를 벗어나는지 검사
        printf("잘못된 정점 번호입니다: %d - %d\n", u, v); // 범위를 벗어나면 경고 메시지 출력
        return;                                          // 함수 종료
    }                                                    // if 문 끝
    g->adj_mat[u][v] = 1;                                // u에서 v로 가는 간선이 있음을 1로 표시
    g->adj_mat[v][u] = 1;                                // 무방향 그래프이므로 v에서 u로도 간선이 있음을 1로 표시
}                                                        // insert_edge_matrix 함수 끝
```

김민서 (imkmsh@khu.ac.kr)

인접 행렬로 구현

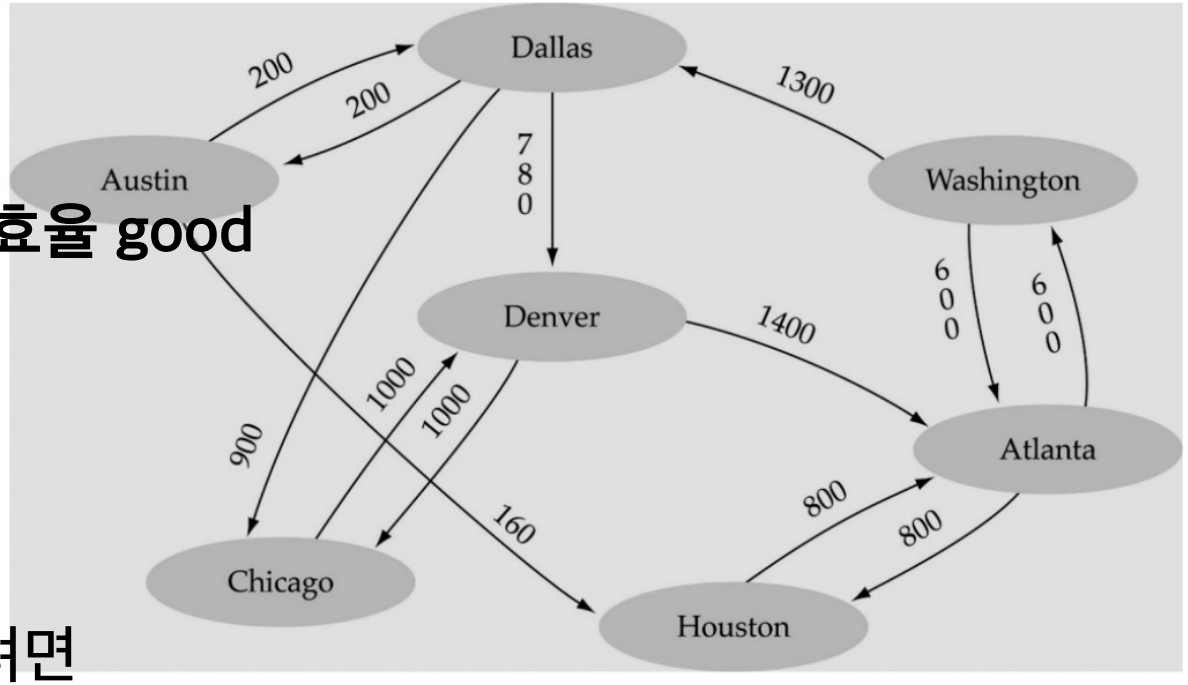
```c
// 인접 행렬 그래프에 정점 하나를 추가하는 함수
void insert_vertex_matrix(GraphMatrix *g) {          // 정점을 하나 추가하는 함수(정점 번호는 0부터 차례대로 부여)
    if (g->n + 1 > MAX_VERTICES) {                   // 최대 정점 개수를 넘어가는지 검사
        printf("정점 개수 초과\n");                  // 초과할 경우 오류 메시지 출력
        return;                                      // 함수 종료
    }                                                // if 문 끝
    g->n++;                                          // 정점을 하나 추가했으므로 정점 개수 증가
}                                                    // insert_vertex_matrix 함수 끝

// 인접 행렬 그래프에 간선을 추가하는 함수 (무방향 그래프 기준)
void insert_edge_matrix(GraphMatrix *g, int u, int v) { // 정점 u와 v 사이에 간선을 추가하는 함수
    if (u < 0 || v < 0 || u >= g->n || v >= g->n) {     // 정점 번호가 유효 범위를 벗어나는지 검사
        printf("잘못된 정점 번호입니다: %d - %d\n", u, v); // 범위를 벗어나면 경고 메시지 출력
        return;                                         // 함수 종료
    }                                                   // if 문 끝
    g->adj_mat[u][v] = 1;                               // u에서 v로 가는 간선이 있음을 1로 표시
    g->adj_mat[v][u] = 1;                               // 무방향 그래프이므로 v에서 u로도 간선이 있음을 1로 표시
}                                                       // insert_edge_matrix 함수 끝
```

김민서 (imkmsh@khu.ac.kr)

인접 리스트로 구현 (remind)

- **연결된 정점을 단일 연결 리스트로 나열**
  - 2 → 0 → 1 → 3 → NULL
- **장점**
  - **필요한 연결만 저장하므로 메모리 효율 good**
  - 간선이 적은 그래프에 적합
  - 정점의 이웃을 탐색하는 데 유리
    (연결된 노드만 보면 됨)
- **단점**
  - 두 정점이 연결되어 있는지 확인하려면
    기준으로 잡은 정점 u에 연결된 이웃 정점의 수 만큼 탐색 필요
  - 구현이 행렬보다 복잡함



인접 리스트로 구현

```c
// ================================
// 인접 리스트(Adjacency List) 기반 그래프 구조체 정의
// ================================

// 인접 리스트에서 사용할 노드 구조체 정의
typedef struct GraphNode {                  // 인접 리스트의 한 노드를 표현하는 구조체 정의 시작
    int vertex;                             // 이 노드가 나타내는 이웃 정점 번호
    struct GraphNode *link;                 // 다음 이웃 노드를 가리키는 포인터 (단순 연결 리스트 구조)
} GraphNode;                                // 이 구조체의 이름을 GraphNode로 사용

// 인접 리스트 그래프 구조체
typedef struct {                            // 인접 리스트 기반 그래프 구조체 정의 시작
    int n;                                  // 현재 그래프에 존재하는 정점의 개수
    GraphNode *adj_list[MAX_VERTICES];      // 각 정점에 대한 인접 리스트의 시작 포인터 배열
} GraphList;                                // 이 구조체의 이름을 GraphList로 사용
```

인접 리스트로 구현

```c
// 인접 리스트에서 사용할 노드 구조체 정의
typedef struct GraphNode {                  // 인접 리스트의 한 노드를 표현하는 구조체 정의 시작
    int vertex;                             // 이 노드가 나타내는 이웃 정점 번호
    struct GraphNode *link;                 // 다음 이웃 노드를 가리키는 포인터 (단순 연결 리스트 구조)
} GraphNode;                                // 이 구조체의 이름을 GraphNode로 사용

// 인접 리스트 그래프 구조체
typedef struct {                            // 인접 리스트 기반 그래프 구조체 정의 시작
    int n;                                  // 현재 그래프에 존재하는 정점의 개수
    GraphNode *adj_list[MAX_VERTICES];      // 각 정점에 대한 인접 리스트의 시작 포인터 배열
} GraphList;                                // 이 구조체의 이름을 GraphList로 사용
```

```c
// 인접 리스트 그래프 초기화 함수
void init_list(GraphList *g) {                  // GraphList 포인터를 받아 그래프를 초기화하는 함수
    g->n = [redacted]                           // 처음에는 정점 개수가 0개이므로 0으로 초기화
    for (int i = 0; i < [redacted]; i++) {      // 모든 정점 인덱스를 순회하는 반복문
        [redacted] = NULL;                      // 각 정점의 인접 리스트 시작 포인터를 NULL로 초기화
    }                                           // for문 끝
}                                               // init_list 함수 끝
```

김민서 (imkmsh@khu.ac.kr)

인접 리스트로 구현

```c
// 인접 리스트에서 사용할 노드 구조체 정의
typedef struct GraphNode {                  // 인접 리스트의 한 노드를 표현하는 구조체 정의 시작
    int vertex;                             // 이 노드가 나타내는 이웃 정점 번호
    struct GraphNode *link;                 // 다음 이웃 노드를 가리키는 포인터 (단순 연결 리스트 구조)
} GraphNode;                                // 이 구조체의 이름을 GraphNode로 사용

// 인접 리스트 그래프 구조체
typedef struct {                            // 인접 리스트 기반 그래프 구조체 정의 시작
    int n;                                  // 현재 그래프에 존재하는 정점의 개수
    GraphNode *adj_list[MAX_VERTICES];      // 각 정점에 대한 인접 리스트의 시작 포인터 배열
} GraphList;                                // 이 구조체의 이름을 GraphList로 사용
```

```c
// 인접 리스트 그래프 초기화 함수
void init_list(GraphList *g) {                  // GraphList 포인터를 받아 그래프를 초기화하는 함수
    g->n = 0;                                   // 처음에는 정점 개수가 0개이므로 0으로 초기화
    for (int i = 0; i < [redacted]; i++) {      // 모든 정점 인덱스를 순회하는 반복문
        [redacted] = NULL;                      // 각 정점의 인접 리스트 시작 포인터를 NULL로 초기화
    }                                           // for문 끝
}                                               // init_list 함수 끝
```

인접 리스트로 구현

```c
// 인접 리스트에서 사용할 노드 구조체 정의
typedef struct GraphNode {                  // 인접 리스트의 한 노드를 표현하는 구조체 정의 시작
    int vertex;                             // 이 노드가 나타내는 이웃 정점 번호
    struct GraphNode *link;                 // 다음 이웃 노드를 가리키는 포인터 (단순 연결 리스트 구조)
} GraphNode;                                // 이 구조체의 이름을 GraphNode로 사용

// 인접 리스트 그래프 구조체
typedef struct {                            // 인접 리스트 기반 그래프 구조체 정의 시작
    int n;                                  // 현재 그래프에 존재하는 정점의 개수
    GraphNode *adj_list[MAX_VERTICES];      // 각 정점에 대한 인접 리스트의 시작 포인터 배열
} GraphList;                                // 이 구조체의 이름을 GraphList로 사용
```

```c
// 인접 리스트 그래프 초기화 함수
void init_list(GraphList *g) {                  // GraphList 포인터를 받아 그래프를 초기화하는 함수
    g->n = 0;                                   // 처음에는 정점 개수가 0개이므로 0으로 초기화
    for (int i = 0; i < MAX_VERTICES; i++) {    // 모든 정점 인덱스를 순회하는 반복문
        [redacted] = NULL;                      // 각 정점의 인접 리스트 시작 포인터를 NULL로 초기화
    }                                           // for문 끝
}                                               // init_list 함수 끝
```

김민서 (imkmsh@khu.ac.kr)

인접 리스트로 구현

```c
// 인접 리스트에서 사용할 노드 구조체 정의
typedef struct GraphNode {                  // 인접 리스트의 한 노드를 표현하는 구조체 정의 시작
    int vertex;                             // 이 노드가 나타내는 이웃 정점 번호
    struct GraphNode *link;                 // 다음 이웃 노드를 가리키는 포인터 (단순 연결 리스트 구조)
} GraphNode;                                // 이 구조체의 이름을 GraphNode로 사용

// 인접 리스트 그래프 구조체
typedef struct {                            // 인접 리스트 기반 그래프 구조체 정의 시작
    int n;                                  // 현재 그래프에 존재하는 정점의 개수
    GraphNode *adj_list[MAX_VERTICES];      // 각 정점에 대한 인접 리스트의 시작 포인터 배열
} GraphList;                                // 이 구조체의 이름을 GraphList로 사용
```

```c
// 인접 리스트 그래프 초기화 함수
void init_list(GraphList *g) {                  // GraphList 포인터를 받아 그래프를 초기화하는 함수
    g->n = 0;                                   // 처음에는 정점 개수가 0개이므로 0으로 초기화
    for (int i = 0; i < MAX_VERTICES; i++) {    // 모든 정점 인덱스를 순회하는 반복문
        g->adj_list[i] = NULL;                  // 각 정점의 인접 리스트 시작 포인터를 NULL로 초기화
    }                                           // for문 끝
}                                               // init_list 함수 끝
```

인접 리스트로 구현

```
// 인접 리스트 그래프에 정점 하나를 추가하는 함수
void insert_vertex_list(GraphList *g) {                    // 인접 리스트 그래프에 새 정점을 추가하는 함수
    if (          > MAX_VERTICES) {                        // 정점 개수가 최대치를 넘는지 검사
        printf("정점 개수 초과\n");                        // 초과 시 오류 메시지 출력
        return;                                            // 함수 종료
    }                                                      // if 문 끝
    g->adj_list[g->n] = NULL;                              // 새로 추가되는 정점의 인접 리스트를 NULL로 초기화
                                                           // 정점 개수를 1 증가
}                                                          // insert_vertex_list 함수 끝
```

인접 리스트로 구현

```
// 인접 리스트 그래프에 정점 하나를 추가하는 함수
void insert_vertex_list(GraphList *g) {                    // 인접 리스트 그래프에 새 정점을 추가하는 함수
    if (g->n + 1 > MAX_VERTICES) {                         // 정점 개수가 최대치를 넘는지 검사
        printf("정점 개수 초과\n");                        // 초과 시 오류 메시지 출력
        return;                                            // 함수 종료
    }                                                      // if 문 끝
    [redacted] = NULL;                                     // 새로 추가되는 정점의 인접 리스트를 NULL로 초기화
    [redacted]                                             // 정점 개수를 1 증가
}                                                          // insert_vertex_list 함수 끝
```

김민서 (imkmsh@khu.ac.kr)

인접 리스트로 구현

```
// 인접 리스트 그래프에 정점 하나를 추가하는 함수
void insert_vertex_list(GraphList *g) {                    // 인접 리스트 그래프에 새 정점을 추가하는 함수
    if (g->n + 1 > MAX_VERTICES) {                         // 정점 개수가 최대치를 넘는지 검사
        printf("정점 개수 초과\n");                        // 초과 시 오류 메시지 출력
        return;                                            // 함수 종료
    }                                                      // if 문 끝
    g->adj_list[g->n] = NULL;                              // 새로 추가되는 정점의 인접 리스트를 NULL로 초기화
    [redacted]                                             // 정점 개수를 1 증가
}                                                          // insert_vertex_list 함수 끝
```

인접 리스트로 구현

```c
// 인접 리스트 그래프에 정점 하나를 추가하는 함수
void insert_vertex_list(GraphList *g) {                    // 인접 리스트 그래프에 새 정점을 추가하는 함수
    if (g->n + 1 > MAX_VERTICES) {                         // 정점 개수가 최대치를 넘는지 검사
        printf("정점 개수 초과\n");                        // 초과 시 오류 메시지 출력
        return;                                            // 함수 종료
    }                                                      // if 문 끝
    g->adj_list[g->n] = NULL;                              // 새로 추가되는 정점의 인접 리스트를 NULL로 초기화
    g->n++;                                                // 정점 개수를 1 증가
}                                                          // insert_vertex_list 함수 끝
```

인접 리스트로 구현

```c
// 인접 리스트 그래프에 간선을 추가하는 함수 (무방향 그래프 기준)
void insert_edge_list(GraphList *g, int u, int v) {    // 정점 u와 v 사이에 간선을 추가하는 함수
    if (u < 0 || v < 0 || u >=      || v >=      ) {    // 정점 번호가 유효한지 검사
        printf("잘못된 정점 번호입니다: %d - %d\n", u, v); // 잘못된 경우 경고 메시지 출력
        return;                                         // 함수 종료
    }                                                   // if 문 끝

    // u -> v 방향 간선을 인접 리스트에 삽입
    GraphNode *node1 = (GraphNode *)malloc(sizeof(GraphNode)); // u의 인접 리스트에 들어갈 새 노드를 동적 할당
    node1->vertex = v;                                  // 새 노드가 가리키는 이웃 정점 번호를 v로 설정
    node1->link =                                       // 새 노드를 기존 리스트의 맨 앞에 연결
    g->adj_list[u] =                                    // u의 인접 리스트 시작 포인터를 새 노드로 갱신

    // v -> u 방향 간선을 인접 리스트에 삽입 (무방향 그래프이므로 반대 방향도 추가)
    GraphNode *node2 = (GraphNode *)malloc(sizeof(GraphNode)); // v의 인접 리스트에 들어갈 새 노드 동적 할당
                                                        // 새 노드가 가리키는 이웃 정점 번호를 u로 설정
                                                        // 새 노드를 기존 리스트의 맨 앞에 연결
                                                        // v의 인접 리스트 시작 포인터를 새 노드로 갱신
}                                                       // insert_edge_list 함수 끝
```

김민서 (imkmsh@khu.ac.kr)

인접 리스트로 구현

```c
// 인접 리스트 그래프에 간선을 추가하는 함수 (무방향 그래프 기준)
void insert_edge_list(GraphList *g, int u, int v) {   // 정점 u와 v 사이에 간선을 추가하는 함수
    if (u < 0 || v < 0 || u >= g->n || v >= g->n) {   // 정점 번호가 유효한지 검사
        printf("잘못된 정점 번호입니다: %d - %d\n", u, v); // 잘못된 경우 경고 메시지 출력
        return;                                       // 함수 종료
    }                                                 // if 문 끝

    // u -> v 방향 간선을 인접 리스트에 삽입
    GraphNode *node1 = (GraphNode *)malloc(sizeof(GraphNode)); // u의 인접 리스트에 들어갈 새 노드를 동적 할당
    node1->vertex = v;                                // 새 노드가 가리키는 이웃 정점 번호를 v로 설정
    node1->link = [redacted]                          // 새 노드를 기존 리스트의 맨 앞에 연결
    g->adj_list[u] = [redacted]                       // u의 인접 리스트 시작 포인터를 새 노드로 갱신

    // v -> u 방향 간선을 인접 리스트에 삽입 (무방향 그래프이므로 반대 방향도 추가)
    GraphNode *node2 = (GraphNode *)malloc(sizeof(GraphNode)); // v의 인접 리스트에 들어갈 새 노드 동적 할당
    [redacted]                                        // 새 노드가 가리키는 이웃 정점 번호를 u로 설정
                                                      // 새 노드를 기존 리스트의 맨 앞에 연결
                                                      // v의 인접 리스트 시작 포인터를 새 노드로 갱신
}                                                     // insert_edge_list 함수 끝
```

김민서 (imkmsh@khu.ac.kr)

인접 리스트로 구현

```c
// 인접 리스트 그래프에 간선을 추가하는 함수 (무방향 그래프 기준)
void insert_edge_list(GraphList *g, int u, int v) {   // 정점 u와 v 사이에 간선을 추가하는 함수
    if (u < 0 || v < 0 || u >= g->n || v >= g->n) {   // 정점 번호가 유효한지 검사
        printf("잘못된 정점 번호입니다: %d - %d\n", u, v); // 잘못된 경우 경고 메시지 출력
        return;                                       // 함수 종료
    }                                                 // if 문 끝

    // u -> v 방향 간선을 인접 리스트에 삽입
    GraphNode *node1 = (GraphNode *)malloc(sizeof(GraphNode)); // u의 인접 리스트에 들어갈 새 노드를 동적 할당
    node1->vertex = v;                                // 새 노드가 가리키는 이웃 정점 번호를 v로 설정
    node1->link = g->adj_list[u];                     // 새 노드를 기존 리스트의 맨 앞에 연결
    g->adj_list[u] = [redacted]                       // u의 인접 리스트 시작 포인터를 새 노드로 갱신

    // v -> u 방향 간선을 인접 리스트에 삽입 (무방향 그래프이므로 반대 방향도 추가)
    GraphNode *node2 = (GraphNode *)malloc(sizeof(GraphNode)); // v의 인접 리스트에 들어갈 새 노드 동적 할당
    [redacted]                                        // 새 노드가 가리키는 이웃 정점 번호를 u로 설정
                                                      // 새 노드를 기존 리스트의 맨 앞에 연결
                                                      // v의 인접 리스트 시작 포인터를 새 노드로 갱신
}                                                     // insert_edge_list 함수 끝
```

김민서 (imkmsh@khu.ac.kr)

인접 리스트로 구현

```c
// 인접 리스트 그래프에 간선을 추가하는 함수 (무방향 그래프 기준)
void insert_edge_list(GraphList *g, int u, int v) {   // 정점 u와 v 사이에 간선을 추가하는 함수
    if (u < 0 || v < 0 || u >= g->n || v >= g->n) {   // 정점 번호가 유효한지 검사
        printf("잘못된 정점 번호입니다: %d - %d\n", u, v); // 잘못된 경우 경고 메시지 출력
        return;                                       // 함수 종료
    }                                                 // if 문 끝

    // u -> v 방향 간선을 인접 리스트에 삽입
    GraphNode *node1 = (GraphNode *)malloc(sizeof(GraphNode)); // u의 인접 리스트에 들어갈 새 노드를 동적 할당
    node1->vertex = v;                                // 새 노드가 가리키는 이웃 정점 번호를 v로 설정
    node1->link = g->adj_list[u];                     // 새 노드를 기존 리스트의 맨 앞에 연결
    g->adj_list[u] = node1;                           // u의 인접 리스트 시작 포인터를 새 노드로 갱신

    // v -> u 방향 간선을 인접 리스트에 삽입 (무방향 그래프이므로 반대 방향도 추가)
    GraphNode *node2 = (GraphNode *)malloc(sizeof(GraphNode)); // v의 인접 리스트에 들어갈 새 노드 동적 할당
                                                      // 새 노드가 가리키는 이웃 정점 번호를 u로 설정
                                                      // 새 노드를 기존 리스트의 맨 앞에 연결
                                                      // v의 인접 리스트 시작 포인터를 새 노드로 갱신
}                                                     // insert_edge_list 함수 끝
```

김민서 (imkmsh@khu.ac.kr)

인접 리스트로 구현

```c
// 인접 리스트 그래프에 간선을 추가하는 함수 (무방향 그래프 기준)
void insert_edge_list(GraphList *g, int u, int v) {   // 정점 u와 v 사이에 간선을 추가하는 함수
    if (u < 0 || v < 0 || u >= g->n || v >= g->n) {   // 정점 번호가 유효한지 검사
        printf("잘못된 정점 번호입니다: %d - %d\n", u, v); // 잘못된 경우 경고 메시지 출력
        return;                                       // 함수 종료
    }                                                 // if 문 끝

    // u -> v 방향 간선을 인접 리스트에 삽입
    GraphNode *node1 = (GraphNode *)malloc(sizeof(GraphNode)); // u의 인접 리스트에 들어갈 새 노드를 동적 할당
    node1->vertex = v;                                // 새 노드가 가리키는 이웃 정점 번호를 v로 설정
    node1->link = g->adj_list[u];                     // 새 노드를 기존 리스트의 맨 앞에 연결
    g->adj_list[u] = node1;                           // u의 인접 리스트 시작 포인터를 새 노드로 갱신

    // v -> u 방향 간선을 인접 리스트에 삽입 (무방향 그래프이므로 반대 방향도 추가)
    GraphNode *node2 = (GraphNode *)malloc(sizeof(GraphNode)); // v의 인접 리스트에 들어갈 새 노드 동적 할당
    node2->vertex = u;                                // 새 노드가 가리키는 이웃 정점 번호를 u로 설정
                                                      // 새 노드를 기존 리스트의 맨 앞에 연결
                                                      // v의 인접 리스트 시작 포인터를 새 노드로 갱신
}                                                     // insert_edge_list 함수 끝
```

김민서 (imkmsh@khu.ac.kr)

인접 리스트로 구현

```c
// 인접 리스트 그래프에 간선을 추가하는 함수 (무방향 그래프 기준)
void insert_edge_list(GraphList *g, int u, int v) {   // 정점 u와 v 사이에 간선을 추가하는 함수
    if (u < 0 || v < 0 || u >= g->n || v >= g->n) {   // 정점 번호가 유효한지 검사
        printf("잘못된 정점 번호입니다: %d - %d\n", u, v); // 잘못된 경우 경고 메시지 출력
        return;                                       // 함수 종료
    }                                                 // if 문 끝

    // u -> v 방향 간선을 인접 리스트에 삽입
    GraphNode *node1 = (GraphNode *)malloc(sizeof(GraphNode)); // u의 인접 리스트에 들어갈 새 노드를 동적 할당
    node1->vertex = v;                                // 새 노드가 가리키는 이웃 정점 번호를 v로 설정
    node1->link = g->adj_list[u];                     // 새 노드를 기존 리스트의 맨 앞에 연결
    g->adj_list[u] = node1;                           // u의 인접 리스트 시작 포인터를 새 노드로 갱신

    // v -> u 방향 간선을 인접 리스트에 삽입 (무방향 그래프이므로 반대 방향도 추가)
    GraphNode *node2 = (GraphNode *)malloc(sizeof(GraphNode)); // v의 인접 리스트에 들어갈 새 노드 동적 할당
    node2->vertex = u;                                // 새 노드가 가리키는 이웃 정점 번호를 u로 설정
    node2->link = g->adj_list[v];                     // 새 노드를 기존 리스트의 맨 앞에 연결
                                                      // v의 인접 리스트 시작 포인터를 새 노드로 갱신
}                                                     // insert_edge_list 함수 끝
```

김민서 (imkmsh@khu.ac.kr)

인접 리스트로 구현

```c
// 인접 리스트 그래프에 간선을 추가하는 함수 (무방향 그래프 기준)
void insert_edge_list(GraphList *g, int u, int v) {   // 정점 u와 v 사이에 간선을 추가하는 함수
    if (u < 0 || v < 0 || u >= g->n || v >= g->n) {   // 정점 번호가 유효한지 검사
        printf("잘못된 정점 번호입니다: %d - %d\n", u, v); // 잘못된 경우 경고 메시지 출력
        return;                                       // 함수 종료
    }                                                 // if 문 끝

    // u -> v 방향 간선을 인접 리스트에 삽입
    GraphNode *node1 = (GraphNode *)malloc(sizeof(GraphNode)); // u의 인접 리스트에 들어갈 새 노드를 동적 할당
    node1->vertex = v;                                // 새 노드가 가리키는 이웃 정점 번호를 v로 설정
    node1->link = g->adj_list[u];                     // 새 노드를 기존 리스트의 맨 앞에 연결
    g->adj_list[u] = node1;                           // u의 인접 리스트 시작 포인터를 새 노드로 갱신

    // v -> u 방향 간선을 인접 리스트에 삽입 (무방향 그래프이므로 반대 방향도 추가)
    GraphNode *node2 = (GraphNode *)malloc(sizeof(GraphNode)); // v의 인접 리스트에 들어갈 새 노드 동적 할당
    node2->vertex = u;                                // 새 노드가 가리키는 이웃 정점 번호를 u로 설정
    node2->link = g->adj_list[v];                     // 새 노드를 기존 리스트의 맨 앞에 연결
    g->adj_list[v] = node2;                           // v의 인접 리스트 시작 포인터를 새 노드로 갱신
}                                                     // insert_edge_list 함수 끝
```

Main.c 실행

```c
// 정점 4개(0, 1, 2, 3)를 추가하는 예제
for (int i = 0; i < 4; i++) {
    insert_vertex_matrix(&g_mat);
    insert_vertex_list(&g_list);
}

// 간선들을 추가하여 간단한 무방향 그래프를 구성
// 예: 0-1, 0-2, 1-2, 2-3
insert_edge_matrix(&g_mat, 0, 1);
insert_edge_matrix(&g_mat, 0, 2);
insert_edge_matrix(&g_mat, 1, 2);
insert_edge_matrix(&g_mat, 2, 3);

insert_edge_list(&g_list, 0, 1);
insert_edge_list(&g_list, 0, 2);
insert_edge_list(&g_list, 1, 2);
insert_edge_list(&g_list, 2, 3);
```

```
=== Adjacency Matrix (인접 행렬) ===
0 1 1 0
1 0 1 0
1 1 0 1
0 0 1 0

=== Adjacency List (인접 리스트) ===
정점  0: 2 -> 1 -> NULL
정점  1: 2 -> 0 -> NULL
정점  2: 3 -> 1 -> 0 -> NULL
정점  3: 2 -> NULL
```

값들을 직접 바꿔가며 실행해 보세요

김민서 (imkmsh@khu.ac.kr)

수고하셨습니다

자료구조 실습 12/02

EOF

김민서 (imkmsh@khu.ac.kr)